



## RESUMEN

En el presente proyecto de grado se expone el diseño de una infraestructura de laboratorio que permita generar, transmitir y recibir una señal de televisión digital en el estándar ISDB-Tb. El diseño contempla la inclusión de multiprogramación, y servicios como: Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenidos interactivos. Para ello se describe tres alternativas de implementación del laboratorio definiendo los requerimientos en cada etapa de transmisión y recepción. Luego se establece el equipamiento necesario y el presupuesto para cumplir cada alternativa. Para lo cual se indica las cotizaciones enviadas por empresas nacionales e internacionales encargadas de la venta de equipos para televisión digital. Posteriormente se indica la recomendación de la solución implementable mediante un análisis comparativo de las diferentes alternativas.

Finalmente, se establece los parámetros de configuración para la generación de la información a transmitir (video, audio y datos) de acuerdo a la alternativa recomendada. Por lo tanto se detalla cada parámetro de software y hardware para satisfacer mecanismos de codificación, paquetización, generación del flujo de transporte, modulación, y recepción, elaborando de esta manera un manual de usuario para la configuración de parámetros en cada etapa involucrada en la transmisión y recepción de una señal digital.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, laboratorio de televisión digital, multiprogramación, contenidos interactivos, Guía Electrónica de Programación, EPG, Ginga, ISDB-Tb.

## INDICE

Capítulo 1. Introducción.....	24
Capítulo 2. Marco teórico: Introducción a la televisión digital.....	37
Capítulo 3. Características técnicas para la transmisión y recepción en ISDB-Tb.....	64
Capítulo 4. Alternativas técnicas y económicas para la transmisión y recepción en laboratorio de televisión digital terrestre ISDB-Tb...	113
Capítulo 5. Transmisión y recepción de la señal de televisión digital para el laboratorio.....	115
Capítulo 6. Conclusiones y Recomendaciones.....	215
Bibliografía.....	219
Glosario.....	224
Anexos.....	228



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Arturo Gonzalo Gutiérrez Tapia, autor de la tesis "DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES CON MULTIPROGRAMACIÓN, CONTENIDOS INTERACTIVOS Y GUÍA ELECTRÓNICA DE PROGRAMACIÓN (EPG)", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Arturo Gonzalo Gutiérrez Tapia  
0104775440

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Miguel Ángel Cochancela Alvear, autor de la tesis "DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES CON MULTIPROGRAMACIÓN, CONTENIDOS INTERACTIVOS Y GUÍA ELECTRÓNICA DE PROGRAMACIÓN (EPG)", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Miguel Ángel Cochancela Alvear  
0104736418

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



Universidad de Cuenca



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Arturo Gonzalo Gutiérrez Tapia, autor de la tesis "DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES CON MULTIPROGRAMACIÓN, CONTENIDOS INTERACTIVOS Y GUÍA ELECTRÓNICA DE PROGRAMACIÓN (EPG)", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Arturo Gonzalo Gutiérrez Tapia  
0104775440

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



Universidad de Cuenca



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Miguel Ángel Cochancela Alvear, autor de la tesis "DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES CON MULTIPROGRAMACIÓN, CONTENIDOS INTERACTIVOS Y GUÍA ELECTRÓNICA DE PROGRAMACIÓN (EPG)", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 08 de abril de 2013

Miguel Ángel Cochancela Alvear  
0104736418

---

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



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

**“DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA  
TRANSMISIÓN DE SEÑALES CON MULTIPROGRAMACIÓN, CONTENIDOS  
INTERACTIVOS Y GUÍA ELECTRÓNICA DE PROGRAMACIÓN (EPG).”**

#### **AUTORES:**

Arturo Gonzalo Gutiérrez Tapia

Miguel Ángel Cochancela Alvear

#### **DIRECTOR:**

Ing. Jorge Mauricio Espinoza Mejía, MSc, PhD.

**CUENCA-ECUADOR**

**Abril 2013**



## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado a mis padres Arturo y Yolanda ya que gracias a su dedicación y esfuerzo han sabido apoyarme en cada paso de mi vida.

A mi hijo Sebastián ya que desde el momento en que nació se convirtió en la razón de mi existir.

Arturo.



## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mi familia, en especial a mi hermana Ximena quien pese a ser menor ha sido un ejemplo en mi vida, A mis hermanos Iván y Jonathan con quienes he compartido los más gratos momentos. Y a mi abuelita Luz y mi tía Sonia quienes han velado siempre por nosotros. Finalmente, dedico esta tesis a Johana y Jessica quienes han sido parte fundamental en mi vida.

Miguel Ángel





## **Agradecimiento**

A Dios por brindarme salud y darme sabiduría para afrontar mis dificultades.

A mis padres por haberme brindado su confianza y apoyo para culminar satisfactoriamente mis estudios.

A nuestro Director Ing. Mauricio Espinoza por haber compartido sus conocimientos y experiencias durante el transcurso de la presente tesis.

A mis amigos por haberme demostrado su sinceridad y buen compañerismo en el transcurso de mis estudios universitarios.

Arturo.



## Agradecimiento

A mis padres, Gladis y Víctor por su apoyo constante a lo largo de toda mi vida, en especial a ti madre que has estado presente durante mi infancia. Agradezco de una forma muy especial a la persona sin quien no hubiese podido conseguir este logro y a quien considero como mi padre, Vicente, gracias por el apoyo incondicional sobretodo en los momentos más difíciles de mi vida y mi carrera.

A mis amigos de la Universidad: Arturo, Jorge, Carlos, Andrea, Marcelo, Viviana y Susana, con quienes de una u otra forma nos hemos sabido apoyar durante este largo proceso para alcanzar la meta de egresar como la primera promoción de la carrera.

A mi tutor académico y director de escuela, el Ing. Mauricio Espinoza Mejía PhD quien ha sabido dirigirnos de una manera acertada y afable durante todo el transcurso de esta tesis.

Miguel Ángel



## Prólogo

La Televisión digital da un giro completo al concepto tradicional de interacción entre el televidente y los contenidos televisivos, ya que gracias a la forma digital de transmisión el usuario cuenta con vías de retorno para la comunicación con los productores de dichos contenidos. Esto abre la posibilidad de que un usuario desde su televisión pueda realizar votaciones en concursos, acceder a informaciones de las características de productos para ejecutar compras en línea, realizar apuestas deportivas, aplicaciones referentes a medicina, contar con una Guía de Programación Electrónica (EPG) etc. Es por ello que actualmente se ha incrementado la investigación en los mecanismos de transmisión y recepción de la señal digital, así como también en el desarrollo de contenidos interactivos y otros servicios como EPG, closed caption etc.

Por medio de la Televisión digital podemos transmitir y recibir audio, video y datos codificados en forma digital, es decir en un formato binario. Con la televisión digital, a más de mejorar la calidad de la recepción de la señal, permite optimizar el espectro radioeléctrico ya que se tiene la capacidad de transmitir múltiples señales en un mismo canal, lo que es conocido como multiprogramación.

El presente trabajo de investigación pretende entregarle al lector el diseño de una infraestructura de laboratorio que permita generar, transmitir y recibir una señal de televisión digital en el estándar ISDB-Tb. El diseño va a contemplar la inclusión de multiprogramación, y servicios como: Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenidos interactivos. Para ello se describirá tres alternativas de implementación del laboratorio definiendo los requerimientos en cada etapa de transmisión y recepción. Luego se establecerá el equipamiento necesario y el presupuesto para cumplir cada alternativa. Posteriormente se indicará la recomendación de la solución implementable mediante un análisis comparativo de las diferentes alternativas.



Finalmente, se establece los parámetros de configuración para la generación de la información a transmitir (video, audio y datos) de acuerdo a la alternativa recomendada, elaborando de esta manera un manual de usuario para la configuración de parámetros en cada etapa involucrada en la transmisión y recepción de una señal digital.

Arturo Gutiérrez T.

Miguel Ángel Cochancela A.



## INDICE

### CAPITULO 1

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>24</b>
1.1 Presentación.....	24
1.2 Justificación .....	27
1.3 Alcance.....	28
1.4 Objetivos .....	28
1.4.1 Objetivo General.....	28
1.4.2 Objetivos Específicos.....	29
1.5 Contexto.....	29
1.6 Retos .....	30
1.7 Suposición .....	31
1.8 Estructura.....	31
<b>Resumen de capítulo</b> .....	<b>34</b>

### CAPITULO 2

<b>MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL</b> .....	<b>37</b>
2.1 Introducción .....	37
2.2 Tipos de Televisión digital.....	38
2.3 Características de la Televisión digital.....	42
2.4 Ventajas y desventajas de la televisión digital.....	43
2.5 Estructura de un sistema de transmisión - recepción de Televisión digital .....	45
2.5.1 Esquema de transmisión.....	45
2.5.2 Esquema de Recepción .....	47
2.6 Breve reseña técnica de los estándares internacionales de TV digital Terrestre. 48	
2.6.1 Estándar Americano ATSC (Advance Television System Committee).....	48
2.6.2 Estándar Europeo DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial) .....	50
2.6.3 Estándar Japonés ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial) .....	52
2.6.4 SBTVD (Sistema Nipo-Brasileño de Televisión digital Terrestre).....	54
2.6.5 Estándar Chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) .....	56



2.7 Estándar de Televisión digital en Ecuador..... 56  
**Resumen de capítulo..... 61**

### CAPITULO 3

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN ISDB-TB ..... 64**

3.1 División del espectro radioeléctrico para ISDB-Tb ..... 64

3.2 Estructura de transmisión en el estándar ISDB-Tb ..... 66

    3.2.1 Codificación..... 66

        3.2.1.1 Codificación de audio..... 67

        3.2.1.2 Codificación de video..... 71

        3.2.2.3 Codificación de datos..... 76

    3.2.2 Paquetización (PES)..... 78

    3.2.3 Tablas PSI y Tablas SI ..... 81

    3.2.4 Estructura y Generación del Transport Stream (TS) ..... 85

        3.2.4.1 Generación del Transport Stream..... 85

        3.2.4.2 Estructura del Transport Stream ..... 88

    3.2.5 Modulación ..... 91

        3.2.5.1 Definición del canal radioeléctrico ..... 92

        3.2.5.2 Ortogonalidad..... 93

        3.2.5.3 Modulación de la portadora ..... 94

        3.2.5.4 Configuración para la modulación de la portadora ..... 94

        3.2.5.5 Ajuste de atraso ..... 95

        3.2.5.6 Entrelazado de Bit (Bit interleaving) y mapeo (mapping) ..... 95

        3.2.5.7 Parámetros OFDM para Televisión digital Terrestre (TDT)..... 99

3.3 Estructura de Recepción en el estándar ISDB-Tb ..... 99

    3.3.1 Arquitectura del receptor ..... 99

    3.3.2 Ancho de banda de canal para recepción ..... 100

    3.3.3 Sensibilidad de recepción ..... 100

    3.3.4 Sincronización de frecuencia..... 100

    3.3.5 Almacenamiento de aplicaciones y programas ..... 101

3.4 Servicios adicionales para TV digital en el estándar ISDB-Tb. .... 101

    3.4.1 Guía de Programación Electrónica (EPG)..... 102

    3.4.2 Interactividad en TV digital..... 103



3.4.2.1	Arquitectura de Redes Interactivas.....	104
3.4.2.2	Middleware .....	106
3.5	Resumen de Características técnicas para la difusión de servicios en TV digital.	109
	<b>Resumen de capítulo.....</b>	<b>110</b>

## CAPITULO 4

	<b>ALTERNATIVAS TECNICAS Y ECONOMICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE ISDB-Tb .....</b>	<b>113</b>
4.1	Alternativa de solución basada en hardware .....	114
4.1.1	Arquitectura de la solución basada en hardware .....	114
4.1.2	Etapa de transmisión .....	115
4.1.3	Etapa de recepción .....	118
4.1.3.1	Equipamiento y requerimientos para la Recepción.....	118
4.1.4	Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 1).....	121
4.2	Alternativa de solución basada en hardware y software.....	127
4.2.1	Etapa de transmisión .....	127
4.2.2	Infraestructura de hardware y software propuesta.....	132
4.2.3	Etapa de Recepción.....	136
4.2.4	Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 2).....	136
4.3	Alternativa basada en una solución integrada en un servidor.....	138
4.3.1	Arquitectura de la plataforma.....	140
4.3.2	Generación del Flujo de Transporte (TS) .....	142
4.3.3	Multiprogramación .....	144
4.3.4	Servicios relevantes en TV Digital .....	145
4.3.5	Etapa de Difusión .....	146
4.3.6	Etapa de Recepción.....	146
4.3.7	Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 3).....	147
4.4	Recomendación de la solución implementable mediante un análisis comparativo de las diferentes alternativas. ....	147
	<b>Resumen de capítulo.....</b>	<b>151</b>

## CAPITULO 5



<b>TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA EL LABORATORIO .....</b>	<b>155</b>
5.1 Instalación de los elementos de hardware y software necesario para la transmisión. ....	155
5.1.1 El Software OpenCaster.....	155
5.2 Generación del Transport Stream por medio de OpenCaster.....	<b>160</b>
5.2.1 Transformación de un formato de video específico a un formato .AVI .....	161
5.2.2 CODIFICACIÓN.....	164
5.2.3 Paquetización: Packetized Elementary Stream (PES). ....	170
5.2.4 Formación de los archivos .TS de video y audio.....	174
5.2.5 Tablas PSI/SI .....	177
5.2.5.1 Descripción de las tablas para un servicio de TV digital. ....	178
5.2.5.2 Descripción de los parámetros para generar una Guía de Programación Electrónica (EPG).....	185
5.2.5.3 Descripción de los parámetros para agregar una aplicación Ginga NCL al servicio de TV digital.....	188
5.2.6 Multiplexación y formación del flujo de Transporte .....	194
5.2.6.1 Multiplexación y formación de un flujo de transporte con un servicio.....	195
5.2.6.2 Multiplexación y formación de un flujo de transporte para multiprogramación.....	198
5.2.6.3 Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio de Guía de Programación Electrónica (EPG).....	199
5.2.6.4 Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio para interactividad. ....	200
5.3 Configuración de parámetros para la Modulación del Transport Stream .....	<b>202</b>
5.4 Configuración de parámetros para la Recepción del Transport Stream.....	<b>205</b>
5.4.1 Instalación del Equipamiento para la recepción .....	205
5.4.2 Configuración del equipo.....	207
5.4.3 Visualización de la Multiprogramación.....	208
5.4.4 Visualización de la Guía de Programación Electrónica.....	210
5.4.5 Visualización de los Contenidos Interactivos .....	211
<b>Resumen de capítulo.....</b>	<b>212</b>

## CAPITULO 6

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>215</b>
--	------------





6.1	Conclusiones.....	215
6.2	Recomendaciones .....	217
6.3	Trabajos Futuros .....	218
	<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>219</b>
	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>224</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>228</b>

**INDICE DE FIGURAS Y TABLAS****FIGURAS**

Figura 1- 1. Esquema del proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital” .....	24
Figura 2- 1. Transmisión de Televisión Digital por Satélite .....	39
Figura 2- 2. Transmisión de Televisión digital por Cable.....	41
Figura 2- 3. Transmisión y recepción para Televisión digital Terrestre .....	42
Figura 2- 4. Estructura de Transmisión de Televisión digital Terrestre .....	46
Figura 2- 5. Estructura de Recepción de Televisión digital Terrestre .....	47
Figura 2- 6. Alternativas de recepción de televisión digital.....	48
Figura 2- 7. Estructura del Estándar ATSC .....	50
Figura 2- 8. Estructura del Estándar DVB-T.....	52
Figura 2- 9. Estructura del Estándar ISDB-T.....	54
Figura 2- 10. Estructura del Estándar ISDB-Tb.....	55
Figura 3- 1. Segmentación del canal – Estándar ISDB-Tb.....	65
Figura 3- 2. Procedimiento para transmisión y codificación de audio.....	70
Figura 3- 3. Espacios de colores para la representación digital de un archivo. 72	
Figura 3- 4. Esquema para la codificación de video.....	75
Figura 3- 5. Proceso para la multiplexación, codificación y modulación.....	77
Figura 3- 6. Estructura del paquete PES.....	79
Figura 3- 7. Estructura de la cabecera opcional del paquete PES .....	80
Figura 3- 8. Estructura del Campo Opcional del paquete PES .....	81
Figura 3- 9. Ejemplo de la tabla PAT con 4 programas.....	82
Figura 3- 10. Ejemplo de la Tabla PMT para el Programa 1 .....	82
Figura 3- 11. Ejemplo de la Tabla CAT .....	83
Figura 3- 12. Estructura de la Tabla PSI/SI.....	85
Figura 3- 13. Generación de los Paquetes TS y Multiplexación MPEG-2 .....	87
Figura 3- 14. Estructura en Capas del Transport Stream.....	88
Figura 3- 15. Asignación del espectro radioeléctrico para TV Analógica .....	91
Figura 3- 16. Asignación del espectro radioeléctrico para canalización mixta . 91	
Figura 3- 17. División de un canal radioeléctrico.....	92
Figura 3- 18. Asignación de portadoras .....	92
Figura 3- 19. Símbolo OFDM .....	93
Figura 3- 20. Ortogonalidad entre portadoras .....	93
Figura 3- 21. Configuración para la modulación de la portadora.....	94
Figura 3- 22. Esquema para la modulación DQPSK .....	95



Figura 3- 23. Constelación QPSK .....	96
Figura 3- 24. Constelación DQPSK con desplazamiento $\pi/4$ .....	96
Figura 3- 25. Esquema para la modulación DQPSK .....	97
Figura 3- 26. Esquema para la modulación 16 QAM.....	97
Figura 3- 27. Constelación 16 QAM .....	97
Figura 3- 28. Esquema para la modulación 16 QAM.....	98
Figura 3- 29. Constelación 16 QAM .....	98
Figura 3- 30. Arquitectura básica del receptor.....	99
Figura 3- 31. Ejemplo de una EPG.....	102
Figura 3- 32. Cliente de TV digital interactiva.....	103
Figura 3- 33. Arquitectura para un sistema de comunicación de datos bidireccional .....	104
Figura 3- 34. Arquitectura para un sistema de comunicación de datos bidireccional .....	105
Figura 3- 35. Logotipo del middleware Ginga en Ecuador .....	106
Figura 3- 36. Arquitectura Ginga .....	107
Figura 3- 37. Estructura para el ambiente de aplicaciones .....	108
Figura 4- 1. Arquitectura de la solución basada en hardware .....	115
Figura 4- 2. Equipos y requerimientos para la recepción de Tv. Digital .....	119
Figura 4- 3. Proveedor Internacional de equipamiento OMB Sistemas Electrónicos S.A. ....	122
Figura 4- 4. Proveedor Nacional de equipamiento ECUATRONIX CIA LTDA.	124
Figura 4- 5. Estructura de un Broadcast Transport Stream (BTS).....	129
Figura 4- 6. Equipamiento y requerimientos para la transmisión de Tv. Digital .....	134
Figura 4- 7. Proveedor Nacional de equipamiento Advicom CIA LTDA .....	136
Figura 4- 8. Logotipo de Plataforma VILLAGEFLOW versión 2 .....	139
Figura 4- 9. Arquitectura de la plataforma VILLAGEFLOW .....	141
Figura 4- 10. Interfaz gráfica de usuario VF Gui de VILLAGEFLOW .....	142
Figura 4- 11. Configuración de los contenidos a transmitir .....	144
Figura 5- 1. OpenCaster2.4 con Parche de LIFIA .....	157
Figura 5- 2. Análisis del archivo UCuenca.wmv .....	162
Figura 5- 3. Conversión del archivo UCuenca.wmv a UCuenca.avi .....	162
Figura 5- 4. Análisis del archivo UCuenca.avi .....	163
Figura 5- 5. Comando ffmpeg para codificación de video .....	164
Figura 5- 6. Generación del Elementary Stream (ES) de video.....	167
Figura 5- 7. Comando ffmpeg para codificación de audio .....	168
Figura 5- 8. Generación del Elementary Stream (ES) de video.....	169
Figura 5- 9. Comando esvideo2pes para paquetización PES de video.....	170
Figura 5- 10. Generación del PES de video .....	171



Figura 5- 11. Comando esaudio2pes para paquetización PES de audio .....	171
Figura 5- 12. Información del comando esaudioinfo.....	172
Figura 5- 13. Comando pesinfo para analizar el PTS.....	173
Figura 5- 14. Información del comando Pesinfo en un archivo .txt.....	174
Figura 5- 15. Generación del PES de audio.....	174
Figura 5- 16. Formación del archivo .TS de video.....	175
Figura 5- 17. Formación del archivo .TS de audio.....	176
Figura 5- 18. Resumen de los Archivos generados.....	177
Figura 5- 19. Encabezado del script del archivo gtable.py .....	178
Figura 5- 20. Identificadores y valores para el Transport Stream.....	179
Figura 5- 21. Descripción de la Tabla NIT .....	181
Figura 5- 22. Descripción de la Tabla SDT .....	182
Figura 5- 23. Descripción de la Tabla PAT.....	182
Figura 5- 24. Descripción de la Tabla PMT sin contenido interactivo.....	183
Figura 5- 25. Escritura de las Tablas en Archivos .....	184
Figura 5- 26. Comando chmod para gestión de permisos de archivos .....	184
Figura 5- 27. Tablas PSI/SI para 1 servicio de TV digital .....	185
Figura 5- 28. Descripción de la Tabla EIT .....	187
Figura 5- 29. Escritura de la Tabla EIT en un Archivo .....	187
Figura 5- 30. Tablas PSI/SI para un servicio de TV digital con EPG.....	188
Figura 5- 31. Descripción de la tabla AIT .....	189
Figura 5- 32. Descripción de la tabla PMT con contenido interactivo.....	191
Figura 5- 33. Escritura de la Tabla AIT en un Archivo.....	192
Figura 5- 34. Tablas PSI/SI para la generación de contenidos interactivos ...	192
Figura 5- 35. Comando oc-update.sh para la creación de un carrusel de objetos .....	193
Figura 5- 36. Creación del carrusel de Objetos .....	194
Figura 5- 37. Archivos requeridos para la multiplexación de 1 servicio.....	195
Figura 5- 38. Comando tscbrmuxer para multiplexar todos los archivos .ts ...	196
Figura 5- 39. Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio. ....	198
Figura 5- 40. Multiplexación y formación de un flujo de transporte para Multiprogramación.....	199
Figura 5- 41. Multiplexación de un flujo de transporte con un servicio de EPG. ....	200
Figura 5- 42. Comando tscbrmuxer para multiplexar una aplicación Ginga ...	201
Figura 5- 43. Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio para interactividad. ....	201
Figura 5- 44. Interfaz del programa StreamXpress .....	202
Figura 5- 45. Interfaz de configuración de parámetros Generales para ISDB-Tb .....	203
Figura 5- 46. Interfaz de configuración de parámetros Específico para ISDB-Tb .....	205
Figura 5- 47. Instalación del equipo de recepción .....	206



Figura 5- 48. Instalación de la antena en el decodificador Set Top Box.....	207
Figura 5- 49. Mensaje de inicio .....	208
Figura 5- 50. Visualización del menú del decodificador .....	208
Figura 5- 51. Confirmación para la sintonización automática de canales.....	209
Figura 5- 52. Sintonización automática de canales .....	210
Figura 5- 53. Listado de canales .....	210
Figura 5- 54. Lista de los múltiples programas.....	211
Figura 5- 55. Lista de aplicaciones para contenidos interactivos .....	211

## TABLAS

Tabla 2- 1. Resultados de la Evaluación – SUPERTEL .....	58
Tabla 3- 1. Perfiles y niveles para el estándar de audio .....	71
Tabla 3- 2. Ecuaciones para las señales SD y HD.....	73
Tabla 3- 3. Estructura del Header del Transport Stream.....	90
Tabla 3- 4. Estructura del Campo de Adaptación del Transport Stream .....	90
Tabla 3- 5. Cálculo de fase.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3- 6. Requisitos técnicos para la difusión de datos .....	109
Tabla 4- 1. Características de decodificadores .....	121
Tabla 4- 2. Cotización presentada por OMB Sistemas Electrónicos S.A. ....	123
Tabla 4- 3. Cotización presentada por ECUATRONIX CIA LTDA .....	125
Tabla 4- 4. Proforma – Alternativa 1.....	127
Tabla 4- 5. Características de las dos tarjetas moduladoras.....	135
Tabla 4- 6. Cotización presentada por ADVICOM CIA LTDA.....	137
Tabla 4- 7. Presupuesto Alternativa 2 .....	138
Tabla 4- 8. Proforma – Alternativa 3.....	147
Tabla 4- 9. Importancia y puntaje para cada criterio .....	149
Tabla 4- 10. Puntuación según la jerarquía de cada alternativa.....	150
Tabla 4- 11. Resultado del mecanismo de selección de la alternativa implementable .....	151
Tabla 5- 1. Formatos de video y su resolución.....	165
Tabla 5- 2. Formatos de video y Proporción .....	166
Tabla 5- 3. Número de muestras por trama de Audio .....	172
Tabla 5- 4. Distribución de los conectores del decodificador EITV DeveloperBox .....	207
Tabla 5- 5. Descripción de opciones del decodificador EITV DeveloperBox..	209

2013

# CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN





## Capítulo

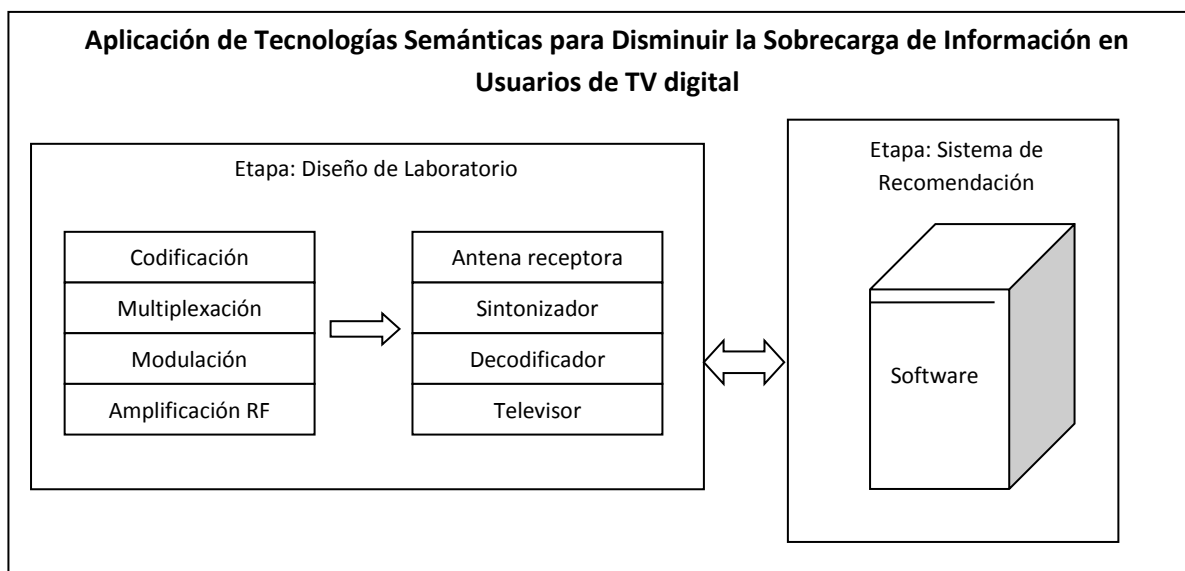
# 1

El capítulo uno, INTRODUCCIÓN, cuenta con la presentación general del proyecto de tesis, su justificación, alcance, objetivos generales y específicos, el contexto en el cual está enmarcado, retos referentes a los objetivos del proyecto, suposiciones, y la presente estructura de los capítulos.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Presentación

El proyecto aprobado y financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca DIUC denominado: “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital”, pretende diseñar un sistema de recomendación para la programación televisiva de acuerdo a las preferencias del usuario [1]. Este proyecto puede ser dividido en dos grandes etapas como se observa en la Figura 1-1.



**Figura 1- 1.** Esquema del proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital”

La etapa llamada “Sistema de Recomendación”, se encargará de diseñar una infraestructura semántica por medio de la utilización de ontologías para captar las preferencias de los televidentes y los contenidos de los programas. Esta etapa será desarrollada por profesores y tesisistas de la carrera de Ingeniería en Sistemas.





La etapa llamada “Diseño de Laboratorio” constituye la primera fase del proyecto. Esta etapa se encargará de buscar las alternativas óptimas para simular un escenario real de transmisión y recepción de señal televisiva. Este diseño puede estar formado por elementos de software y hardware que posibilite transmitir y recibir múltiples contenidos televisivos. La presente etapa constituye el tema del proyecto de tesis detallado en este capítulo.

Por medio de la Televisión digital podemos transmitir y recibir audio, video y datos codificados en forma digital, es decir en un formato binario. Una de las características principales de este proceso es que permite optimizar el espectro radioeléctrico ya que se tiene la capacidad de transmitir múltiples señales en un mismo canal, lo que es conocido como multiprogramación.

La Televisión digital da un giro completo al concepto tradicional de interacción entre el televidente y los contenidos televisivos, ya que gracias a la forma digital de transmisión el usuario cuenta con vías de retorno para la comunicación con los productores de dichos contenidos. Esto abre la posibilidad de que un usuario desde su televisión pueda realizar votaciones en concursos, acceder a informaciones de las características de productos para ejecutar compras en línea, realizar apuestas deportivas, aplicaciones referentes a medicina, contar con una Guía de Programación Electrónica (EPG) etc.

Con la televisión digital, a más de mejorar la calidad de la recepción de la señal, y de las características mencionadas anteriormente, los usuarios van a tener un acceso más amplio a múltiples canales y servicios interactivos. Por este motivo es de suma importancia tomar en consideración factores de usabilidad que permitan asegurar una amplia adopción de esta tecnología por parte de los consumidores y también evitar que los usuarios se sientan sujetos a un exceso de información.

Con la forma analógica de transmitir contenidos televisivos, el ancho de banda de un canal es de 6 MHz, los cuales son utilizados para enviar 1 solo programa embebido en dicho canal. Por su parte, con la televisión digital se puede utilizar los mismos 6 MHz para enviar varios programas televisivos en el mismo canal. Un ejemplo de esta característica técnica se ve reflejada en el hecho de que si actualmente la transmisión analógica de la estación televisiva “Telerama”



transmite 1 solo programa, con televisión digital la misma cadena podrá contar con “Telerama Kids”, “Telerama Deportes”, “Telerama Películas”, “Telerama Noticias”, etc. Brindando una gran variedad de entretenimiento dependiendo de las preferencias de cada usuario.

Al no contar con un mecanismo que permita simular la sobrecarga de información que tendrán los usuarios de TV digital en la universidad, la etapa de “Sistema de Recomendación” (Figura 1-1) no podría generar ni utilizar ontologías para captar las preferencias de los televidentes debido a la carencia de contenidos televisivos. Por lo que se requiere investigar un método implementable para generar múltiples programas de televisión, con la finalidad de que se pueda emplear dichas ontologías para recomendar contenidos de acuerdo a las preferencias de los usuarios de TV digital.

Adicionalmente, la etapa de “Sistema de Recomendación” va a necesitar un registro de todos los contenidos televisivos digitales a ser transmitidos, e información adicional de los distintos eventos, como: descripción del programa, fecha y hora de transmisión, etc. Por este motivo es importante que la etapa de “Diseño de Laboratorio” cuente con una Guía de Programación Electrónica (EPG), para que de esta manera la etapa de “Sistema de Recomendación” pueda comparar entre los contenidos transmitidos con las preferencias de cada usuario para poder brindar una sugerencia.

Por otro lado, desde que el Ecuador adoptó el estándar ISDB-Tb en el año 2010, la Universidad de Cuenca ha centrado su investigación en la programación de contenidos interactivos cargados directamente en un decodificador (Set Top Box), el cual fue cedido momentáneamente por la SUPERTEL. Sin embargo, no se ha realizado pruebas de transmisión ni recepción de la señal digital, ya que la Universidad no cuenta con los equipos necesarios para realizar esta tarea. Por lo tanto es de gran importancia contar con una infraestructura que permita: Simular la sobrecarga de información que tendrán los usuarios de TV digital debido a la multiprogramación, realizar pruebas en vivo de interactividad y que proporcione un servicio de Guía de Programación Electrónica (EPG).

El presente diseño debe considerar parámetros técnicos y económicos para la adquisición de equipamiento que cumpla con los requerimientos de transmisión y recepción en el estándar ISDB-Tb (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial Built in) o conocido también como Sistema Nipo-Brasileño de Televisión digital Terrestre (SBTVD) adoptado por el Ecuador. Así como también se debe tener en cuenta varias alternativas para la transmisión y recepción de una señal digital existentes en el medio, para de esta manera proponer un diseño de laboratorio que contemple cada etapa.

## **1.2 Justificación**

Con la implementación de la tecnología digital, la disponibilidad de los contenidos televisivos se incrementará notablemente debido a la optimización del espectro radioeléctrico; característica que permite contar con multiprogramación dentro de un mismo canal. Es así que resulta de mucha importancia facilitar la selección de contenidos en base a las preferencias de los usuarios, y proveer interfaces fáciles de usar que satisfagan los requisitos de interacción de los espectadores.

Haciendo referencia a la Figura 1-1, la etapa de “Sistema de Recomendación” requiere elaborar un escenario que permita simular el aumento sustancial de programas que dispondrá un usuario de televisión digital. Por esta consideración, en la etapa de “Diseño de laboratorio” es imprescindible diseñar una infraestructura de laboratorio para montar dicho escenario posibilitando realizar pruebas de funcionamiento de cada etapa durante el diseño de la plataforma semántica.

Puesto que la Universidad de Cuenca aún no cuenta con un laboratorio de televisión digital, es necesario que previo a la compra de equipos encargados en transmitir y recibir señales digitales, se realice un diseño basado en características técnicas y económicas que cumpla con la transmisión de señales con multiprogramación, contenidos interactivos y guía de programación electrónica (EPG) ya que son requerimientos de la etapa del “Sistema de Recomendación”.



Adicionalmente, la etapa de “Diseño de laboratorio” involucrará la creación de los archivos de configuración necesarios para la generación de información a transmitir (video, audio y datos). El resultado de estas actividades será un manual de funcionamiento para la transmisión y recepción de una señal de acuerdo a la alternativa recomendada como parte de esta tesis.

Una vez finalizada la presente tesis, se dará paso a que las personas encargadas del proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital” realicen una adquisición adecuada de equipamiento. Permitiendo además que profesores y estudiantes efectúen pruebas, prácticas y futuras investigaciones orientadas hacia la programación de contenidos, y también enfocadas a la transmisión y recepción de una señal.

### **1.3 Alcance**

El proyecto de tesis previo a la obtención del título de grado tiene como finalidad diseñar una infraestructura de laboratorio que permita generar, transmitir y recibir una señal de TV digital. El diseño va a contemplar el uso de multiprogramación, la transmisión de contenidos interactivos y la generación de una Guía de Programación Electrónica (EPG). Así como también se aspira contar con una recomendación óptima de equipamiento basada en parámetros técnicos y económicos. Finalmente se elaborará un manual de funcionamiento que detalle la generación de un flujo de transporte TS (Transport Stream), que contenga audio video y datos.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

- Diseño de un laboratorio de Televisión digital Terrestre que contemple las diferentes etapas desde la transmisión hasta la recepción de la señal en el estándar ISDB-Tb.



### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de los requerimientos para la implementación de un laboratorio de TV. Digital.
- Diseñar una plataforma que permita transmitir y recibir una señal de televisión digital que cuente con servicios de: multiprogramación, Guía de Programación Electrónica (EPG), y contenidos interactivos.
- Definir y detallar las especificaciones de cada uno de los elementos en hardware y software para el diseño propuesto.
- Recomendar la mejor solución de implementación efectuando un análisis comparativo de las diferentes alternativas en base a parámetros técnicos y económicos.
- Elaborar un manual de funcionamiento que detalle la generación de un flujo de transporte (TS) que contenga audio, video y datos.

### 1.5 Contexto

El contexto del presente tema de tesis esta enfocado en el marco de la investigación, concretamente en el análisis y diseño de cada una de las etapas dentro de la transmisión y recepción de una señal para televisión digital en el estándar adoptado por el Ecuador. Tal diseño está enfocado en la creación de un laboratorio de TV. Digital que permita generar: multiprogramación, contenidos interactivos, y una Guía de Programación Electrónica (EPG).

Dadas las pautas anteriores, mediante un análisis técnico y económico se va a describir la mejor alternativa de implementación para el laboratorio, explicando detalladamente los mecanismos de: codificación, paquetización, generación de flujos de transporte, modulación y recepción de la señal.



## 1.6 Retos

Varios retos que surgen al momento de plantearse los objetivos específicos para este proyecto son los siguientes:

- Analizar e identificar el equipamiento de laboratorio adecuado para la transmisión y recepción de una señal de televisión digital.

El reto que surge en cuanto a este aspecto es la gran cantidad de equipos ya sea de codificación, modulación, amplificación, y recepción para televisión digital que se puede encontrar en el medio, cada uno de los cuales presentan diferentes parámetros técnicos y económicos. Es por ello que se necesita un análisis comparativo de las características y servicios que se busca proveer con respecto a las funcionalidades de cada equipo, para de esta manera definir las mejores alternativas de implementación.

- Investigar algún mecanismo para generar Multiprogramación.

El reto que surge en cuanto a multiprogramación es encontrar un mecanismo adecuado ya sea vía hardware o software por medio del cual se pueda realizar una multiplexación entre el audio, video y datos de todos los programas que se van a transmitir. Es decir encontrar un método de multiplexación de todos los flujos de transporte que van a ser difundidos.

- Investigar alternativas técnicas que permitan incluir servicios adicionales en un flujo de transporte TS (Transport Stream) como: Guía de Programación Electrónica (EPG) y Contenidos interactivos.

El problema con respecto a estos aspectos es definir una solución tanto hardware como software que permitan generar una guía de programación con los contenidos a transmitirse, así como también que admita la multiplexación de contenidos interactivos con el audio y video fuente, pero que además, dichas



soluciones estén enmarcadas dentro del presupuesto para la implementación de estos servicios.

### 1.7 Suposición

- Teniendo en cuenta que el utilizar equipos encargados de:
  - Codificar el audio y video en el estándar ISDB-Tb,
  - Generar múltiples flujos de transporte,
  - Multiplexar los servicios de Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenidos interactivos con el audio y video fuente,Puede resultar muy costoso. En lo posible se debe buscar alternativas de implementación basadas en software, de tal manera que reduzca sustancialmente el costo de implementación del laboratorio.

### 1.8 Estructura

El proyecto se estructura en dos partes; la primera parte se enfocará en un proceso teórico de investigación, es decir la recolección de datos relevantes en el tema de transmisión y recepción de la señal de televisión digital de acuerdo al estándar adoptado por el Ecuador. La segunda parte involucrará la creación de los archivos de configuración necesarios para la generación de información a transmitir (video, audio y datos). El resultado de estas actividades será un manual de funcionamiento para la transmisión y recepción de una señal de acuerdo a la alternativa recomendada como parte de esta tesis. Estas dos partes se condensan en seis capítulos incluido este. Los demás capítulos están estructurados de la siguiente manera:

El capítulo dos, MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL, contendrá varios aspectos introductorios sobre la televisión digital. Para ello se va a describir las ventajas y desventajas respecto a la televisión analógica. Así como también se explicará una estructura general para el



sistema de transmisión y recepción de la señal digital. Posteriormente se realizará una breve reseña técnica de cada uno de los estándares internacionales de televisión digital existentes. Con lo que finalmente se mencionará los mecanismos de selección empleados por los entes regulatorios para la adopción del estándar en el Ecuador.

En el tercer capítulo, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA TRASMISIÓN Y RECEPCIÓN EN ISDB-Tb, se abordará todos los temas concernientes a la estructura de transmisión y recepción en el estándar adoptado por el Ecuador (ISDB-Tb) es decir: codificación, paquetización, generación del Transport Stream, modulación y recepción de una señal digital. Así como también se va a tratar aspectos relacionados con la generación de servicios como: Guía Electrónica de Programación (EPG), y de contenidos interactivos por medio del middleware Ginga establecidos por el estándar ISDB-Tb.

En el capítulo cuatro, ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE ISDB-Tb, se va a presentar una estructura general para la transmisión y recepción de una señal para TV digital. Posteriormente se describirá tres alternativas de implementación del laboratorio, definiendo los requerimientos en cada etapa de transmisión y recepción, para luego establecer el equipamiento necesario y el presupuesto para cumplir cada alternativa, indicando las cotizaciones enviadas por empresas nacionales e internacionales encargadas de la venta de equipos para televisión digital. Finalmente se realizará una recomendación de la solución implementable mediante un análisis comparativo de las diferentes alternativas.

El capítulo cinco, TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA EL LABORATORIO, aborda la creación de los archivos de configuración necesarios para la generación de información a transmitir (video, audio y datos) de acuerdo a la alternativa recomendada al





final del capítulo cuatro. Por lo tanto se va a detallar cada parámetro de software o hardware para satisfacer mecanismos de codificación, paquetización, generación del flujo de transporte, modulación, recepción y la inclusión de: multiprogramación, Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenido interactivo dentro de un flujo de transporte.

El capítulo seis, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, redacta las conclusiones obtenidas al final del proyecto de tesis, así como también las recomendaciones y sugerencias para trabajos futuros.



## Resumen de capítulo

En el primer capítulo, INTRODUCCIÓN, se abordó la presentación general del proyecto de tesis, su justificación, alcance, objetivos generales y específicos, el contexto en el cual está enmarcado, retos referentes a los objetivos del proyecto, suposiciones, y la estructura de los capítulos.

2013

# CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN A LA  
TELEVISIÓN DIGITAL





El capítulo dos, MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL, tiene como finalidad analizar varios aspectos introductorios sobre la televisión digital. Para ello se va a describir las ventajas y desventajas respecto a la televisión analógica. Así como también se explicará una estructura general para el sistema de transmisión y recepción de la señal digital. Posteriormente se realizará una breve reseña técnica de cada uno de los estándares internacionales de televisión digital existentes. Con lo que finalmente se mencionará los mecanismos de selección empleados por los entes regulatorios para la adopción del estándar en el Ecuador.



## MARCO TEÓRICO: INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL

### 2.1 Introducción

Por medio de la Televisión digital podemos transmitir y recibir audio, video y datos codificados en forma digital, es decir en un formato binario. Este proceso permite optimizar el espectro radioeléctrico ya que se tiene la capacidad de transmitir múltiples señales en un mismo canal, así como también se consigue una interacción entre los usuarios y los productores de contenidos televisivos, ya que gracias a la forma digital de transmisión se cuenta con vías de retorno.

Un canal de televisión digital ocupa el mismo ancho de banda que un canal analógico (6 MHz), sin embargo la aplicación de técnicas de codificación y compresión para el audio y el video en el formato digital representa la optimización del espectro radioeléctrico disponible y le proporciona la característica de multiprogramación. [2]

Al digitalizar la señal se obtiene una gran variedad de servicios a disposición del televidente pero este cambio implica una mayor demanda de aplicaciones que deben resultar atractivas y ser desarrolladas con el propósito de que el usuario se familiarice a esta nueva tendencia.

Desde que la televisión llegase al Ecuador a finales de los años 50 se ha producido varios cambios importantes en la forma de visualizarla, pero sin duda un cambio fundamental es el denominado “apagón analógico” que implica la culminación de las transmisiones analógicas y el paso definitivo a la nueva era digital. Durante esta transición se debe asignar un periodo de ajuste y ejecución del espectro, así como también se dará paso a la regulación de condiciones para la oferta y demanda de los nuevos servicios, lo que implica un cambio en la escala empresarial. Un operador en la plataforma digital podrá llegar a ser rentable mediante el control de: contenidos, oferta de programas y del acceso. [3]

En resumen, la introducción de la televisión digital resulta en un proceso demorado que no solo requiere superar aspectos técnicos sino también superar



aspectos sociales y económicos del país, sin embargo dicho proceso generará múltiples oportunidades de negocio.

## **2.2 Tipos de Televisión digital**

Según los medios de transmisión empleados, se presenta los siguientes modelos de televisión digital:

- a. Televisión digital por Satélite.
- b. Televisión digital por Cable.
- c. Televisión digital Terrestre.

### **a. Televisión digital por Satélite**

La televisión digital por satélite es un tipo de difusión de contenidos digitales cuyo objetivo es transmitir señales de radio capaces de cubrir zonas geográficas extensas. Esto lo realiza mediante la utilización de satélites destinados a comunicaciones, a diferencia de la televisión por cable que emplea redes de fibra óptica y cable coaxial, y de la televisión terrestre que propaga sus ondas a través de la interfaz de aire sin salir de la atmósfera.

Por su forma de transmisión, la televisión por satélite representa una opción viable frente a la televisión terrestre ya que garantiza la recepción de la señal en lugares remotos o de difícil acceso. Además que, por medio de la transmisión por radiodifusión, la señal sufre atenuaciones, interferencias y demás susceptibilidades causando mayores pérdidas de propagación que en la satelital.

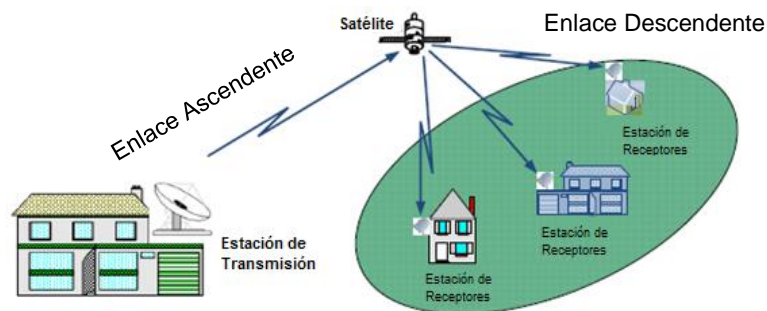
Respecto a la televisión por cable, la televisión satelital puede acceder a lugares en los que geográficamente sería difícil o imposible tender una red de fibra óptica o cable coaxial.

Para la recepción de señal de televisión digital transmitida por satélite es necesario disponer de:

- Una antena parabólica correctamente enfocada hacia el satélite de comunicaciones.

- Un dispositivo de selección de bandas y amplificación denominado LNB (Low Noise Block).
- Un sintonizador de canales digitales para canales gratuitos o un decodificador para canales de pago.

[4]



**Figura 2- 1.** Transmisión de Televisión Digital por Satélite

Fuente: SUPERTEL

La Figura 2-1, indica el proceso de transmisión y recepción de la señal digital, la cual se lleva a cabo mediante dos tipos de enlaces: un enlace ascendente y un descendente. El enlace ascendente envía la información desde la estación de transmisión hacia el satélite y el enlace descendente es el encargado de llevar esta información desde el satélite hacia la zona de cobertura donde se encuentran los diferentes tipos de estaciones receptoras. Sin embargo, cada enlace ocupa una banda de frecuencias diferentes. [5]

Es la actualidad, aunque las plataformas digitales en el modelo satelital continúan utilizando contenidos procedentes de la televisión convencional terrestre, la forma de comercializar los contenidos resulta ser la diferencia, es decir que las ganancias de la televisión satelital se facturan principalmente por el servicio de cobertura y adicionalmente por contenidos bajo pago. [4]

## **b. Televisión digital por Cable**

La televisión digital por cable es otro tipo de difusión de contenidos digitales cuyo objetivo es distribuir digitalmente audio, video y datos por una línea física a través de redes híbridas de fibra óptica y de cable coaxial. Sus destinatarios

son únicamente los suscriptores o abonados que cuentan con los receptores para estas señales.

Este tipo de televisión ofrece la posibilidad de brindar múltiples servicios que viajan a través de la misma red tendida, por ejemplo se difunden servicios tales como: televisión pagada, telefonía fija y acceso a internet, conocidos en conjunto como servicio Triple-Play.

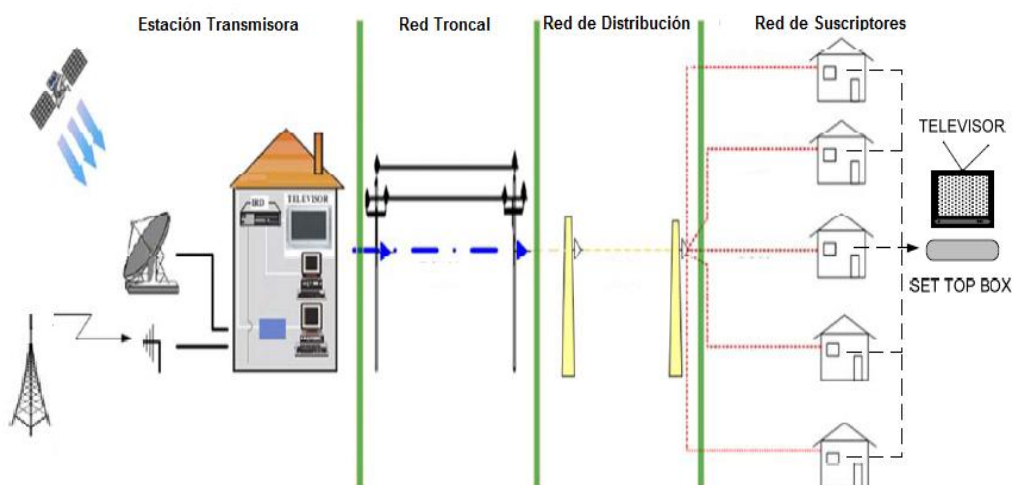
Otra característica de la televisión por cable es su facilidad de implementación y despliegue de sus redes en las áreas de servicio. Las compañías de televisión, según las necesidades o requerimientos del servicio, instalan el cableado y los respectivos amplificadores para asegurar una buena transmisión de la señal.

Las redes utilizadas para la distribución de los servicios de televisión digital por cable se dividen en cuatro secciones.

- Estación de transmisión o Cabecera.
- Red troncal.
- Red de distribución.
- Red de suscriptores.

[5]

En la siguiente figura se indica el esquema de la transmisión y recepción para la televisión digital por cable.





## **Figura 2- 2.** Transmisión de Televisión digital por Cable

Fuente: SUPERTEL

Como se puede observar en la Figura 2-2, el esquema está constituido por una estación transmisora o cabecera que es la encargada de enviar la información hacia la red troncal para posteriormente ser distribuida por línea física hacia la red de suscriptores que cuentan con los decodificadores (Set-Top Box) conectados a los televisores.

Para recibir el servicio de televisión digital por cable, es necesario contactar con un operador que brinde servicio de cobertura dentro de la zona domiciliaria. Este operador se encargará de instalar una red de suscriptores desde la red de distribución hasta el domicilio del abonado. [6]

La recepción de la señal de televisión se la lleva a cabo mediante decodificadores específicos que ofrecen disponibilidad de canales digitales, por ejemplo los decodificadores DVR (Digital Video Recorder) y HD-DVR (High Definition - Digital Video Recorder) que reproducen canales en definición estándar y en alta definición, así como también disponen de características para la grabación y almacenamiento de los contenidos digitales, incluso ofrecen la capacidad de pausado en vivo. [7]

### **c. Televisión digital Terrestre (TDT)**

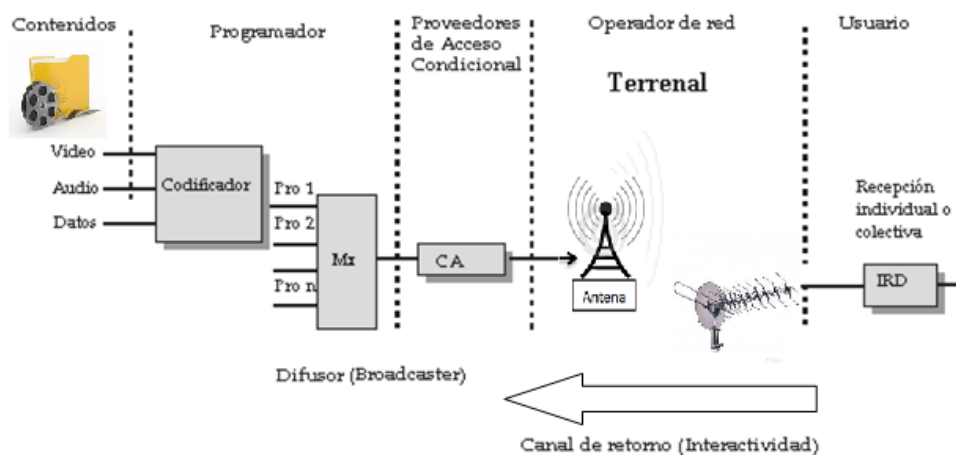
La Televisión digital Terrestre es el resultado de la transmisión de audio, video y datos mediante una señal digital transmitida por medio de ondas hercianas. Estas ondas viajan a través de la atmósfera sin necesidad de cable o satélite mediante una red de repetidoras terrestres y se reciben por medio de antenas convencionales UHF.

Una vez transmitida la señal digital a la interfaz de aire, dicha señal aparentemente no presenta mayor robustez que su similar analógica que también es susceptible a interferencias del medio ambiente. La diferencia se encuentra en la codificación digital del bloque de recepción que posee algoritmos lógicos para la corrección de errores superando problemas de

degradación de la banda VHF/UHF tales como: ruido térmico, interferencia multitrayectoria, ruido urbano, desvanecimiento, entre otros. [8]

La televisión digital terrestre, a diferencia de la televisión digital por cable o satelital, proporciona un servicio gratuito con la misma variedad de aplicaciones y cuya principal ventaja es contar con una cobertura de fácil despliegue para un alcance nacional, regional y local permitiendo además desconexiones locales.

A continuación se presenta un esquema general de transmisión y recepción para un difusor de televisión digital terrestre.



**Figura 2- 3.** Transmisión y recepción para Televisión digital Terrestre

Fuente: SUPERTEL

Como se indica en la Figura 2-3, generalmente la televisión digital terrestre cuenta con una etapa de contenidos que serán codificados y multiplexados en la etapa de Programador. Posteriormente se ingresa a una etapa de amplificación proporcionada por los proveedores de acceso condicional para la difusión en radio-frecuencia (RF). En la parte del receptor, se requiere de una antena UHF que conducirá la señal hacia el receptor decodificador integrado (IRD).

### 2.3 Características de la Televisión digital

Dentro de algunas características que presenta la adopción de la tecnología de televisión digital, tenemos:



- Mayor disponibilidad de ancho de banda proporcionado por las técnicas de compresión de audio y video que han alcanzado mejoras en las tasas de compresión tanto para televisores de definición estándar como para televisores de alta definición.
- Presenta una mayor facilidad en la codificación de la señal a ser transmitida, así como una forma más segura de transmisión ya que solo los decodificadores que conozcan la señal digital original podrán reproducirla.
- Una mayor robustez frente al ruido en la señal recibida debido a que dicha señal es analizada por algoritmos de corrección mejorando así problemas relacionados a la degradación de la señal, es decir que por su codificación binaria se analiza la secuencia de bits y se determina si se ha enviado un 1 o un 0.
- La potencia de transmisión que se ve influenciada por la tasa a la que se le desea enviar los datos será menor comparada con la transmisión analógica, esto debido a que la señal digital cuenta con mayor robustez frente al ruido. Y como consecuencia de esta disminución de potencia, se reduce la interferencia de canales adyacentes, es decir se puede emplear un mayor número de canales para una misma área.
- Ofrece al televidente la posibilidad de interactuar con los programas de televisión mediante la utilización del denominado canal de retorno.

[8]

## **2.4 Ventajas y desventajas de la televisión digital**

La transición de la televisión analógica en digital representa una gran cantidad de ventajas en la forma de ver televisión, pero a su vez puede ocasionar algunos problemas.

### **Ventajas:**

- La digitalización de la señal permite aplicar una amplia gamma de técnicas para la compresión de datos, con lo que se consigue una optimización del ancho de banda.
- Ofrece el servicio de recepción fija y móvil dependiendo del estándar adoptado en cada país.



- Manipulación de imágenes transmitidas ya que cuenta con la ventaja de memorización de líneas y cuadros.
- Según el estándar de televisión digital que se utilice, en un solo receptor se puede contar con varios servicios de transmisión, tales como HDTV (High Definition Television), HDTV + SDTV (Standard Definition Television), multi SDTV, etc.
- Mayor número de canales debido a que a diferencia de la televisión analógica que permite la transmisión de un único programa de televisión por cada canal, la tecnología digital permite la multiprogramación en el mismo espacio radioeléctrico.
- Flexibilidad en los contenidos que se pueden emitir, es decir que es posible mezclar un número arbitrario de canales de vídeo, audio y datos en una sola señal.

[9]

**Desventajas:**

- Instalación de nuevas plataformas de transmisión para esta tecnología digital.
- Para la compresión del audio y video, así como también para la modulación varios estándares utilizan mecanismos patentados, resultando compleja y costosa su implementación.
- La nueva señal digital requiere un receptor que lo soporte. Existen dos tipos de receptores:
  - Receptor Externo.- más conocido como decodificador o Set Top Box que permita la recepción de los nuevos contenidos audiovisuales.

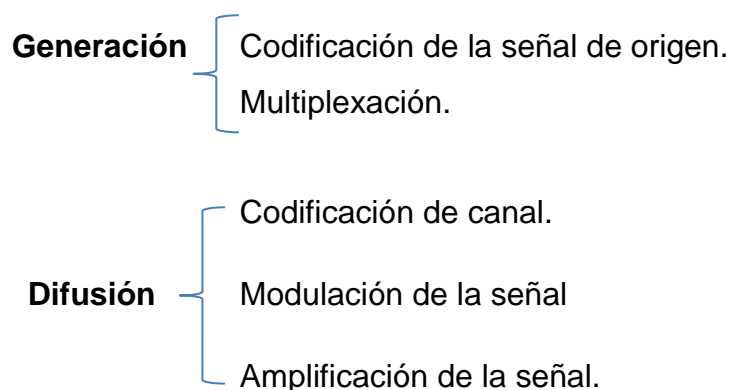
- Receptor Incorporado.- que se encuentra disponible en los nuevos modelos de televisores y que no requieren de ningún dispositivo adicional aunque su valor agregado en los televisores los convierte en una alternativa más costosa. [2]
- Sobrecarga de información para el televidente, ya que debido a la gran demanda de contenidos audiovisuales que requiere la televisión digital, estos pueden resultar algo tediosos para los televidentes que estén acostumbrados a la sencillez que ofrecía la tecnología analógica. [1]

## 2.5 Estructura de un sistema de transmisión - recepción de Televisión digital

Para describir una estructura elemental de un sistema de televisión digital debemos tener en cuenta tanto la parte de transmisión como la parte de recepción de una señal digital, dichas partes están formadas por varias etapas entre las cuales se encuentra la generación, codificación, compresión, modulación y amplificación de una señal para la parte de transmisión; y sus respectivos procesos inversos para la parte de recepción.

### 2.5.1 Esquema de transmisión

Para transmitir una señal digital independientemente del estándar adoptado en cada país, el mecanismo para enviar información (video, audio, datos) está conformado por las siguientes etapas (Figura 2-4):

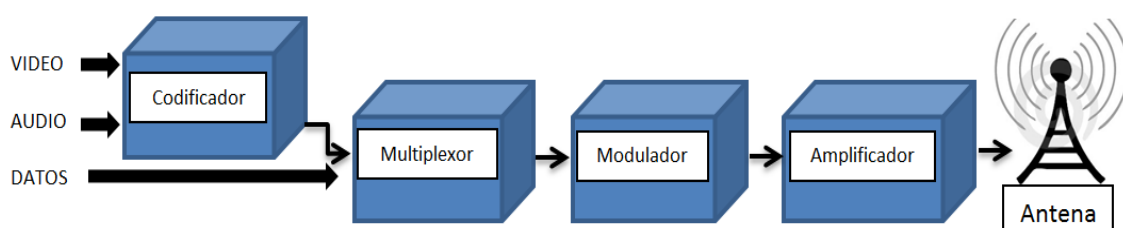


La etapa de generación de una señal se encarga de formar el flujo de transporte que va a ser enviado por un medio de transmisión, dentro de esta etapa se realiza la codificación de una señal de origen la cual puede provenir de varias fuentes, para luego realizar el proceso de multiplexación de los diferentes flujos elementales formando un solo flujo digital a su salida. Las señales de origen (audio y video) a ser enviadas pueden provenir ya sea de una videocámara, fuentes digitales, o descargadas de Internet, etc.

La etapa de difusión se encarga de la codificación del canal, modulación y amplificación de la señal, es decir que los flujos digitales a transmitir se convierten en señales que pueden difundirse por el aire con una cobertura adecuada dependiendo de las necesidades y del modo de radiodifusión.

En la etapa de codificación y multiplexación de la señal de origen, se presentan 2 características, estas son: simetría y flexibilidad. La primera característica para una transmisión de televisión digital siempre es asimétrica en cuanto a costo, es decir que el costo de la codificación y compresión de una señal es mucho mayor al costo de la decodificación de la misma, esto implica que para la transmisora el costo de la implementación es mucho mayor que el costo que realizará un usuario para la recepción de la señal. La segunda característica depende del estándar de televisión digital adoptado en cada país, ya que tiene que ver con la calidad o resolución de la imagen a ser codificada, a esto se lo conoce como flexibilidad.

Cada estándar de televisión digital utiliza diferentes mecanismos o técnicas de modulación de la señal las mismas que cuentan con sus propios parámetros de configuración de acuerdo a los modos de operación, un ejemplo de ello es el número de portadoras. Las características generales de cada estándar de televisión digital serán descritas en la siguiente sección 2.6.



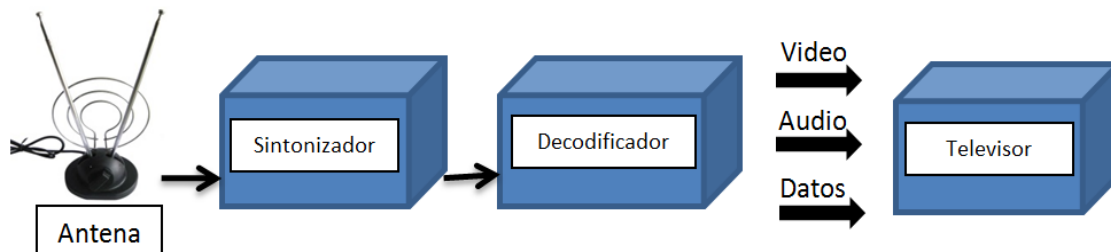
**Figura 2- 4.** Estructura de Transmisión de Televisión digital Terrestre

Cada estándar de televisión digital utiliza diferentes mecanismos o técnicas de modulación de la señal las mismas que cuentan con sus propios parámetros de configuración de acuerdo a los modos de operación, un ejemplo de ello es el número de portadoras. Las características generales de cada estándar de televisión digital serán descritas en la sección 2.6.

### 2.5.2 Esquema de Recepción

La recepción de una señal de televisión digital se encarga de ejecutar los datos (contenidos) o programas que vienen junto con la señal de televisión y desplegarla en un televisor para su visualización.

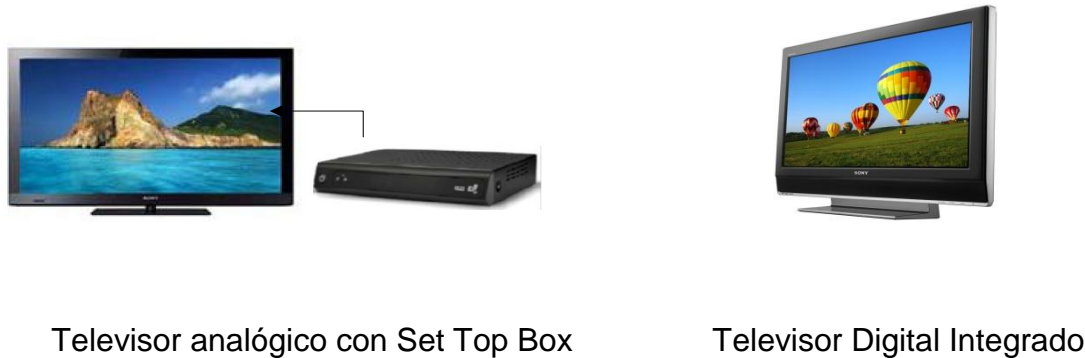
Para recibir una señal digital independientemente del estándar adoptado en cada país, el mecanismo de captar información está conformado primero por una etapa de sintonización de la señal digital, la misma que incluye información de video, audio y datos. Posteriormente se realiza una separación de los tres tipos de información que se recibe para tratarlos por separado, se descifra la información y finalmente se envía al televisor (Figura 2-5).



**Figura 2- 5.** Estructura de Recepción de Televisión digital Terrestre

Una señal de televisión digital se la recepta de dos formas. La primera es por medio de la utilización de televisores digitales integrados, es decir utilizando televisores que poseen sintonizadores de señales digitales los cuales pueden recibir tanto la señal analógica como la señal digital sin la necesidad de utilizar un Set Top Box. La segunda es por medio de la utilización de los televisores analógicos convencionales conectados a un Set Top Box para la decodificación

de la señal. Las dos alternativas de recepción se las puede visualizar en la Figura 2-6.



**Figura 2- 6.** Alternativas de recepción de televisión digital

## 2.6 Breve reseña técnica de los estándares internacionales de TV digital Terrestre.

La transmisión de televisión digital terrestre se realiza siguiendo varios parámetros técnicos que fueron establecidos por los distintos estándares tecnológicos, es por esto que cada país en el mundo selecciona el estándar más adecuado a sus necesidades.

Los estándares de televisión digital terrestre son los siguientes:

- Estándar Americano ATSC (Advance Television System Committee)
- Estándar Europeo DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)
- Estándar Japonés ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial)
- SBTVD (Sistema Nipo-Brasileño de Televisión digital Terrestre)
- Estándar Chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting)

[5]

### 2.6.1 Estándar Americano ATSC (Advance Television System Committee)

El estándar Americano fue diseñado para transmitir uno o dos canales de alta definición (HDTV - High Definition Television) y hasta seis canales de definición



estándar (SDTV - Standard Definition Television), por medio de canales en un ancho de banda de hasta 6 MHz y con una velocidad de 19.4 Mbps. [5]

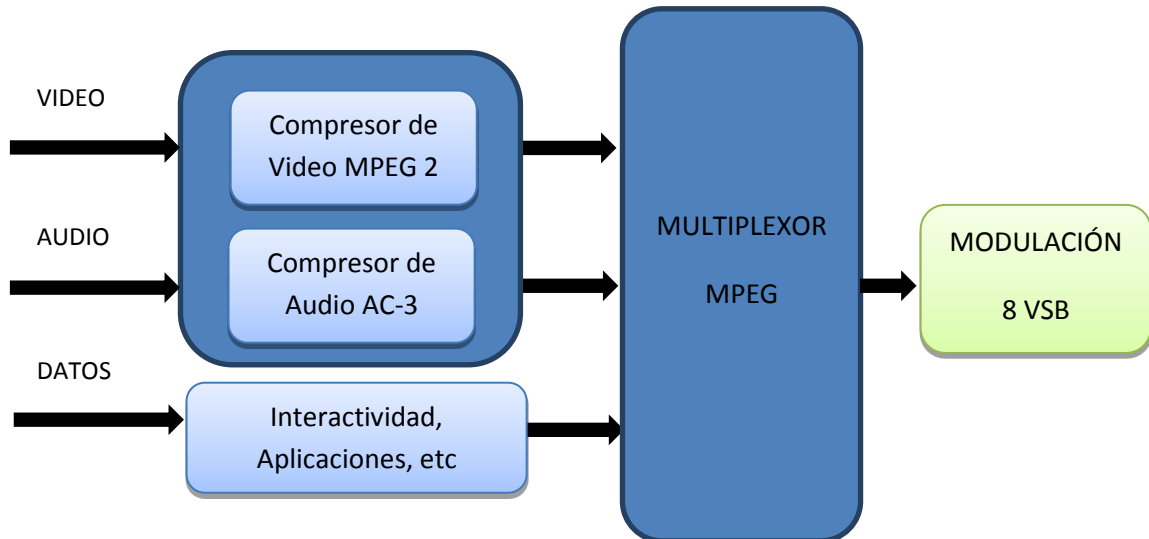
Un canal ATSC está formado por video utilizando el MPEG-2 para su compresión, audio para lo cual emplea el sistema Dolby AC-3, y un canal de datos complementarios el cual se utiliza para enviar información a los televidentes, como una guía de programación electrónica (EPG), juegos, interactividad, subtítulos etc. [10]

Para la modulación de los contenidos multiplexados en una sola ráfaga de bits, el estándar ATSC utiliza la modulación 8-VSB (8 level – Vestigial Side Band) la cual es una modulación de Amplitud de pulsos de 8 Niveles en banda base (8 PAM) trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida, seguido por un filtro que elimina la banda lateral inferior y un circuito que inserta una portadora, es decir es una modulación mono portadora e independiente de fase para evitar la mayor cantidad de distorsión. [11]

El mecanismo de funcionamiento del estándar Americano ATSC (Figura 2-7) se resume de la siguiente manera:

- a) Se comprime el Audio Dolby AC-3, junto con la banda base del video Digital en formato MPEG-2, más los datos complementarios del canal.
- b) Dicho contenido se multiplexa en una sola ráfaga la cual tendrá una velocidad de 19,4 Mbits/segundo.
- c) Cuando los datos salen del codificador MPEG-2 pasan a través de correctores de error llamados Red-Solomon y Trellis.
- d) Se le inserta los sincronismos y la señal piloto que se encargará de sincronizar el sistema.
- e) Finalmente ingresa en el modulador 8-VSB.

La principal desventaja de este estándar es que tanto AC-3 (usado para la compresión del audio) y la modulación VSB están patentados, además la implementación resulta compleja y costosa.



**Figura 2- 7.** Estructura del Estándar ATSC

### 2.6.2 Estándar Europeo DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)

El estándar Europeo especifica tanto los procesos de codificación de canal y de modulación para la transmisión terrestre de video y audio digital, los canales operan con anchos de banda de 8MHz y 6MHz. Dependiendo de parámetros de codificación, modulación y ancho de banda de transmisión las tasas de datos en DVB-T varían entre 3,73 Mbps y 23,75 Mbps para bandas de 6 MHz y para de 8 MHz, están en el rango de 4,98 Mbps y 31,67 Mbps. [5]

Tanto el sistema Europeo (DVB-T) como el sistema Americano (ATSC) están basados en compresión MPEG-2 y la codificación de canal sigue una estructura parecida en parámetros de aleatorización, codificación de bloque, entrelazado interno, y codificación convolucional de Trellis, pero existe dos diferencias claramente marcadas. La primera diferencia es que para la codificación del audio el sistema Europeo sigue las recomendaciones del formato MPEG 2 para estéreo y sonido envolvente en lugar del utilizado en el estándar Americano ATSC que utiliza la codificación AC-3. La segunda diferencia es la técnica de modulación, ya que el sistema Europeo utiliza el

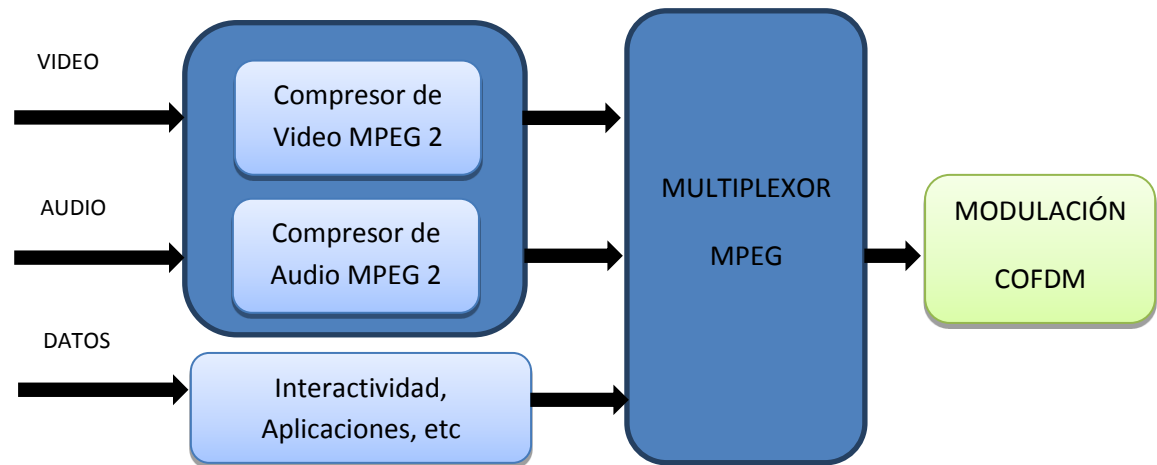


Multiplexado por división de Frecuencia Ortogonal o (COFDM) en lugar del sistema Americano que utiliza el 8 VSB. [12]

Al utilizar la modulación OFDM el sistema Europeo divide un canal de frecuencia, en un número determinado de bandas de frecuencias, en cada banda se transmite una subportadora que transporta una porción de la información del usuario, las subportadoras son ortogonales entre sí y pueden ser moduladas con constelaciones de 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM. Además combinando la codificación para la corrección de errores con la modulación multiportadora se obtiene una transmisión de tipo COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). [12]

El mecanismo de funcionamiento del estándar Europeo DVB-T (Figura 2-8) se resume de la siguiente manera:

- a) Se comprime el Audio con la norma MPEG 2, junto con la banda base del video Digital en formato MPEG-2, más los datos complementarios del canal.
- b) Dicho contenido se multiplexa en una sola ráfaga la cual tendrá una velocidad de 3,73 Mbps y 23,75 Mbps para bandas de 6 MHz y para 8 MHz, están en el rango de 4,98 Mbps y 31,67 Mbps.
- c) Cuando los datos salen del encoder MPEG-2 pasan a través de correctores de error llamados Red-Solomon y Trellis.
- d) La ráfaga de información ingresa en el modulador COFDM



**Figura 2- 8.** Estructura del Estándar DVB-T

### 2.6.3 Estándar Japonés ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial)

El estándar Japonés fue diseñado para transmitir tanto HDTV (TV de alta definición), como también SDTV (TV de definición estándar), permitiendo hasta ocho programas simultáneos variando la calidad de cada uno de ellos.

El Estándar Japonés utiliza la tecnología de codificación y compresión de video MPEG 2, la cual soporta varios tipos de calidad de video/formatos, mientras que para la codificación y compresión de Audio, el estándar ISDB-T utiliza la norma MPEG-AAC para obtener alta calidad y compresión, soportando varios tipos de audio calidad/formato. [13]

El sistema ISDB-T al igual que el estándar Europeo, utiliza la modulación COFDM para transmitir canales con un ancho de banda de 6 MHz pero las portadoras están agrupadas en 13 segmentos, por lo que la modulación toma el nombre de COFDM-BST (Orthogonal Frequency Division Multiplex – Band Segmented Transmission). Donde cada segmento de datos contiene su propio esquema de protección es decir su propia velocidad de codificación de código interno y su propia profundidad en el entrelazado temporal, así como también su propio tipo de modulación (QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM). [14]

Esta segmentación permite transportar varios servicios como HDTV, SDTV y LDTV para servicios de baja velocidad de transferencia que se le conoce como

“One-Seg” debido al pequeño segmento asignado exclusivamente para la portabilidad de la televisión abierta el cual fue pensado para transmitir televisión de baja resolución en teléfonos celulares. [15]

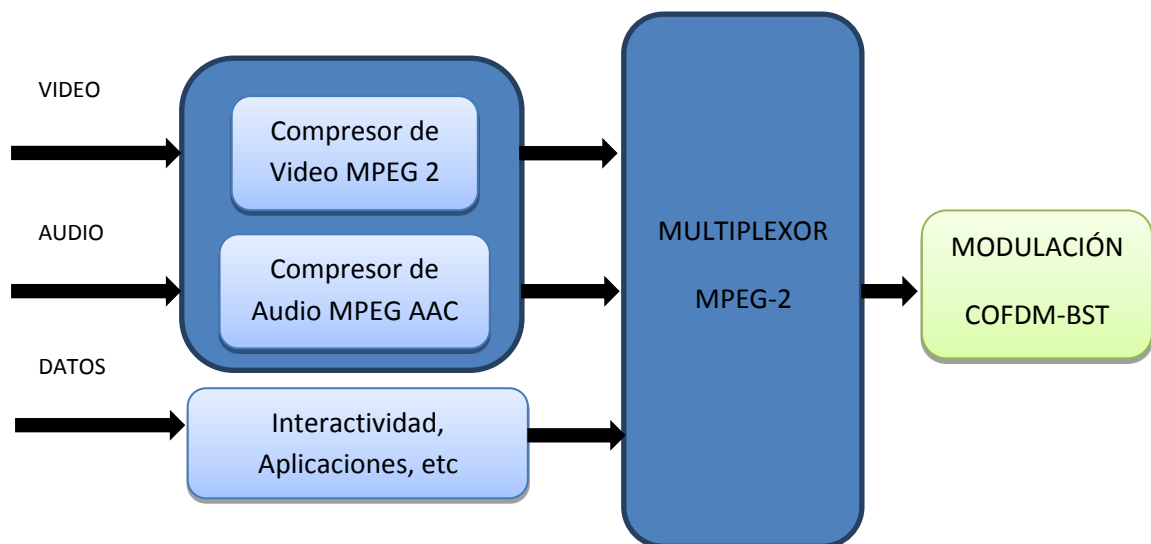
Existen varias características importantes dentro del sistema ISDB-T, las más destacables son:

- Flexibilidad y calidad en el servicio ya que los receptores ISDB-T soportan en un solo receptor la variación en los servicios de transmisión, tales como HDTV, HDTV + SDTV, multi SDTV, etc.
- Robustez contra pérdidas por multitrayectoria, ruidos urbanos, desvanecimiento y cualquier otra interferencia.
- Permite la utilización de contenido multimedia, multicanal, servicio de recepción fija y móvil, interactividad, utilización de Guías de Programación (EPG), etc.
- Utiliza efectivamente el espectro ya que brinda la posibilidad de reducir el número de frecuencias, es decir SFN (Single Frequency Network-Isocrecuencia), entre otras.

El mecanismo de funcionamiento del estándar ISDB-T (Figura 2-9) se resume de la siguiente manera:

- a) Se comprime y codifica el Audio con la norma MPEG-AAC, junto con la codificación y compresión del video Digital en formato MPEG-2, más los datos complementarios del canal.
- b) Se genera un flujo de transporte llamado (Transport Stream) de la siguiente manera:
  - Se forma un **Elementary Streams** (ES) es decir se da formato a los datos y se comprimen las señales de audio y video.

- Los Elementary Streams son almacenados en paquetes de tamaño variable llamados **Packetized Elementary Stream** (PES)
  - Finalmente se realiza un primer nivel de Multiplexación que combina el audio, el video, y datos en 1 solo flujo de paquetes de longitud constante de 188 bytes. [16]
- c) El Transport Stream tiene una velocidad de 16.85 Mbps para la recepción fija, mientras que para la recepción móvil es de 416 Kbps.
- d) La ráfaga de información ingresa en el modulador COFDM-BST.



**Figura 2- 9.** Estructura del Estándar ISDB-T

#### 2.6.4 SBTVD (Sistema Nipo-Brasileño de Televisión digital Terrestre)

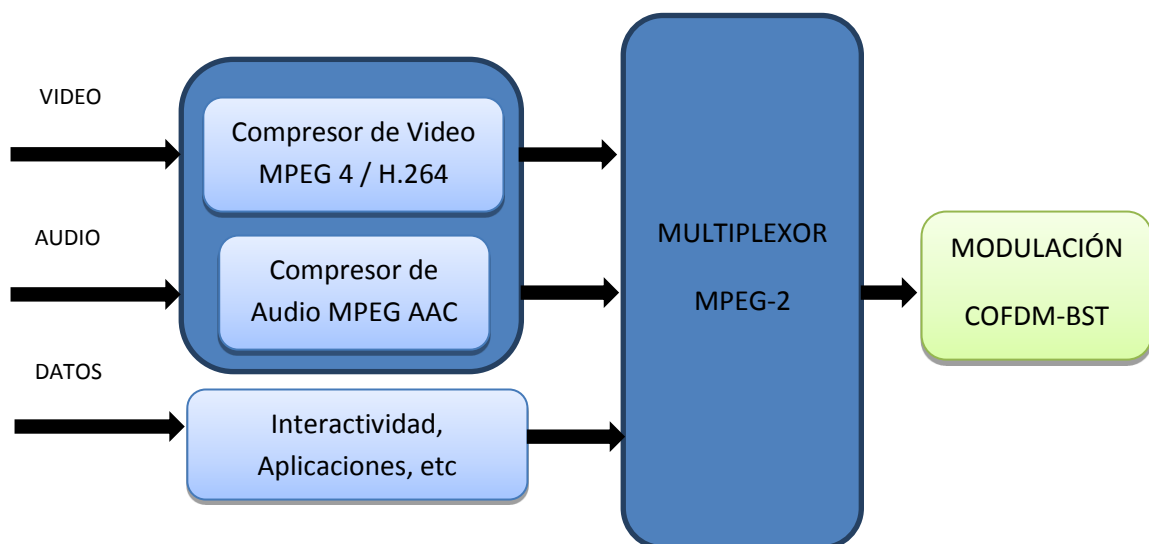
Brasil optó el estándar ISDB-T para adaptarlo a sus propias necesidades, se le conoce con el nombre de ISDB-Tb (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial Built in), la cual posibilita tener una transmisión digital en alta definición (HDTV) y en definición estándar (SDTV), transmisión digital simultánea para recepción fija, móvil y portátil, así como también interactividad. [5]

El ancho de banda asignado para cada canal es de 6 MHz, la codificación y compresión de audio es por medio de MPEG AAC y la codificación y

compresión del video son las principales diferencias entre el estándar Japonés y el Brasileño, ya que el estándar japonés utiliza la norma MPEG 2 mientras que el estándar Brasileño utiliza el códec de video H.264/MPEG 4. [5]

En cuanto a las características del estándar Brasileño son las mismas presentadas en la del estándar Japonés, con la inclusión de poder utilizar un Middleware propio brasileño para la generación de contenido y manejo de interactividad llamado GINGA.

En cuanto a la modulación de la señal el estándar Brasileño utiliza el mismo mecanismo llamado COFDM-BST (Orthogonal Frequency Division Multiplex – Band Segmented Transmission), el cual permite transmitir canales cuyas portadoras están agrupadas en 13 segmentos, como en el caso del estándar Japonés, cada segmento de datos contiene su propio esquema de protección es decir su propia velocidad de codificación de código interno y su propia profundidad en el entrelazado temporal, así como también su propio tipo de modulación (QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM), de esta manera el estándar Brasileño admite el transportar varios servicios como HDTV, SDTV y servicios de baja velocidad de transferencia pensado para transmitir televisión de baja resolución en teléfonos celulares llamado “One Seg”. [13]. La estructura del Estándar ISDB-Tb se lo puede visualizar en la Figura 2-10.



**Figura 2- 10.** Estructura del Estándar ISDB-Tb

### **2.6.5 Estándar Chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting)**

El Estándar Chino es el resultado de combinar varias tecnologías e incluye derivaciones de los estándares antes mencionados, permitiendo la transmisión de varios canales por una misma frecuencia.

El estándar Chino trabaja con canales que poseen un ancho de banda de 8 MHz y 6 MHz, pero no establece una norma de compresión específica para el video, sino deja a libre elección de cada transmisora utilizar ya sea la norma MPEG2 o MPEG4, y para el audio el estándar DTMB utiliza la compresión en MPEG 2 y AVS (Audio Video Estándar). [17]

La modulación que establece el estándar Chino sale de la combinación de los otros estándares, es decir utiliza los 2 tipos de modulación, el TDS – OFDM (Time Domain Synchronous OFDM) para la modulación en definición Estándar, y la modulación 8 VSB para la modulación en alta definición (HDTV).

Está diseñado para redes de frecuencia única y redes de multifrecuencia, desde sus inicios este estándar ha incluido soporte para dispositivos móviles como celulares, y reproductores multimedia. Es capaz de transmitir HDTV de calidad aceptable a vehículos en movimiento a velocidades de hasta 350 KM/h. [18]

### **2.7 Estándar de Televisión digital en Ecuador**

El Presidente Constitucional del Ecuador Econ. Rafael Correa Delgado, realizó una reforma al artículo 10 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, disponiendo que: “La investigación de nuevas tecnologías de radiodifusión y televisión, serán realizadas únicamente por la Superintendencia de Telecomunicaciones” [19], es por este motivo que la SUPERTEL fue el ente encargado de realizar todas las pruebas técnicas a los diversos estándares de televisión digital, para juntamente con un análisis socioeconómico, político e integración, regulatorio y de cooperación internacional se pudiera seleccionar el Estándar adecuado para el Ecuador.





Por este motivo, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) el 26 de marzo de 2010 acogió la recomendación de la Superintendencia de Telecomunicaciones, oficializando que la norma japonesa - brasileña **Sistema Nipo-Brasileño de Televisión digital Terrestre (SBTVD) o Integrated Service Digital Broadcasting –Terrestrial Built in (ISDB-Tb)**, sea el estándar que el Ecuador acoja para la transmisión de Televisión digital.

La Superintendencia de Telecomunicaciones en su informe realizó múltiples estudios y pruebas técnicas de cada uno de los estándares, así como también varias investigaciones de los usos y preferencias televisivas en Ecuador, un análisis del impacto socioeconómico, la cooperación internacional, políticas e integración, y un análisis regulatorio para la implementación de la televisión digital terrestre conjuntamente con un plan de comunicación y socialización. Con todos estos parámetros destaca en su informe los siguientes aspectos:

- a) **Estudios y Pruebas Técnicas.-** Definió la evaluación del desempeño de cada uno de los estándares, en las diferentes condiciones consideradas en el protocolo de pruebas.
- b) **Impacto Socioeconómico.-** Evaluó la oferta y demanda del servicio, es decir tanto el impacto de las inversiones de las operadoras de televisión como las repercusiones económicas en los televidentes.
- c) **Cooperación Internacional.-** En este parámetro se estudió los beneficios de cooperación con los diferentes países al escoger cada estándar.
- d) **Despliegue.-** Se evaluó la penetración mundial del estándar, el potencial de población a servir, despliegue efectivo actual y los años de existencia del estándar.

[5]

De los 4 aspectos mencionados, el orden de importancia para escoger un estándar en el Ecuador fue el siguiente: el Impacto Socioeconómico y la

Cooperación Internacional tiene el mayor grado de importancia, luego las pruebas técnicas y finalmente el despliegue.

La evaluación realizada por la Superintendencia de Telecomunicaciones contribuyó con los siguientes resultados:

- En el estudio Socioeconómico el estándar japonés – brasileño (ISDB-Tb) es el que mayor beneficio da al país ya que la inversión para las distintas transmisoras y para los televidentes es mucho menor al que se tuviera con la inclusión del resto de estándares.
- El Estudio de Cooperación Internacional mostró que el estándar Europeo (DVB-T) es el que más aportaría en cuanto a cooperación con otros países.
- Las Pruebas técnicas nos dan como resultado que el estándar Chino (DTMB) es el que obtuvo mayor grado de desempeño,
- Finalmente en cuestión de despliegue el estándar Europeo era el de mayor beneficio. [5]

Para la toma de una decisión, el Estado Ecuatoriano utilizó un criterio de evaluación resumido en la siguiente tabla:

RESULTADOS DE LA EVALUACION					
ASPECTOS	IMPORTANCIA	Estándar Americano ATSC	Estándar Japonés-Brasileño ISDB-T/SBTVD	Estándar Europeo DVB-T	Estándar Chino DTMB
ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	MUY ALTA	4º	1º	3º	2º
COOPERACIÓN INTERNACIONAL	MUY ALTA	4º	2º	1º	3º
PRUEBAS TÉCNICAS	ALTA	4º	2º	3º	1º
DESPLIEGUE	MEDIA	3º	2º	1º	4º

**Tabla 2- 1.** Resultados de la Evaluación – SUPERTEL

Fuente: SUPERTEL

Como se puede observar en la Tabla 2-1, en los aspectos de mayor importancia, el estándar japonés – brasileño es el que presta mayores beneficios para el Ecuador, es por este motivo que el CONATEL acogiendo este informe en el 2010 oficializó que el estándar ***Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial Built in (ISDB-Tb)*** sea el adecuado para que rija la televisión digital en el Ecuador.

Los aspectos técnicos del estándar ISDB-Tb serán especificados a detalle en el capítulo tres, de entre los más importantes tenemos los siguientes:

- Cuenta con alta calidad ya que utiliza un ancho de banda de 6 MHz, para transmitir un canal de televisión de alta definición (HDTV) o tres canales de televisión en definición estándar (SDTV) y un canal para teléfonos móviles.
- Utiliza en forma efectiva el recurso de frecuencias, ya que para reducir dichas frecuencias existe la posibilidad de utilizar SFN (Single Frequency Network - Isofrecuencia).
- Se tiene la posibilidad de contar con servicios interactivos con transmisión de datos como juegos o compras vía línea telefónica o Internet de banda ancha.
- Es un estándar que brinda robustez, ya que es fuerte contra pérdidas por multitrayectoria, ruidos urbanos, desvanecimiento, y en general contra interferencias
- Permite seleccionar la transmisión entre dos y tres canales SDTV en lugar de uno solo en HDTV, mediante el multiplexado de canales SDTV. La combinación de estos servicios puede ser cambiada en cualquier momento.
- Este sistema permite tanto una recepción móvil, fija, y portable. [16]





## Resumen de capítulo

En éste capítulo se analizó varios aspectos introductorios sobre la televisión digital, se describió las ventajas y desventajas respecto a la televisión analógica. Se explicó la estructura general para el sistema de transmisión y recepción de la señal digital. Se realizó una breve reseña técnica de cada uno de los estándares internacionales de televisión digital existentes. Con lo que finalmente se mencionó los mecanismos de selección empleados por los entes regulatorios para la adopción del estándar en el Ecuador.

2013

# CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA  
TRASMISIÓN Y RECEPCIÓN EN ISDB-Tb





El tercer capítulo, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN ISDB-Tb, tiene como finalidad abordar todos los temas concernientes a la estructura de transmisión y recepción en el estándar adoptado por el Ecuador (ISDB-Tb). En principio se explicará la división del espectro radioeléctrico para dicho estándar. Posteriormente se detallará cada aspecto correspondiente a la transmisión de una señal digital según la norma brasileña, es decir: codificación de video, audio y datos, paquetización (PES), estructura de las tablas PSI/SI, generación del Transport Stream y modulación de la señal. Luego se especificará la estructura de recepción para dispositivos fijos, portátiles y móviles. Finalmente se analizará los servicios de: Guía de Programación Electrónica (EPG) e interactividad en TV digital.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN ISDB-TB

### 3.1 División del espectro radioeléctrico para ISDB-Tb

La Norma japonesa-brasileña (ISDB-Tb) fue pensada para trabajar con canales con anchos de banda de 6 MHz, 7 MHz y 8 MHz; pero el ancho de banda del canal que se utiliza para la difusión de televisión digital es el mismo que utilizan los canales de televisión Analógica, es decir 6 MHz. Esto principalmente es para evitar problemas al momento de dividir nuevamente el espectro radioeléctrico. [20]

Para la radiodifusión de la mayoría de servicios y particularmente de la televisión digital es necesario dejar ciertos márgenes tanto por encima como por debajo de los límites del canal que está asignado, ya que estos ayudan a evitar las posibles interferencias sobre los canales adyacentes, a estos márgenes se les conoce como “**Bandas de Guarda**”. [21]

Las Bandas de Guarda para frecuencias de UHF y VHF por lo general tienen un ancho entre 20 KHz y 200 KHz, esto depende de la forma de la onda o pendiente que presentan las curvas de respuesta en frecuencia espectral de una señal, es decir del tipo de servicio a transmitirse. El estándar japonés – brasileño (ISDB-Tb) asigna dos bandas de guarda con un ancho de 200 KHz cada una, las cuales se deben considerar dentro de los 6MHz ya que 400 KHz no podrán ser utilizados para la transmisión de datos. [20]

El número de segmentos que pueden ir en la banda de 6 MHz se deduce de la siguiente ecuación:

$$N_s = \frac{B_{wc}}{B_{ws}} = \frac{6 \text{ MHz}}{0,400 \text{ MHz}} = 15 \text{ segmentos}$$

Donde: **Ns**.- Número de segmentos

**Bwc**.- Ancho de Banda del canal

**Bws**.- Ancho de banda de 1 segmento.



Adicionalmente, la Norma ISDB-Tb nos permite brindar un servicio “One Seg” el cual fue diseñado para transmitir televisión de baja resolución en teléfonos celulares. Este es un servicio de banda angosta, ya que utiliza un solo segmento ubicado en el centro de los 6 MHz para su transmisión. Se encuentra ubicado en el centro de la banda para que el receptor consuma la menor cantidad de energía posible al momento de sintonizarlo. [22]

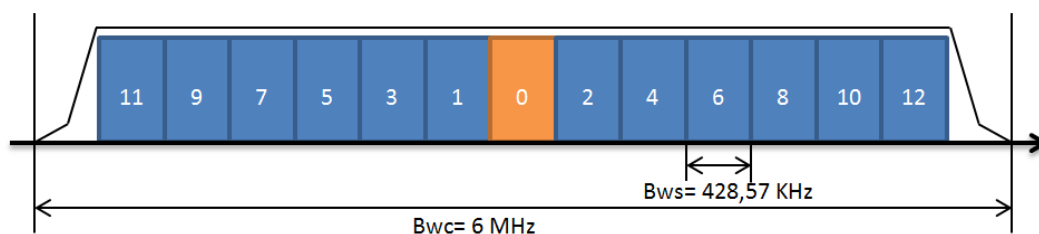
Debido a que el segmento destinado al servicio One Seg debe ocupar el centro de la banda, se deja igual cantidad de segmentos a la derecha y a la izquierda del mismo, por lo tanto la banda se debe dividir en 14 segmentos en lugar de 15 y además reservar uno de ellos para distribuir entre las dos bandas de guarda.

Por este motivo el ancho de cada segmento es:

$$B_{ws} = \frac{B_{wc}}{14} = \frac{6000 \text{ KHz}}{14} = 428,5714 \text{ KHz}$$

Por lo tanto el estándar ISDB-Tb cuenta con 13 segmentos (Figura 3-1) disponibles para el servicio, donde cada segmento tiene un ancho de banda de 428,5714 KHz. Esto quiere decir que el ancho de banda de los 13 segmentos a ser ocupados para servicios es:

$$B_{wc} = N_s * B_{ws} = 13 * 0,4285714 \text{ MHz} = 5,570 \text{ MHz}$$



**Figura 3- 1.** Segmentación del canal – Estándar ISDB-Tb

Una de las características importantes del estándar ISDB-Tb es la forma en la que organiza la información a ser transmitida. Lo hace en un modo jerárquico,



de tal manera que tanto la tasa de código interno, la duración del intervalo de guarda y el sistema de modulación pueden ser establecidos en forma independiente. Por lo tanto se puede transmitir flujos de datos para recepción tanto móvil, fija y portátil de manera simultánea garantizándonos que dentro de los 13 segmentos se puede transportar múltiples servicios como: HDTV (High Definition Television), SDTV (Standard Definition Television) o LDTV (Low Definition Television). [23]

### 3.2 Estructura de transmisión en el estándar ISDB-Tb

La Norma ISDB-Tb establece cinco factores esenciales para la transmisión de una señal de televisión digital, en la misma que viaja video, audio y datos. Dichos factores son:

- Codificación
- Paquetización (PES)
- Tablas PSI/SI
- Formación del Transport Stream (TS).
- Modulación

#### 3.2.1 Codificación.

La codificación se encarga de gestionar por separado al video, al audio y los datos, es decir se forman paquetes de tamaño variable que dependen de la calidad del video y audio, de tal manera que tanto el video como el audio se compriman independientemente formando cada uno de ellos un flujo de datos, este flujo de datos se le conoce como ***Elementary Stream (ES)***.

La codificación de audio, video y datos es una característica importante para el desarrollo de la televisión digital. Existen diferentes mecanismos de codificación cuya finalidad es conseguir una mayor optimización del espectro radioeléctrico, así como también una mejor calidad en la recepción.

Para los diferentes estándares internacionales de televisión digital se han seleccionado varias tecnologías, aplicativos, mecanismos de codificación,



compresión, transporte y modulación según las características técnicas que brindan, patentes, etc.

Los procesos de: compresión, descompresión, procesamiento y representación codificada de audio y video correspondiente a los formatos MPEG (Moving Picture Experts Group), han sido desarrollados en conjunto por la Organización Internacional para la Estandarización y la Comisión Electrotécnica Internacional (ISO/IEC). [24]

El estándar de televisión digital brasileño ISDB-Tb respecto a su estándar original japonés ISDB-T presenta algunas modificaciones importantes para la codificación de video y datos. Una modificación es la elección del formato de compresión de video digital MPEG-4 (versión H.264) en lugar de MPEG-2 (H.262) utilizado por Japón. Esto debido a que presenta mejoras significativas gracias al aumento de la complejidad computacional que le proporciona nuevas características frente a sus antecesores MPEG-1 y MPEG-2. Además que, al momento en el que Japón desarrollo su estándar, el protocolo MPEG-2 era el más evolucionado. [16]

El análisis y las recomendaciones de los diferentes parámetros de transmisión y recepción, incluyendo la codificación de audio, video y datos, es realizado por diferentes entes designados por cada estándar. Para el estándar brasileño, adoptado por nuestro país, se ha creado un foro de normalización llamado La Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) formado por representantes de los sectores involucrados, tales como: productores, consumidores y partes neutrales (universidades, laboratorios y otros). [16]

### **3.2.1.1 Codificación de audio**

La codificación de audio para el estándar brasileño de televisión digital utiliza la misma compresión que la del estándar japonés (MPEG-2). Existen diferentes versiones para MPEG-2, pero la seleccionada para el audio digital es la denominada MPEG-2 AAC. Además, para la codificación de audio en este estándar se considera tanto parámetros de transmisión como de recepción



para dichas señales, así como también el sistema de codificación y sistema de decodificación de sonido a utilizar.

➤ **Condiciones generales de audio**

Las condiciones generales para el formato de entrada de audio son:

- a) Frecuencia de muestreo de la señal de audio: 32 kHz, 44.1 kHz o 48 kHz.
- b) Establecer que la tasa de muestreo para las señales estéreo y multicanal sea la misma.
- c) La cuantificación de las señales de entrada deben emplear 16 o 20 bits.
- d) Un programa de audio tendrá por lo menos un canal de audio y el máximo de canales en el programa se limitará al máximo permitido por la norma para Codificación de Objetos Audiovisuales (ISO/IEC 14496-3:2005).
- e) Se recomienda que la multiprogramación acoja la recomendación para el Sistema de Sonido Estereofónico Multicanal con o sin acompañamiento de imagen (UIT BS.775-1).
- f) En el caso de que se transmita un solo programa sin la transmisión multicanal de un programa estéreo, el programa estará en modo multicanal 3/2 con o sin adición de enriquecimiento de las bajas frecuencias.

[25]

➤ **Parámetros de Configuración**

Entre los principales parámetros para la configuración del audio, se tiene:

- Formatos: que deben ser obligatoriamente flujo de bits o archivos que contengan bits de audio digital sin comprimir en formato PCM como por ejemplo el formato wave, estéreo y multicanal.
- Interfaces: para entrada/salida digital permitida, obligatoriamente debe estar AES3 (AES/EBU, contenido de dos canales PCM por flujo de datos), SDI, HD-SDI y HDMI.



- Niveles de la señal de audio: el nivel de referencia para la intensidad o presión acústica debe ser igual a 0 dB para permitir la coherencia en volumen entre los diferentes canales. La señal debe adaptar picos de por lo menos 4 veces su potencia media RMS.
- Modos o configuraciones multicanal: se refiere a la configuración multicanal utilizado, al número de canales disponibles en el flujo de bits y la forma de codificar estos canales. El número de canales de fuente de audio debe ser al menos una de configuración básica (dos canales estéreo estándar típicas y cinco de baja frecuencia o LFE para la transmisión multicanal estándar).
- Metadatos: Los datos auxiliares deben contener información sobre descripciones del contenido de los programas de audio, parámetros de configuración de los servicios y parámetros de las señales de audio transmitidos en el flujo de bits.

[25]

#### ➤ **Servicios de Audio y Canales**

Los servicios de audio pueden incluir la transmisión de programas adicionales al programa principal. Dicha transmisión debe ser realizada mediante la asignación de los canales adicionales auxiliares de audio, respetando el número máximo de canales permitidos en el flujo de bits para el perfil/nivel de codificación utilizado.

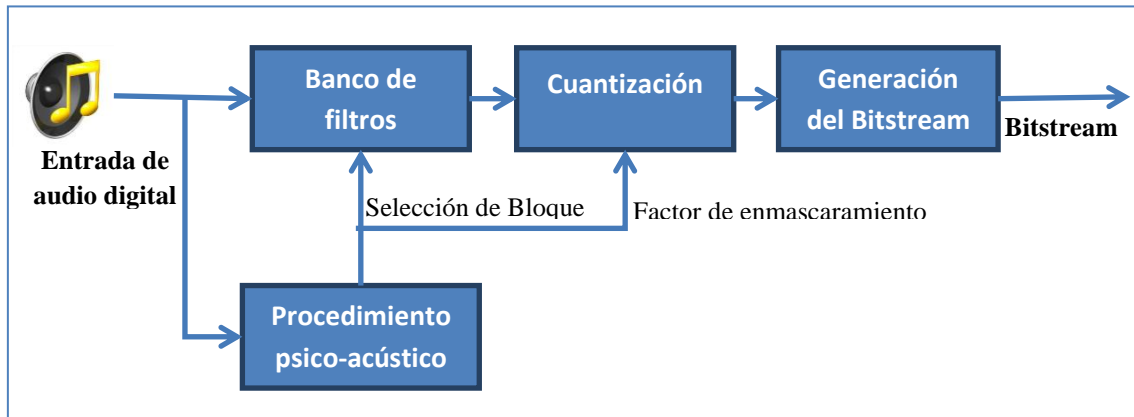
Los canales adicionales al programa principal pueden ser utilizados para transmitir audio en otros idiomas, para transmitir audio de descripción de servicio (DA), para transmitir programas adicionales para programa de audio primario y secundario tomado de otro sonido, por ejemplo efectos.

#### ➤ **Sistema de codificación de audio**

Para el sistema de codificación de audio, las señales deben ser codificadas por una transformada combinada en tiempo y en frecuencia. La transformada de frecuencia debe descomponer la señal de entrada en sus componentes de frecuencia utilizando la transformada discreta del coseno DCT (Discrete Cosine

Trasnsform) cuando la cantidad de información se reduce, disminuyendo la desviación de frecuencia en cada componente. [25]

En la siguiente figura se describe en forma general la codificación estándar de los procedimientos para la compresión y transmisión de audio.



**Figura 3- 2.** Procedimiento para transmisión y codificación de audio

El banco de filtros convertirá la señal de audio digital del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Posteriormente, aplicará la transformada discreta de coseno y funciones modificadas de ventanas a bloques de la señal de entrada, de acuerdo con las características fisiológicas audibles.

Los procesos psico-acústicos necesitan calcular la cantidad de enmascaramiento (umbral de discriminación entre una señal específica de audio de otra señal) para alimentar el banco de filtros con los bloques de la señal de entrada.

Las muestras se cuantifican después de su transformación por el banco de filtros basado en el factor de enmascaramiento que es calculado para los procesos psico-acústicos. Así, el número total de bits usados por cada bloque no será excedido.

### ➤ **Compresión de Audio MPEG-2 AAC**

MPEG-2 AAC es un estándar utilizado para la codificación de audio de muy alta calidad, las especificaciones conocidas como capas del formato MPEG forman parte de la familia de algoritmos de codificación, AAC específicamente permite:

- Una tasa de muestreo desde 8 kbps (para la señal monofónica de voz) hasta 96 kbps con capacidad multicanal.
- Disponibilidad de hasta 48 canales.
- Multilinguaje y multiprogramación.
- Hasta 160 kbps/canal para una codificación de muy alta calidad.
- El Bitrate soportado dependerá del perfil.

[25]

### Perfiles y niveles de MPEG-2 AAC

En cuanto a los perfiles y niveles del estándar MPEG-2 AAC se permitirá:

Perfil	Descripción / Nivel	Bitrate
AAC-LC (Low Complexity- Baja Complejidad):	Perfil básico de la norma AAC, niveles L2 y L4.	16KBps hasta 448 KBps
HE-AAC (High Efficiency – Alta Eficiencia)	Perfil avanzado que coincide con el perfil LC mediante la herramienta SBR (Spectral Band Replication), niveles	16KBps hasta 128 KBps
HE-AACv2	Perfil combinado con la herramienta PS (Parametric Stereo) y es el más eficiente en calidad de audio.	12KBps hasta 56 KBps

**Tabla 3- 1.** Perfiles y niveles para el estándar de audio

[25]

#### 3.2.1.2 Codificación de video

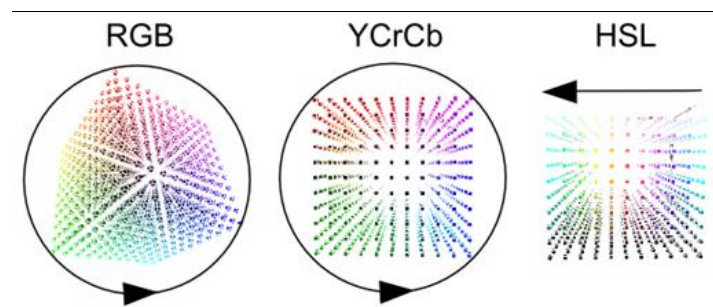
Los sistemas de codificación deben garantizar la interoperabilidad que permite la comunicación entre los dispositivos de diferentes fabricantes. Las estrategias de codificación para ser implementadas por cada fabricante deben ser compatibles con la codificación de vídeo estándar. [26]

Los mecanismos de codificación de video tanto para la definición estándar (SD) como para la alta definición (HD) no se limitan al formato de adquisición de la señal de entrada (ya que es posible la conversión del formato) sino a características de composición y sincronismo que son comunes para señales analógicas y para digitales. Para la codificación de vídeo en baja resolución (one-seg), tampoco se especifican formatos de señal ya que los parámetros para este caso son más flexibles y cubren una mayor diversidad de formatos.

### ➤ **Compresión de video**

El sistema de compresión de vídeo para el estándar brasileño está basado en la recomendación H.264 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). El objetivo de la compresión es representar con menos bits la información original. En el caso de la compresión de vídeo se explota redundancias espaciales y temporales con el fin de reducir la representación del vídeo original por razones de almacenamiento y/o transmisión. [27]

Una de las características para la eficiencia de la codificación se basa en los espacios de colores utilizados para representar digitalmente un archivo de imagen o video. Estos espacios pueden ser: RGB, YCbCr o HSL (Figura 3-3). Dichos espacios de colores muestran la misma información, solo que graficada de diferente manera, es decir que depende del tipo de coordenadas empleadas. [28]



**Figura 3- 3.** Espacios de colores para la representación digital de un archivo

Para la compresión de video se utiliza el espacio YCbCr debido a que la visión humana es más sensible a la luminancia (Y) que a la crominancia ( $C_R C_B$ ), es por eso que los formatos de compresión aumentan la eficiencia de codificación



disminuyendo la tasa de muestreo de los componentes de crominancia con relación a los componentes de luminancia, obteniendo así una tasa de compresión de hasta 50% con respecto a la del formato RGB. Las señales de luminancia y crominancia necesariamente se determinan por las ecuaciones siguientes:

$$Y = INT [ 219 D E'_Y + 16 D + 0.5 ]$$

$$C_R = INT [ 224 D E'_{CR} + 128 D + 0.5 ]$$

$$C_B = INT [ 224 D E'_{CB} + 128 D + 0.5 ]$$

Donde:

**D** : es un valor numérico de "1" o "4" según si la cuantificación usada es de 8 o 10 bits, respectivamente.

**INT [R]** : es la parte entera de un número real R.

**C<sub>R</sub> y C<sub>B</sub>** : son valores numéricos de las señales digitales para el color complementario respecto al rojo y azul, respectivamente.

**E'<sub>Y</sub>, E'<sub>CR</sub>, E'<sub>CB</sub>** : Son valores numéricos de luminancia y crominancia de las señales analógicas

[29]

Estos valores de luminancia y crominancia definen la resolución de las señales según la diferencia de las componentes constantes, tal como se indica en la siguiente tabla:

SD	HD
$E'_Y = 0.299 E'_R + 0.587 E'_G + 0.114 E'_B$	$E'_Y = 0.2126 E'_R + 0.7152 E'_G + 0.0722 E'_B$
$E'_{CR} = (E'_R - E'_Y)/1.402$	$E'_{CR} = (E'_R - E'_Y)/1.5748$
$E'_{CB} = (E'_B - E'_Y)/1.772$	$E'_{CB} = (E'_B - E'_Y)/1.8556$

**Tabla 3- 2.** Ecuaciones para las señales SD y HD

[29]

En estas ecuaciones los niveles de tensión  $E'_R, E'_G$  y  $E'_B$  son normalizados en relación a una señal blanca de referencia como resultado de la correlación realizada en el lado del receptor para recuperar las señales  $E_R, E_G$  y  $E_B$ . Así se realiza la reproducción correcta de la intensidad de los componentes: rojo, verde y azul en la pantalla de televisión.

### ➤ Tipos de Codificación de video

Para la codificación de información, en la compresión del video se considera también la redundancia, que puede ser básicamente de tres tipos:

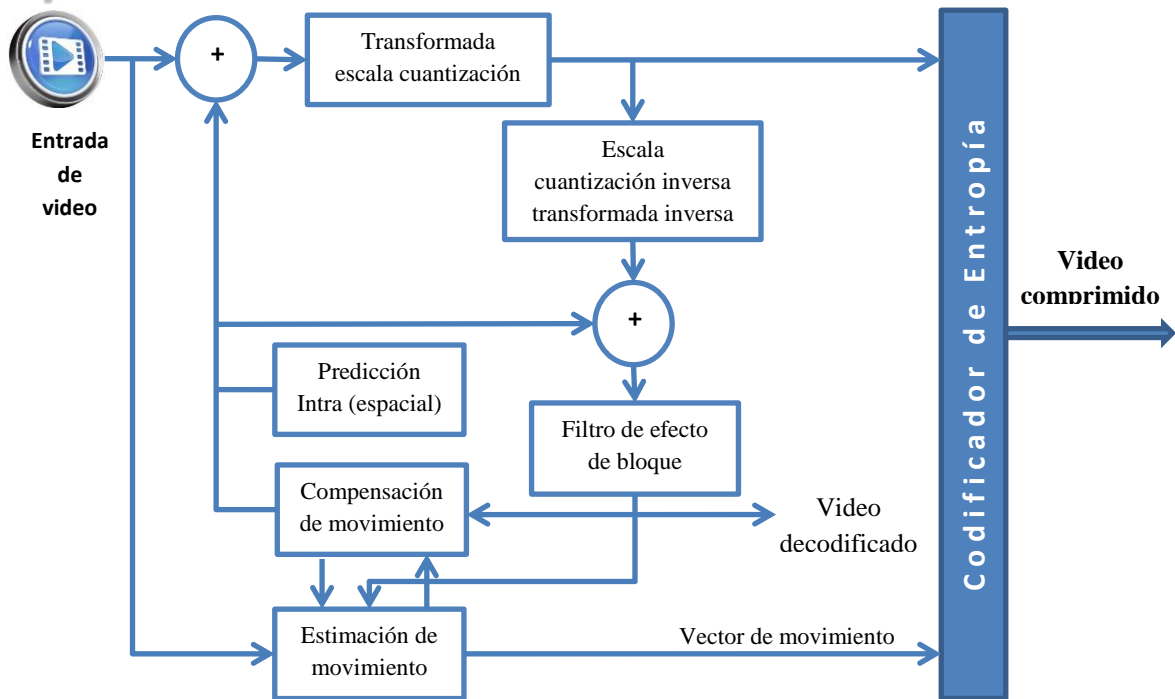
- Redundancia Espacial: Es una correlación para conjuntos de pixeles vecinos con valores semejantes, y se emplea la codificación Intra-Cuadro para el formato de compresión.
- Redundancia temporal: Es una correlación entre cuadros próximos entre sí en el tiempo, consiguiendo una alta tasa de compresión con una exploración eficiente denominada codificación Inter-Cuadros.
- Redundancia Entrópica: Se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de los símbolos de video codificados, es decir que mientras aumente la cantidad de nueva información, se disminuirá la probabilidad de ocurrencia de un nuevo símbolo.

[28]

### ➤ Procedimiento de compresión y transmisión de la señal de video

El proceso de estimación de movimiento se lleva a cabo mediante el particionamiento de macro-bloque el cual genera bloques con diferentes tamaños de muestras de luminancia. Los tamaños de dichos bloques puede ser de: 4x4, 4x8, 8x4, 8x8, 8x16, 16x8 o 16x16 muestras. A este proceso de estimación, se le añade un proceso denominado Predicción Intra (Espacial) que se aplica al macro-bloque de tamaño de 16x16 muestras o para cada uno de sus bloques de 4x4 muestras. Posteriormente se aplica procesos de transformación y cuantización, seguido de un filtro para la eliminación del efecto de bloque que será un proceso condicional en los extremos de los bloques de cada macro-bloque. [29]

En la siguiente figura, se presenta el esquema para la codificación de video:



**Figura 3- 4.** Esquema para la codificación de video

Como se indica en la Figura 3-4, la entrada de video ingresa a un sistema retroalimentado que comienza con la transformada de escala o cuantización de dicha señal. La salida resultante de esta cuantización se envía tanto al Codificador de Entropía como a una cuantización inversa que pasará a través de un flujo de efecto de bloque seguido de la estimación de movimiento. Esta estimación alimenta al bloque correspondiente a la Compensación del movimiento para obtener el Video decodificado. Una vez superada la estimación de movimiento, el Vector de movimiento resultante ingresará también al Codificador de Entropía para conseguir el video comprimido.

#### ➤ **Compresión MPEG-4 (Parte 10/AVC o H.264)**

El sistema de televisión digital brasileño utiliza una compresión MPEG-4 para la codificación de video debido a que este formato ofrece una mejora en la tasa de compresión así como una mayor eficiencia en la tasa de distorsión, brindando así una buena calidad de imagen para una menor cantidad de bytes de información. [16]

Otra característica de este formato es que no incrementa la complejidad de diseño, con lo que se consigue no elevar el precio de implementación además de ser flexible para ser empleado en gran variedad de redes y sistemas de: radiodifusión, redes de paquetes RTP/IP o sistemas de telefonía multimedia. [27]

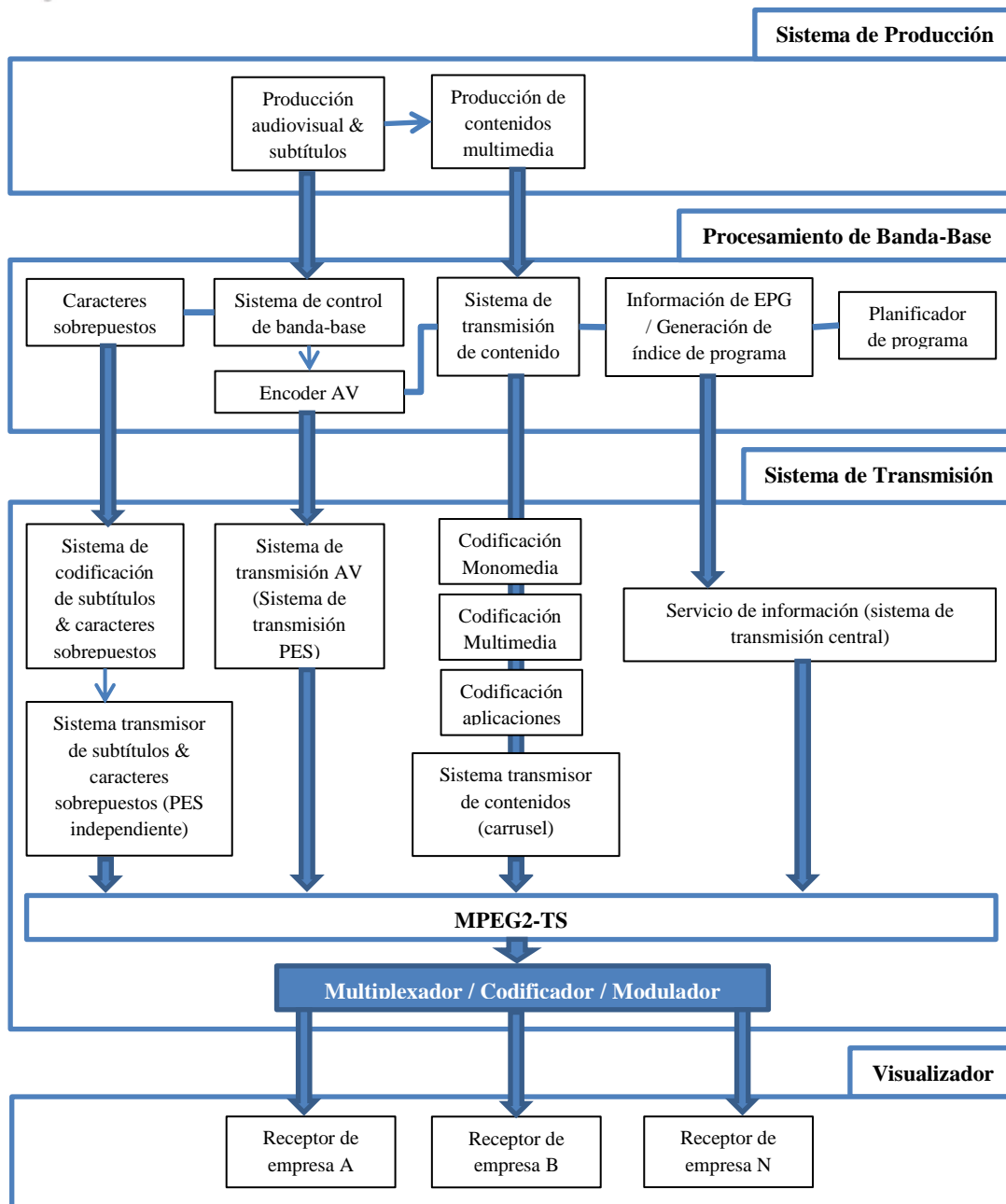
### **3.2.2.3 Codificación de datos**

Para que los receptores puedan recibir y mostrar los servicios de difusión de datos es necesario especificar algunas características como: arquitectura básica del sistema, las interfaces, la estructura para el ambiente de aplicaciones y la manera de transmisión de datos. [30]

#### **➤ Arquitectura básica del sistema**

La arquitectura básica contempla un modelo de referencia en el cual la implementación de los datos de servicio de radiodifusión debe estar de acuerdo con la Figura 3-5 que indica el proceso para la multiplexación, codificación y modulación de los datos. [31]

En este esquema comienza con un sistema de producción para contenidos multimedia y audiovisuales con subtítulos. Luego pasa a la etapa de Procesamiento de Banda-Base y al sistema de transmisión donde se encuentran los múltiples codificadores. Una vez codificado, multiplexado y modulado, estos contenidos se muestran para cada receptor en la parte de Visualización



**Figura 3- 5.** Proceso para la multiplexación, codificación y modulación

El sistema de difusión de datos debe estar de acuerdo con las siguientes interfaces:

- Codificación monomedia: es un sistema de codificación para imágenes, textos, etc. y será utilizado para la codificación multimedia.
- Codificación de subtítulos y caracteres sobrepuestos: es un sistema de codificación sobre la imagen.



- Codificación multimedia: es un sistema de codificación basado en XML adoptado como sistema de comunicación multimedia.
- Formato de transmisión de contenido: es usado para la transmisión de objetos y datos en forma de carrusel.
- Formato de transmisión de subtítulos y caracteres sobrepuestos: es un formato para la transmisión PES independiente destinado para la transmisión de subtítulos y caracteres sobrepuestos.
- Codificación de aplicaciones: es un sistema de codificación basado en Java, adoptado como un sistema de codificación de aplicaciones y sus características.

[31]

➤ **Modo de transmisión de datos**

En el sistema de difusión digital terrestre, los servicios de audio, video y datos deben ser multiplexados en MPEG2 TS, el cual será transmitido a través de una onda de radio. Dicha transmisión debe ser realizada por una de las siguientes maneras:

- Sistema de transmisión de datos mediante flujo de paquetes PES: destinado principalmente para servicios en tiempo real cuya información precisa del control de tiempo como audio, vídeo, subtítulos y datos sincronizados con otros flujos.
- Sistema de transmisión de datos mediante la capa de sección, utilizado por servicios que requieren el almacenamiento en el receptor. Los datos deben ser transmitidos de forma reiterada hasta que se complete la descarga en el lado receptor. Este sistema debe especificarse como un carrusel de datos y como carrusel de objetos.

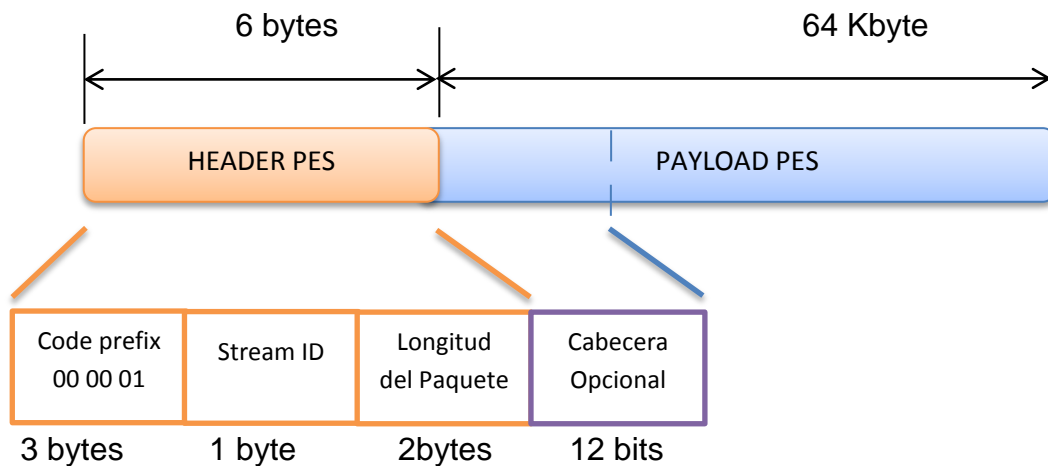
[32]

### 3.2.2 Paquetización (PES).

Los paquetes **Packetized Elementary Stream (PES)** son paquetes de tamaño variable con una longitud máxima de 64 Kbyte los cuales contienen los

Elementary Streams provenientes de la etapa de codificación, es decir transportan PES de video, Pes de audio y PES de datos. [33]

Los paquetes PES están formados por dos secciones: Cabecera y carga útil como lo muestra la figura 3.6



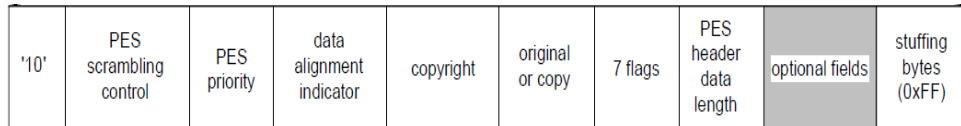
**Figura 3- 6.** Estructura del paquete PES

- **Header o Cabecera:** La cabecera se encarga de llevar información del tipo de datos que se transporta en cada paquete así como también incluye información de temporización para indicarle al decodificador cuando decodificar y presentar la trama.

La cabecera está formada por 3 partes: La primera es un **Prefijo de Código** el cual sirve para identificar el comienzo de un paquete, es por ello que siempre tiene el valor de 00 00 01, la longitud del prefijo es de 3 bytes. La segunda parte se encarga de identificar el tipo de contenido (audio, video o datos) que lleva el paquete, a esta parte se la llama **Stream ID**. La tercera parte se encarga de establecer la dimensión del paquete, es por ello que se lo conoce como Longitud del Paquete. Estas partes se las puede visualizar en la Figura 3.7. [24]

- **Payload o Carga útil:** esta sección contiene la información de video, audio o datos que van a ser transmitidos dentro del paquete PES. Esta parte cuenta con una cabecera opcional en la cual van varios flags.

- **Cabecera Opcional:** La cabecera opcional está formada por 10 campos y banderas las cuales indican la prioridad del paquete PES, copyright, varios bits de relleno y principalmente está formado por varios campos llamados “opcionales”. La figura 3-7 indica la estructura de la cabecera opcional del paquete PES.



**Figura 3- 7.** Estructura de la cabecera opcional del paquete PES

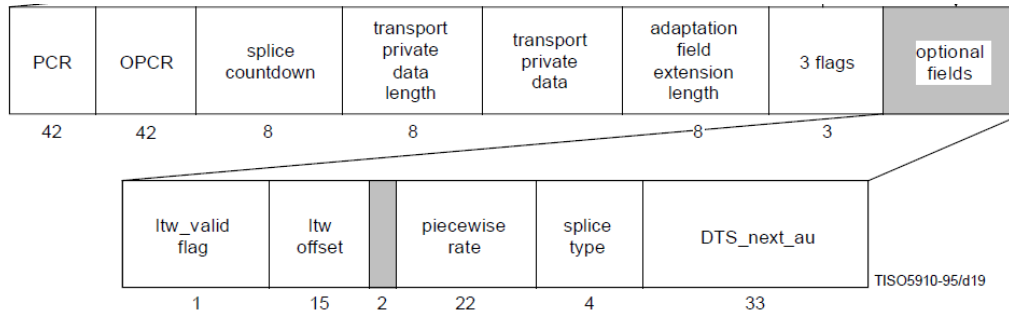
- **Campos Opcionales:** Los campos opcionales son aquellos que están conformados por 8 bloques (figura 3.8), entre los cuales están: splice countdown, transport private data, OPCR y 3 flags, los de mayor importancia son: Program Clock Reference (PCR), Presentation Time Stamp (PTS) y el Decoding Time Stamp (DTS) los cuales se encargan de sincronizar los Elementary Streams de video y audio para su recepción.

**Program Clock Reference (PCR):** Tiene una longitud de 42 bits y es utilizado para proporcionar una muestra de reloj de tiempo del sistema en el codificador de tal manera que al momento de la demultiplexación se asegura que los paquetes de video coincidan con los de audio.

**Presentation Time Stamp (PTS):** Es utilizado para indicar el instante en el que se retira una unidad de acceso de la memoria intermedia del receptor, instantáneamente decodificado y presentado para su visualización.



**Decoding Time Stamp (DTS):** Es un campo que se utiliza para controlar la alineación temporal de los medios de comunicación dentro de un programa para decodificar.



**Figura 3- 8.** Estructura del Campo Opcional del paquete PES

[33]

### 3.2.3 Tablas PSI y Tablas SI

Las **TABLAS PSI** Son tablas de señalización que actúan como tablas de contenidos para el flujo de transporte, son usadas para que el decodificador localice tanto el video como el audio de cada programa, de igual manera estas tablas ayudan a la Verificación de los Derechos de acceso Condicional (CA). [34]

Las tablas PSI definidas en la Norma MPEG-2 son:

- a) **Program Association Table (PAT).**- Esta tabla se encarga de asociar un número de identificación o PID a cada programa para registrar y consolidar los paquetes que comprenden el PMT (PID de la tabla PAT es: 0x0000). EL PAT puede dividirse hasta en 255 secciones antes del mapeo entre los paquetes de Transport Stream.

La PAT también puede contener el valor PID de los paquetes que poseen la tabla NIT, la cual proporciona acceso a otro flujo de transporte en la red [24]. Un ejemplo de la tabla PAT se lo puede visualizar en la Figura 3-9.

Contents of Transport Streams	
Program 1	PMT PID 0x0065
Program 2	PMT PID 0x0032
Program 3	PMT PID 0x0056
Program 4	PMT PID 0x0120
NIT	PID 0x0016

**Figura 3- 9.** Ejemplo de la tabla PAT con 4 programas

Fuente: MPEG-2

- b) **Program Map Table (PMT).**- Esta tabla se localiza en el PAT, y se encarga de definir los PID que identifican los flujos de datos individuales que constituyen un programa. Es decir proporciona la asignación entre un número de programa y los distintos elementos que lo componen. Con la información contenida en esta tabla, el receptor puede localizar, decodificar y visualizar el contenido de los distintos programas [24]. Un ejemplo de ello lo muestra la Figura 3-10.

Contents of Program 1	
Video	PID 0x0131
Audio English	PID 0x0132
Audio German	PID 0x0133
ECM Program 1	PID 0x0150

**Figura 3- 10.** Ejemplo de la Tabla PMT para el Programa 1

Fuente: [mpeg2]

- c) **Conditional Access Table (CAT).**- Esta tabla posee los valores PID para los paquetes que contiene cada Entitlement Management Message (EMM) el cual se encarga de actualizar los suscriptores para los derechos de los eventos de “pago por ver”. Esta tabla por lo tanto indica al decodificador dónde encontrar EMM en el flujo de transporte al escuchar el valor de PID de los paquetes que contienen cada EMM [24]. Un ejemplo de la tabla CAT se encuentra en la Figura 3-11.

Location of EMMs	
EMM A	PID 0x0061
EMM B	PID 0x0076
EMM C	PID 0x0038
EMM D	PID 0x0109

**Figura 3- 11.** Ejemplo de la Tabla CAT

Fuente: MPEG-2

La tabla que está reservada por la Norma MPEG-2, y que está definida por la regulación de radio es:

- a) **Network Information Table (NIT).**- Esta Tabla muestra una organización física de la red y sus características. La utilidad de esta tabla se ve reflejada al momento de que el televidente desea sintonizar un canal diferente, para ello el decodificador hace uso de los parámetros de ajustes previstas en esta tabla. [35]

Estas tablas se repiten con cierta frecuencia para soportar el acceso aleatorio que requiere el decodificador para sintonizar o cambiar de canal. [36]

Las **TABLAS SI** son tablas que indican el arreglo de la secuencia de programa en un canal de transmisión, así como también son utilizadas para la generación de varios servicios dentro del Transport Stream como la Guía Electrónica de Programa (EPG), aplicaciones interactivas, entre otros servicios. Por lo tanto estas tablas son para servicios de información. [35]

Las tablas específicas (SI) basadas en Digital Video Broadcasting (DVB) son las siguientes:

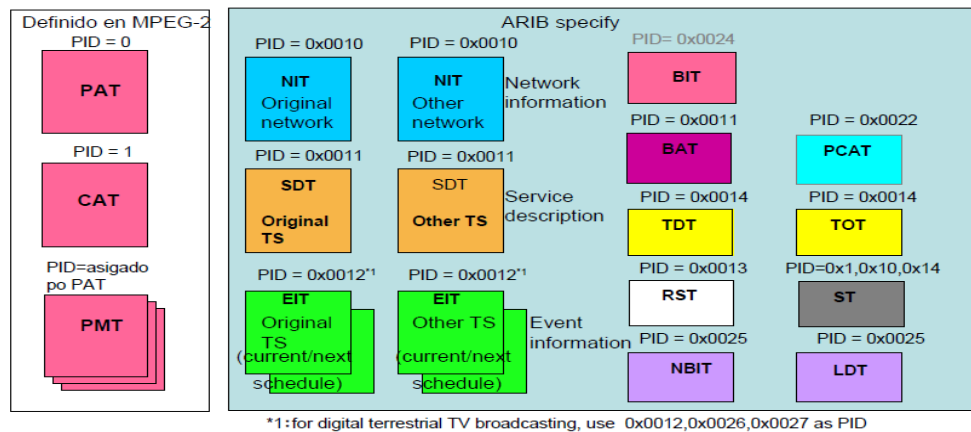
- a) **Service Description Table (SDT).**- En esta tabla se describe el nombre de los proveedores de los servicios así como también se encarga de definir todos los servicios en una red. Existen dos tipos de servicios de descripción, un servicio actual y otro servicio. El servicio de descripción actual se encarga de determinar el servicio que está disponible en el Transport Stream visualizado por el televidente. El otro servicio de descripción se encarga de determinar todos los Transport Stream en la red completa. [31]

- b) **Time and Date Table (TDT).**- En esta tabla se encuentra instrucciones de la fecha y hora presentes, la cual suele ser ajustada de acuerdo a la zona horaria donde se transmite la programación hacia el televidente. [31]
- c) **Bouquet Association Table (BAT).**-Por medio de esta tabla se obtiene información del grupo de servicios brindados por una entidad comercial. Estas tablas proporcionan tanto el nombre como la lista de servicios disponibles en cada bouquet. [24]
- d) **Event Information Table (EIT).**- Provee información relacionada a la programación, es decir indica todos los eventos con sus respectivos nombres de programa, descripciones de contenidos, fecha y hora de transmisión, etc. Esta tabla a su vez hace uso de dos tablas adicionales llamadas **Master Guide Table (MGT)** y **Virtual Channel Table (VCT)**.
- e) **Running Status Table (RST).**- Da instrucciones del estatus de los programas que están ejecutándose. Es decir permite actualizar el estatus de tiempo de los diferentes eventos en el sistema cuando existe un cambio en el calendario. [31]
- f) **Time Offset Table (TOT).**- Contiene información de UTC (tiempo, fecha y el offset del tiempo local). [35]
- g) **Stuffing Table (ST).**- Esta tabla se encarga de invalidar las distintas tablas que ya no sirven, es decir cuando capta que una sección restante de cierta tabla ha sido sobrescrita, se utiliza esta tabla como relleno. [35]

La Norma ISDB-Tb establece cinco tablas adicionales las cuales son especificaciones originales de la Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión (ARIB) [35]. Esta asociación fue la encargada de crear y mantener el estándar ISDB-T. Los grupos de tablas especificadas por ARIB son:

- a) **Partial Content Announcement Table (PCAT).** - Su función es el anuncio de contenidos parciales en la difusión de datos.
- b) **Broadcaster Information Table (BIT).** - Es la unidad designada del broadcaster y parámetro de transmisión de SI de cada unidad de broadcaster.

- c) **Local Event Information Table (LIT).** - Esta tabla brinda información relativa a eventos locales, como nombre, descripción de eventos locales etc.
- d) **Event Relation Table (ERT).** - Indica la relación entre programas o los distintos eventos locales.
- e) **Index Transmission Table (ITT).** - Esta tabla entra en función al momento del envío de cierto programa, brindando información relativa al índice de la programación.



**Figura 3- 12.** Estructura de la Tabla PSI/SI

Fuente: DIBEG

[37]

Finalmente, en la Figura 3-12 se establece la estructura de las Tablas PSI/SI las cuales se las puede dividir en dos secciones. La primera sección establecida es las tablas definidas en el estándar MPEG-2 la cual está formada por las tablas: PAT, CAT y PMT. La segunda sección está formada por las especificaciones de ARIB, de las cuales para DVB son: NIT, SDT, EIT, TDT, RST, BAT, TOT, y ST; y las especificaciones originales de ARIB son: LIT, ERT, ITT, PCAT y BIT.

### 3.2.4 Estructura y Generación del Transport Stream (TS)

#### 3.2.4.1 Generación del Transport Stream

El Transport Stream está definido como un flujo de transporte especificado en el estándar MPEG-2, dicho flujo se encarga de multiplexar los contenidos de



audio, video y datos, sincronizándolos de tal manera que se consiga un solo flujo de transporte. Este flujo de transporte se genera a partir de los procesos anteriormente señalados, como la codificación, paquetización (PES), y la generación de las tablas PSI/SI.

Para la generación del Transport Stream lo que se hace en primer lugar es una etapa de codificación gestionando por separado tanto el audio, video y los datos para formar flujos de datos llamados **Elementary Streams** (ES) es decir se da formato a los datos y se comprimen las señales de audio y video. Luego se emplea la técnica de paquetización, es decir los Elementary Streams son almacenados en paquetes de tamaño variable llamados **Packetized Elementary Stream** (PES), mientras que aquellos contenidos que no son del tipo de flujo de datos, son convertidos al formato llamado Sección. Finalmente se realiza un primer nivel de Multiplexación que combina el audio, el video, y datos en un solo flujo de paquetes de longitud constante de 188 bytes los cuales 184 bytes son de payload (carga útil que contiene el audio, video y datos) y 4 bytes de cabecera (contiene información de la transmisión y sincronización de los paquetes).

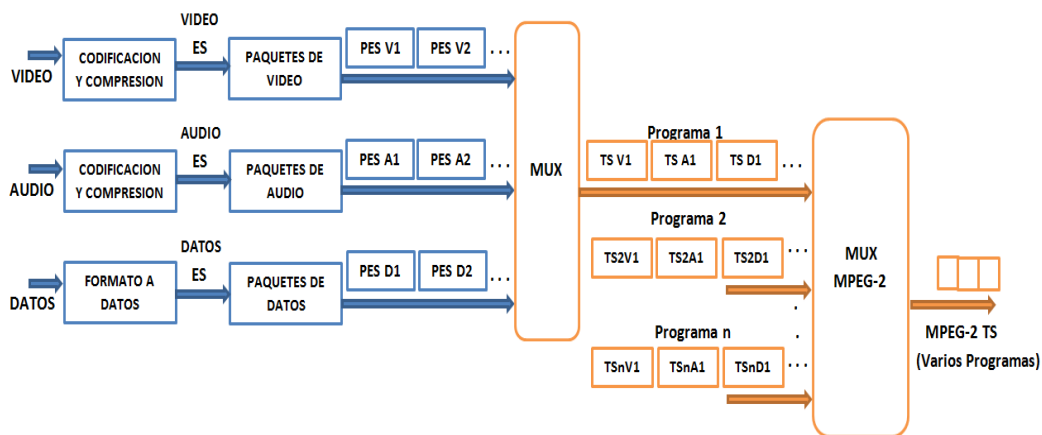
Dentro de los 4 bytes de cabecera se encuentra un paquete ID de 13 bits llamado (PID) el cual se encarga de identificar a través de **Program Specific Information Tables (PSI)** los elementary treams llevados en los 184 bytes de carga útil en un paquete TS.

Dichas Tablas PSI además contienen información necesaria para demultiplexar y presentar en el receptor de televisión digital los programas llevados en el Transport Stream, y viajan en un formato llamado **Sección** el cual está compuesto por una cabecera, una carga útil, y un código de detección de errores. Estas tablas PSI que van en el Transport Stream descritas en la sección anterior son: Program Association Table (**PAT**), Program Map Table (**PMT**), Conditional Access Table (**CAT**) Network Information Table (**NIT**).

Por su parte las tablas SI son utilizadas para la generación de varios servicios dentro del Transport Stream como la Guía Electrónica de Programa (EPG), aplicaciones interactivas, entre otros servicios. Dichas tablas que pueden ir en el Transport Stream son: Service Description Table (**SDT**), Network Information

Table **(NIT)**, Time and Date Table **(TDT)**, Bouquet Association Table **(BAT)** Event Information Table **(EIT)**, Running Status Table **(RST)**, Time Offset Table **(TOT)**, Stuffing Table **(ST)**.

Además de estar formado por las tablas PSI/SI, el Transport Stream contiene dos carruseles, el uno es de objetos y el otro es de datos. Estos carruseles en el Transport Stream son utilizados para brindar soporte al envío cíclico de los datos en los sistemas de TV digital terrestre, ya que existen varios datos que no contienen relación temporal específica y que son independientes del instante de sintonización de los canales. Es decir el carrusel de Datos se encarga de enviar información no estructurada mientras que el carrusel de Objetos se encarga del envío cíclico de los archivos. La utilidad de los carruseles se analizan al momento de que una transmisión falla por cualquier parámetro y el receptor no capta algún bloque de datos en particular, gracias a los carruseles bastaría solo con esperar a que se realice una retransmisión correcta de dichos datos. La generación de los paquetes TS y Multiplexación MPEG-2 se lo puede sintetizar en la siguiente figura:



**Figura 3- 13.** Generación de los Paquetes TS y Multiplexación MPEG-2

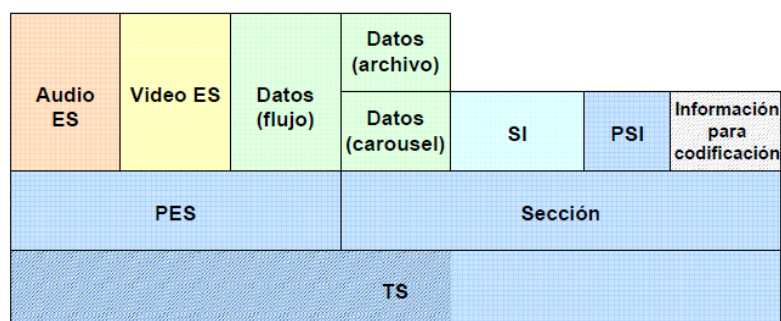
MPEG-2 define un segundo nivel de multiplexación para los paquetes TS, ya que un mismo Transport Stream puede contener entre 4 y 6 programas dependiendo de la calidad, este flujo de datos es conocido como **MPEG-2 Transport Stream (TS)** y contiene todos los paquetes TS de 188 bytes cada uno. Como la Norma ISDB-Tb entre otros parámetros, establece la transmisión

en capas jerárquicas, posibilita brindar el servicio “One Seg”, y adoptó la trama de transporte MPEG-2 para gestionar la compatibilidad con el resto de estándares; y conociendo que el flujo de transporte TS MPEG-2 no fue elaborado para realizar la transmisión en capas jerárquicas; los desarrolladores del estándar ISDB-T consiguieron adaptar el TS de MPEG-2 utilizando un mecanismo llamado “**Re-Multiplexación**”. [38]

Por lo tanto una vez generado el Transport Stream es decir luego de realizar el primer nivel de multiplexación entre el video, audio y las distintas tablas necesarias para la transmisión y recepción, los paquetes de Transport Stream son introducidos en un **remultiplexor**, el cual se encarga de unir en un solo flujo de transporte todos los paquetes de Transport Stream de 188 bytes cada uno.

A la salida del remultiplexor se obtiene un flujo de datos llamado **Broadcast Transport Stream (BTS)**, donde multiplexa todos los servicios que se requiere transmitir, y lo hace a una tasa de 32,507 Mbps aproximadamente, este flujo de datos está formado por paquetes conocidos como **paquete TSP** y tienen una longitud de 204 bytes, es decir que a los 188 bytes de cada TS se le agrega 8 bytes de información del estándar ISDB-Tb (contiene indicadores de capa jerárquica, contador de los paquetes TSP, cabecera de cuadro e información auxiliar entre otros). Y 8 bytes adicionales que contienen un bloque de paridad de Reed Solomon para permitir la corrección de hasta 4 bytes erróneos en cada TSP del flujo BTS. [33]

### 3.2.4.2 Estructura del Transport Stream



**Figura 3- 14.** Estructura en Capas del Transport Stream

Fuente: DIBEG



Al Transport Stream se lo puede estructurar en varias capas como lo indica la Figura 3-14, de tal manera que la capa inferior está formada por flujos de datos Elementales (ES) de video, audio y datos. Una capa superior es la de paquetización donde todos los flujos elementales se almacenan en paquetes PES. Otra capa que se puede visualizar en el gráfico es la de Sección, la cual contiene tanto las Tablas PSI/SI como los carruseles de datos y objetos. Finalmente la capa principal es la de TS ya que ésta contiene tanto los paquetes PES como el bloque de Sección, es decir posee el video, audio, datos, y toda la información necesaria para su transmisión y recepción.

Como se explicó anteriormente, el Transport Stream tiene una longitud constante de 188 bytes y se lo puede estructurar en dos partes: la primera posee una longitud de 184 bytes llamada **payload o carga útil** (contiene el audio, video y datos) y la segunda tiene una longitud de 4 bytes y se le conoce como **header o cabecera** (contiene información de transmisión y sincronización de los paquetes). [33]

- El Header o cabecera está formado por los siguientes campos:

<b>Campos</b>	<b>Descripción</b>	<b>N. bits</b>
Sync byte	Se encarga del sincronismo de paquetes.	<b>8</b>
Transport error indicator	Indica si existe error en los bits del TS, si tiene valor de "1" indica que al menos hay 1 bit erróneo en el paquete	<b>1</b>
Payload unit start indicator	Adquiere el valor de "1" cuando el primer byte del comienzo de un paquete PES se coloca en el primer byte disponible de la carga de un paquete de transporte.	<b>1</b>
Transport Priority	Indica la prioridad de los paquetes, si tiene el valor de "1" quiere decir que tiene la mayor prioridad.	<b>1</b>
PID	Identifica a los paquetes que pertenecen a un mismo tipo de datos o paquetes PES.	<b>13</b>
Transport Scrambling	Identifica la forma en la que está	<b>2</b>

Control	codificada la carga útil en el paquete TS.	
Adaptation Field Control	Indica si a la cabecera le sigue la carga útil o un campo de adaptación.	<b>2</b>
Continuity Counter	Aumenta de valor con cada paquete con el mismo PID de carga útil.	<b>4</b>
Adaptation field	Campo de adaptación que cumple requerimientos en función del tipo de datos del paquete.	—

**Tabla 3- 3.** Estructura del Header del Transport Stream

- El Campo de Adaptación (Adaptation field) está formado por los siguientes bloques:

<b>Campos</b>	<b>Descripción</b>	<b>N. bits</b>
Adaptation Field Length	Contiene la longitud del Campo de Adaptación	<b>8</b>
Discontinuity indicator	Cuando tiene el valor de “1” indica que el paquete de TS tiene un estado de discontinuidad.	<b>1</b>
Random Access Indicator	Indica si el Transport Stream contiene información que aporte para el acceso aleatorio.	<b>1</b>
Elementary Stream Priority Indicator	Indica la prioridad de los flujos de Elementary Streams localizada en la carga útil.	<b>1</b>
5 Flags	Son banderas relacionadas con los campos dentro del Optional Field.	<b>5</b>
Optional Fields	Contiene información sobre: PCR, OPCR, splice countdown, transport private data, etc.	—
Stuffing bytes	Bits de relleno	<b>8</b>

**Tabla 3- 4.** Estructura del Campo de Adaptación del Transport Stream

### 3.2.5 Modulación

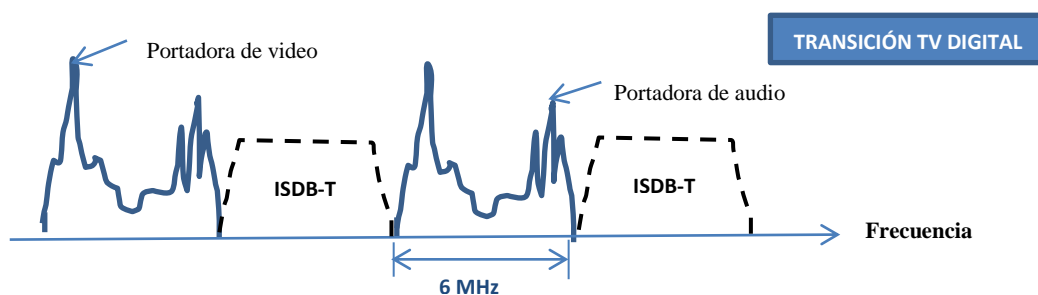
La etapa de modulación correspondiente a la transmisión del radiodifusor en el sistema brasileño de televisión digital emplea la misma modulación que su sistema original japonés. Esta modulación está basada en la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) que constituye un sistema eficiente y robusto para el transporte de la señal digital, así como también permite la optimización del espectro radioeléctrico. [20]

En las transmisiones analógicas los canales de televisión cuentan con un espaciamiento en frecuencia de 6 MHz entre cada canal y no está permitido el uso de estos canales adyacentes con el objetivo de evitar interferencias, como se indica en la siguiente figura:



**Figura 3- 15.** Asignación del espectro radioeléctrico para TV Analógica

Durante el periodo de transición entre la transmisión analógica y digital, se tendrá una canalización mixta, es decir que las transmisiones digitales deberán compartir el espectro radioeléctrico con el sistema NTSC actual operando en dichos canales adyacentes, como se indica en la siguiente figura:



**Figura 3- 16.** Asignación del espectro radioeléctrico para canalización mixta

### 3.2.5.1 Definición del canal radioeléctrico

Para el canal radioeléctrico que se comporta de una manera estable cada cierto período de tiempo, el mecanismo de transmisión debe tener en cuenta tanto el dominio de frecuencia (que comprende el número de sub-bandas disponibles en el canal) como el dominio de tiempo (que contiene pequeños intervalos de tiempo), como se indica en la siguiente figura:

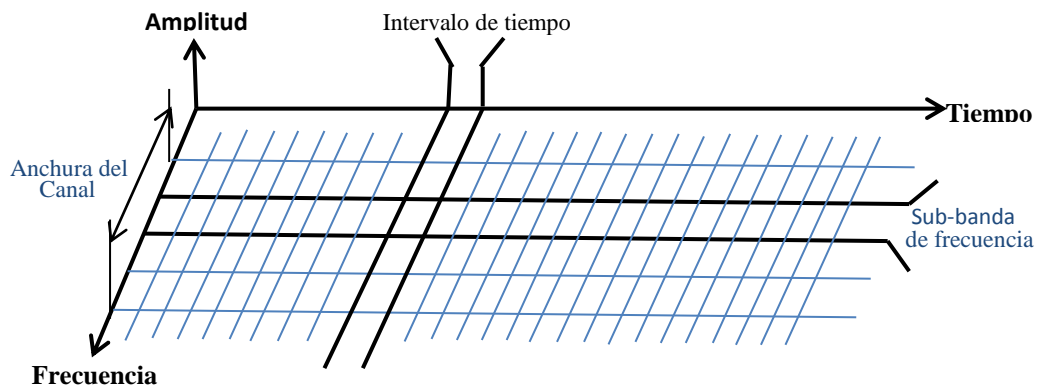


Figura 3- 17. División de un canal radioeléctrico

En cada segmento frecuencia/tiempo se asignará una portadora, un conjunto de portadoras en un intervalo de tiempo determinado se le conoce como Símbolo OFDM, y una sucesión determinada de estos símbolos se le denomina Cuadro OFDM, tal como se indica en la siguiente Figura:

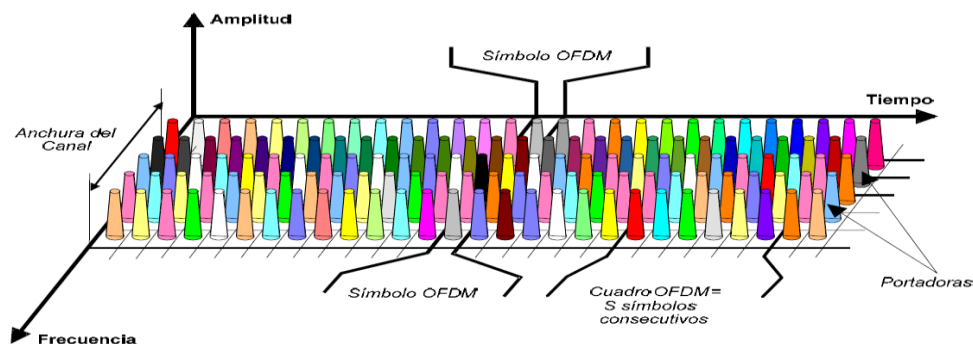


Figura 3- 18. Asignación de portadoras

Fuente: Sistema ISDB-Tb (Primera Parte)

### 3.2.5.2 Ortogonalidad

La ortogonalidad es una separación en frecuencia cuya finalidad es evitar la interferencia entre las portadoras (ICI) dentro de cada uno de los símbolos OFDM. Esta separación entre portadoras es equivalente a la inversa del tiempo de duración del símbolo [20]. Cada símbolo OFDM se representan como ondas sinusoidales durante un intervalo de tiempo  $T_U$  y su dominio de frecuencia corresponde a un pulso rectangular, tal como se indica en la siguiente figura:

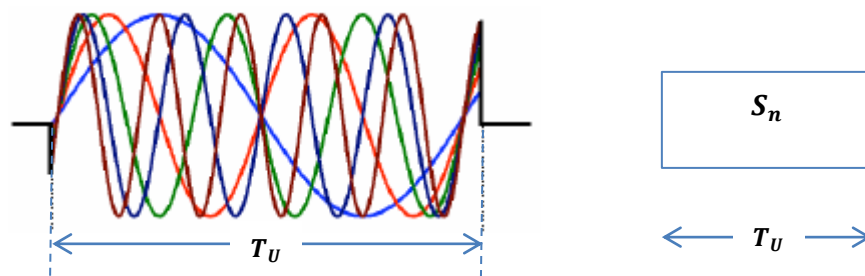


Figura 3- 19. Símbolo OFDM

Las separación en el dominio de la frecuencia ( $\Delta f$ ) debe ser igual a la inversa de tiempo de duración de cada símbolo  $T_U$  con lo que las portadoras cumplen con el principio de ortogonalidad. Es así que, únicamente se tendrá la frecuencia central con la máxima amplitud debido a que el resto de portadoras se anularan entre ellas, tal como se indica en la siguiente figura:

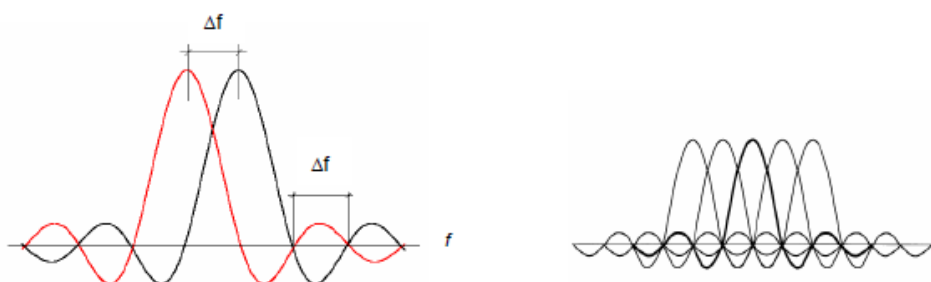


Figura 3- 20. Ortogonalidad entre portadoras

[20]

### 3.2.5.3 Modulación de la portadora

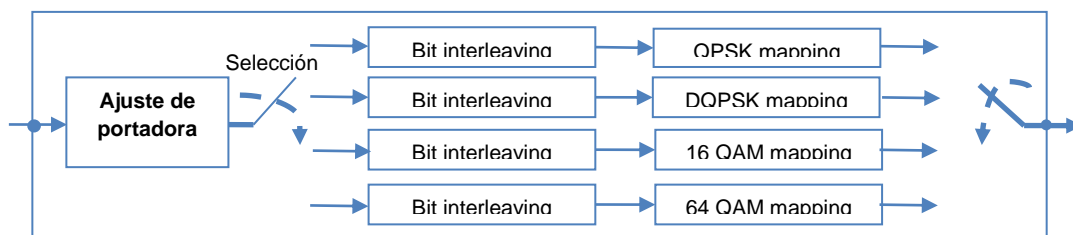
La modulación de la portadora para el sistema japonés como brasileño de televisión digital ISDB-Tb se puede llevar a cabo mediante cuatro diferentes esquemas:

- QPSK (Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura) utilizado para transmisión SD.
- DQPSK (Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial) – utilizado en receptores móviles.
- 16QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura de 16 estados) también utilizado para transmisión SD.
- 64QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura de 16 estados) transmisión HDTV

[38]

### 3.2.5.4 Configuración para la modulación de la portadora

Para el proceso de la modulación de la portadora, la señal de entrada debe ser entrelazada bit a bit y mapeada según el esquema especificado para cada capa jerárquica. La configuración se indica en la siguiente figura:



**Figura 3- 21.** Configuración para la modulación de la portadora

Como podemos visualizar en la Figura 3-21, a la salida del bloque llamado “Ajuste de portadora” se produce un mecanismo de selección de acuerdo a las diferentes tipos de modulaciones debido al intercalado de bits (Bit interleaving) y al mapeo (mapping),

[38]

### 3.2.5.5 Ajuste de atraso

Los atrasos de transmisión y recepción correspondientes a la etapa de entrelazado de bits (Bits interleaving) deben ser equivalentes a 120 símbolos de la portadora. El tiempo de atraso varía dependiendo el esquema de modulación de la portadora. Esta diferencia de tiempo se corrige a la entrada de la etapa de entrelazado de bits a través de un valor de ajuste de atraso, de manera que el atraso total de la transmisión y recepción sea de dos símbolos OFDM.

### 3.2.5.6 Entrelazado de Bit (Bit interleaving) y mapeo (mapping)

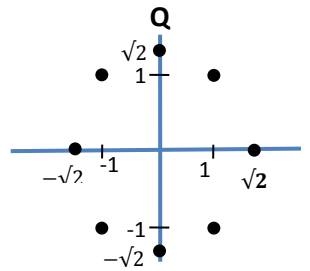
En el transcurso de un intervalo de tiempo, cada portadora empleará entre dos y seis bits de datos codificados según el tipo de modulación empleada. Específicamente, para el sistema japonés ISDB-T y su variación brasileña ISDB-Tb, se emplean diferentes tipos de modulaciones de acuerdo al intercalado de bits (Bit interleaving) y mapeo (mapping), es decir que según el número de bits empleados tenemos modulaciones en: QPSK (2 bits), DQPSK (2 bits), 16-QAM (4 bits) y 64-QAM (6 bits).

#### a) QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

Esta modulación utiliza una señal de entrada representada con dos bits por símbolo y la salida mapeada de datos será multi-bit en el eje de fase (I) y en el eje de cuadratura (Q), su constelación se indica en la figura 3.28. Para realizar el mapeo, luego de la conversión serie-paralelo (S/P), los 120 bits de retardo deben ser ingresados para el mapeo e intercalado de bits, tal como se indica en la siguiente figura:



Figura 3- 22. Esquema para la modulación DQPSK



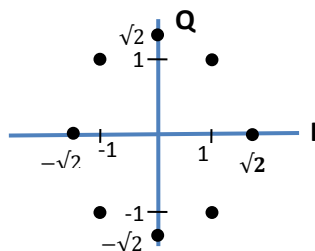
**Figura 3- 23.** Constelación QPSK

[38]

**b) DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying)**

Es una modulación por desplazamiento de cuadratura diferencial de fase, la señal de entrada será de dos bits por símbolo y mapeada con un desplazamiento de  $\pi/4$  para la salida de datos múltiples en el eje de fase (I) y en el eje de cuadratura (Q). Este tipo de modulación se emplea para la recepción móvil (One-Seg).

En la parte izquierda de la siguiente figura se indica la constelación generada para esta modulación y su salida de fase correspondiente a la combinación de símbolos de la tabla de la parte derecha:



**Figura 3- 24.** Constelación DQPSK con desplazamiento  $\pi/4$

Entrada b0' b1'	Salida $\theta_j$
0 0	$\pi/4$
0 1	$-\pi/4$
1 0	$3\pi/4$
1 1	$-3\pi/4$

**Tabla 3- 5.** Cálculo de fase

Luego de la conversión serie-paralelo (S/P), los 120 bits de atraso deben ser insertados como entrada en la calculadora de fase para el intercalado de bits, tal como se indica en el siguiente esquema:



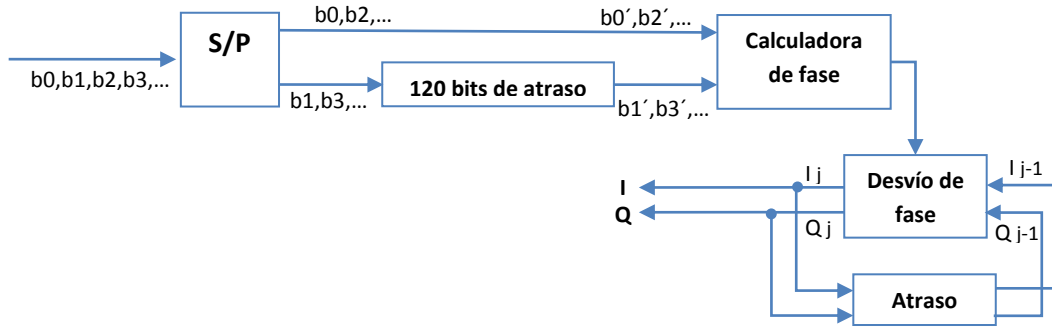


Figura 3- 25. Esquema para la modulación DQPSK

[38]

**c) 16 QAM (16-states Quadrature Amplitude Modulation)**

Esta modulación utiliza una señal de entrada representada con 4 bits por símbolo y la salida mapeada de datos será multi-bit en el eje de fase (I) y en el eje de cuadratura (Q). Para realizar el mapeo, los 120 bits de retardo deben ser ingresados en la entrada b1 a b3 para el intercalado de bits, tal como se indica en la siguiente figura:

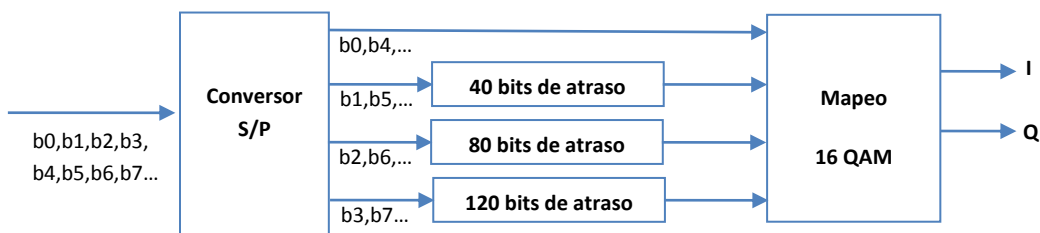


Figura 3- 26. Esquema para la modulación 16 QAM

Esta modulación de amplitud en cuadratura presenta una constelación de 16 estados, tal como se indica en la siguiente figura:

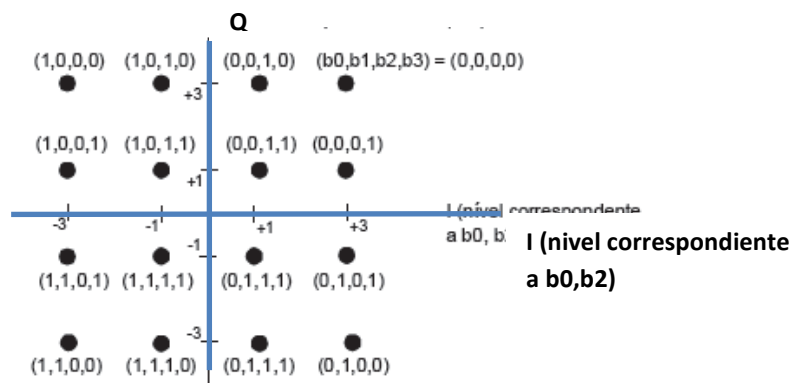


Figura 3- 27. Constelación 16 QAM

[38]

### d) 64 QAM (64-states Quadrature Amplitude Modulation)

Esta modulación utiliza una señal de entrada representada con 6 bits por símbolo y la salida mapeada de datos será multi-bit en el eje de fase (I) y en el eje de cuadratura (Q). Para realizar el mapeo, los 120 bits de retardo deben ser ingresados en la entrada b1 a b5 para el intercalado de bits, tal como se indica en la siguiente figura:

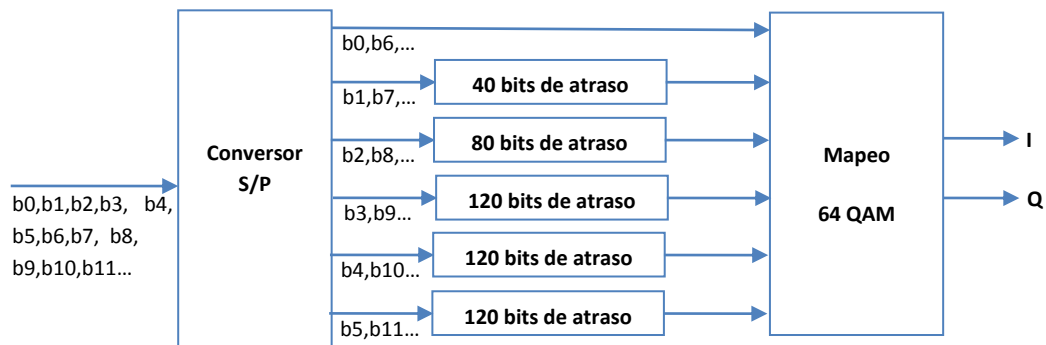


Figura 3- 28. Esquema para la modulación 16 QAM

Esta modulación de amplitud en cuadratura presenta una constelación de 64 estados, tal como se indica en la siguiente figura:

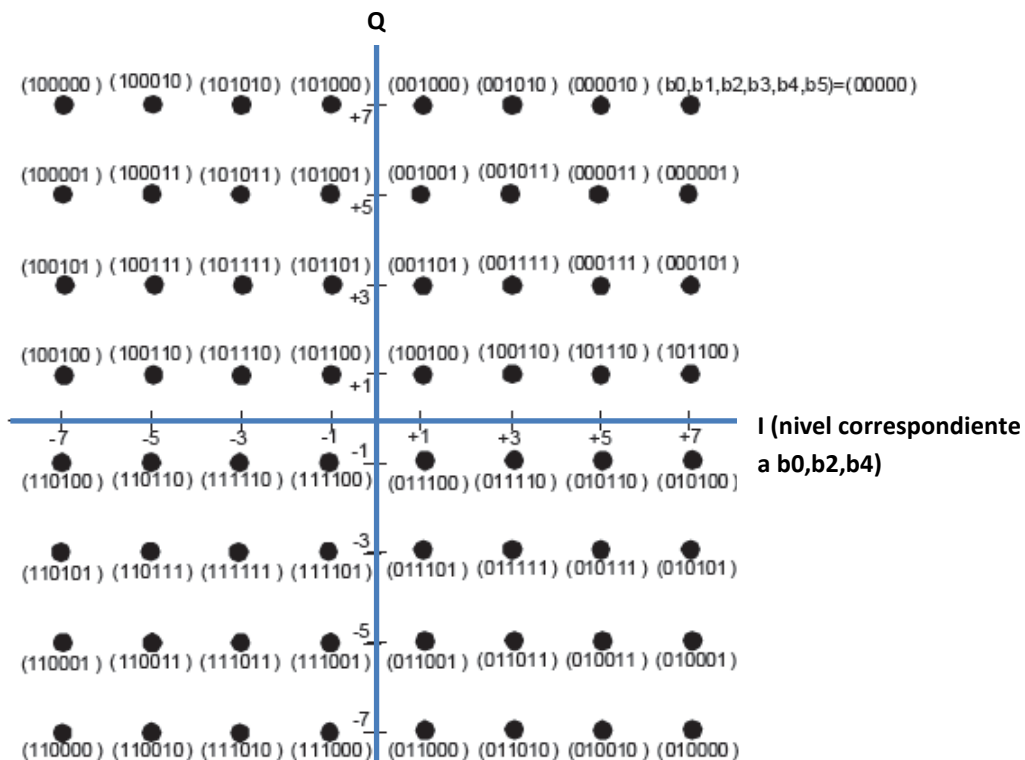


Figura 3- 29. Constelación 16 QAM

### 3.2.5.7 Parámetros OFDM para Televisión digital Terrestre (TDT)

Entre algunos de los requerimientos básicos para dimensionar el sistema se toma en cuenta diversos parámetros como:

- Disponibilidad de Ancho de Banda
- Especificación de velocidad o tasa de datos
- Tiempo de retardo de las señales reflejadas
- Relación Portadora/Ruido C/N (Carrier / Noise).

En la televisión analógica la relación C/N requiere de un valor de 46dB para contar con una excelente calidad para un canal Gaussiano<sup>2</sup>. Para la TV digital la calidad dependerá de los factores como: tipo de canal (Gaussiano, Rayleigh o Rice), la tasa de codificación interna y tipo de modulación empleada. Por ejemplo, si se utiliza un canal Rayleigh, codificación de baja redundancia de bits y modulación 64 QAM usada para alta definición, la relación C/N requiere solo de 28 dB. [20]

## 3.3 Estructura de Recepción en el estándar ISDB-Tb

### 3.3.1 Arquitectura del receptor

La arquitectura del receptor se describe en el siguiente esquema:

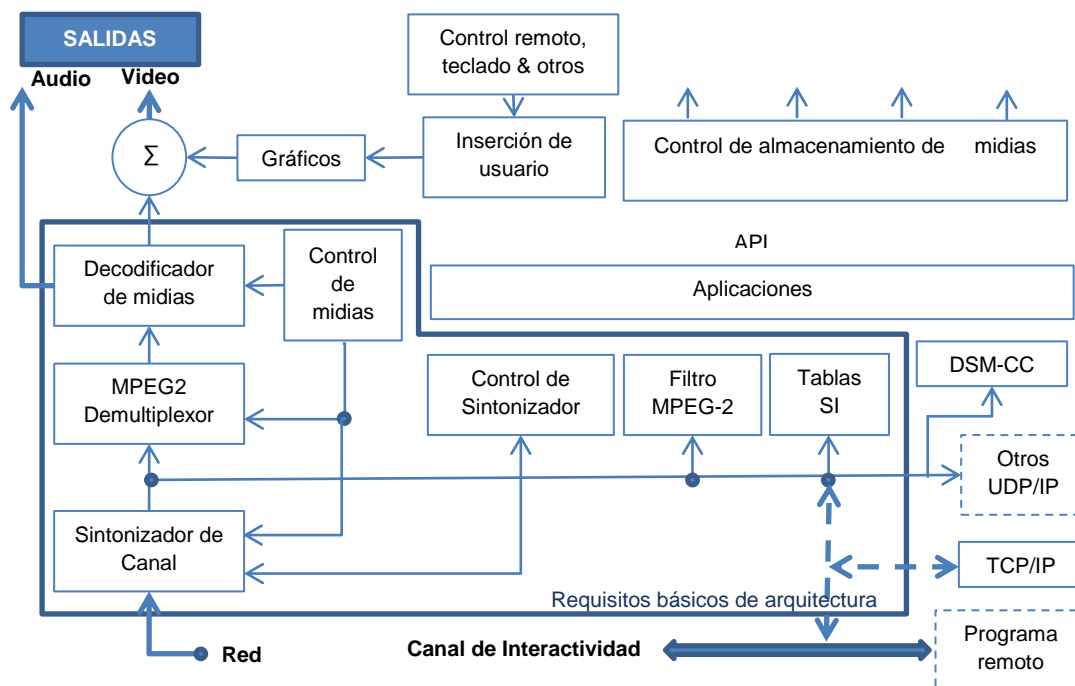


Figura 3- 30. Arquitectura básica del receptor

La Figura 3-30 muestra un esquema para la salida de audio y video integrados desde la red por un canal de interactividad. Estos contenidos llegan desde dicha red hasta un sincronizador de canal, luego por un demultiplexador MPEG-2 hacia un decodificador de otros contenidos. La salida de video está complementada por información proveniente de comandos del control remoto. Y se utiliza medios de comunicación como: TCP/IP u otros medios UDP/IP, tal como se indica en la parte derecha de la gráfica. Además, se puede visualizar que uno de los requisitos básicos para el mecanismo de recepción es captar las tablas SI para señalización y descripción de los servicios. Además se especifica un método de control (DSM-CC) que permite el acceso a un flujo de servicios digitales interactivos. [39]

### **3.3.2 Ancho de banda de canal para recepción**

El ancho de banda se especifica según el tipo de dispositivos empleados:

- Para dispositivos fijos o móviles de recepción full-seg se cuenta con 5.7 MHz.
- Para dispositivos portátiles de recepción one-seg se cuenta con 0.43 MHz.

[38]

### **3.3.3 Sensibilidad de recepción**

Se recomienda que las unidades de sintonía para receptores tanto de 13 segmentos como de 1 segmento, cumpla con las siguientes características:

- Nivel de la señal: -20 dBm o superior.
- Nivel mínimo de entrada de señal de la antena: -77 dBm o inferior.
- Nivel de entrada para receptor one-seg: -11 dB equivalente al ancho de banda y medido en términos de potencia eléctrica.

[38]

### **3.3.4 Sincronización de frecuencia**

La frecuencia central de la primera frecuencia intermedia (FI) es de 44 MHz, siendo posible una conversión directa en banda base (BB). Mientras que la



frecuencia del oscilador local debe ser capaz de sintonizar frecuencias iguales o superiores a 30KHz. [38]

### **3.3.5 Almacenamiento de aplicaciones y programas**

La plataforma middleware instalada requiere de al menos 2 MB de espacio de memoria no volátil para las aplicaciones internas donde se almacenaran los códigos de datos comunes de todos los receptores sin incluir la memoria para aplicaciones procedentes desde la interfaz de aire o desde la red.

La arquitectura del aparato decodificador de señal digital (Set Top Box) incluye un puerto USB para agregar una memoria externa cuya finalidad es almacenar aplicaciones Ginga descargadas de la red, de la interfaz de aire o directamente ejecutada en el decodificador. [40]

Por lo tanto los receptores deben contar con funciones para: recibir, visualizar, almacenar y comunicarse con el servicio de transmisión de datos. Además de mantener las funciones básicas para la visualización de programas de televisión tradicionales, es decir que durante la visualización normal, la función de recibir y almacenar debe realizarse en paralelo.

#### **➤ Búsqueda y almacenamiento de canales**

Tanto los receptores full-seg como one-seg deben contar con mecanismos de búsqueda y almacenamiento automático de todas las señales disponibles. Cuando es detectado más de un Transport Stream con el mismo identificador el receptor captará la señal de la portadora con la mejor C/N (Carrier to Noise Ratio) o BER (Bit Error Ratio), sin embargo se puede configurar un mensaje para que el usuario tome la decisión. [34]

### **3.4 Servicios adicionales para TV digital en el estándar ISDB-Tb.**

Dentro de los servicios adicionales para TV digital vamos a tratar los dos de mayor importancia para esta tesis:

- Guía de Programación Electrónica (EPG)
- Interactividad

### 3.4.1 Guía de Programación Electrónica (EPG)

La EPG es una fuente de información que proporciona a los usuarios datos acerca de la programación televisiva disponible, es decir provee descripciones de eventos y tiempos para varios días o semanas de programación. Un ejemplo de la Guía de Programación Electrónica [41] se presenta en la Figura 3-31.



Figura 3- 31. Ejemplo de una EPG

Fuente: Manual OpenCaster

Para que un usuario cuente con una Guía Electrónica de Programación requiere que varias tablas lleguen al Set Top Box a una velocidad correcta y con la información adecuada para su visualización. Esto implica que la EPG puede ser un punto clave de venta para el servicio de televisión digital gracias a la gran utilidad que proporciona al usuario. Dela misma manera si no funciona correctamente, los clientes no van a poder acceder a los eventos y sus horarios así como también no van a poder navegar fácilmente entre los distintos programas existentes.

Con el fin de asegurar una entrega apropiada de las tablas para la creación del EPG por el set top box, los operadores de redes deben conocer inmediatamente cuando existe un error en las tablas, de tal manera que puedan ser corregidas oportunamente para que el impacto al cliente sea mínimo. Estos errores en las tablas dependen de varios factores, pero el de

mayor relevancia es la actualización de las mismas, ya que cada cierto periodo de tiempo las tablas son actualizadas.

Las tablas que deben ir en el Transport Stream para generar la Guía Electrónica de Programación son:

- Service Description Table (SDT)
- Bouquet Association Table (BAT)
- Time and Data Table (TDT)
- Event Information Table (EIT)

Dichas tablas son descritas con mayor detalle en la sección 3.2.3

### 3.4.2 Interactividad en TV digital



**Figura 3- 32.** Cliente de TV digital interactiva

Fuente: HTFORUM

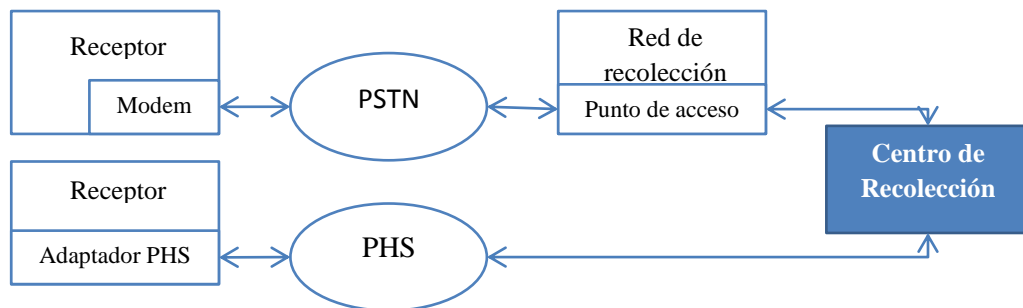
La interactividad en la televisión digital constituye una de los principales beneficios que brinda esta nueva era digital, convierte al usuario pasivo de televisión analógica en un usuario activo que tiene la posibilidad de interactuar directamente con el radiodifusor que proporciona los contenidos. Dicha interactividad brindará un sinnúmero de beneficios tanto para los proveedores de contenidos interactivos como para los usuarios finales. La imagen de la Figura 3-32 indica la interfaz física para un usuario de televisión digital quien podrá disfrutar de varios servicios desplegables mediante el control remoto.

### 3.4.2.1 Arquitectura de Redes Interactivas

Para el sistema brasileño de televisión digital SBTVD o ISDB-Tb, se plantean dos tipos de redes:

- Red de recolección de información del televidente
- Redes basadas en protocolos TCP/IP
- Red de recolección de información del televidente

La Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión (ARIB) para el estándar japonés ISDB-T, en su artículo STD-B21 referente a Receptores para Radiodifusores Digitales. Como se indica en la Figura 3-33, se define un protocolo para la recolección de la información del televidente que permite la conexión de receptores fijos mediante red de servicio telefónico fijo conmutado (PSTN) o portátiles mediante un sistema personal de teléfono de mano (PHS) con una red y un centro de recolección de la información. Esta arquitectura es opcional para el sistema brasileño. En la siguiente figura se indica la arquitectura de esta red:



**Figura 3- 33.** Arquitectura para un sistema de comunicación de datos bidireccional

[42]

- **Redes basadas en protocolos TCP/IP**

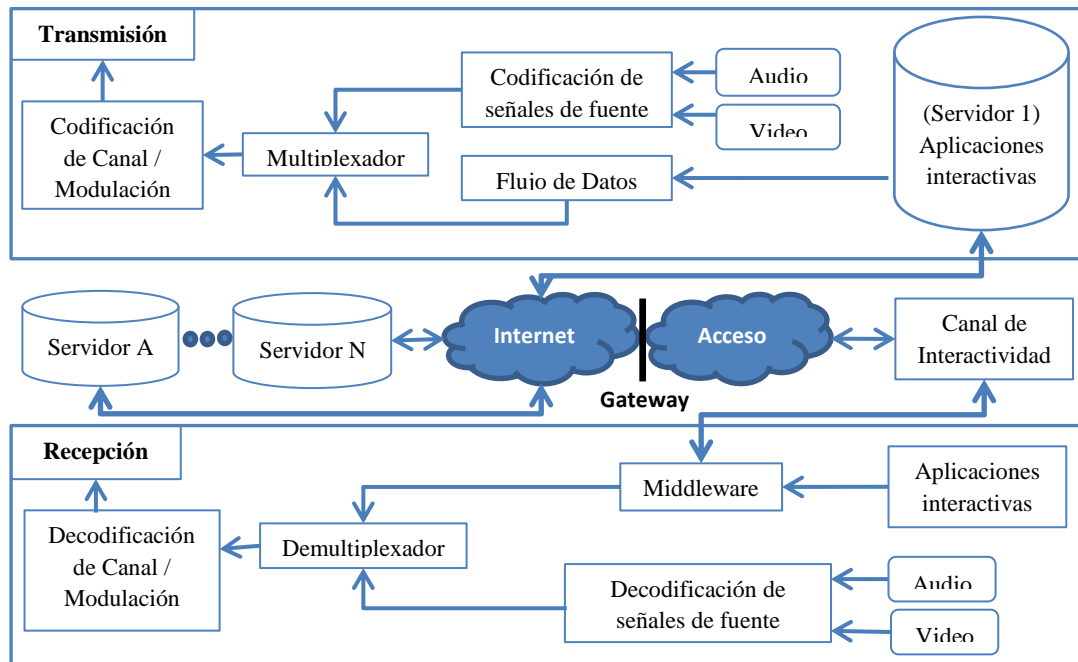
Para el sistema brasileño de televisión digital, específicamente se recomienda una arquitectura basada en redes TCP/IP con servidores ubicados a lo largo de la red y con acceso a internet mediante los diferentes tipos como: Ethernet, PSTN, GSM-GPRS, CDMA, WiMax, WiFi, etc.



Para una comunicación mediante el canal de interactividad utilizando redes TCP/IP [42], se debe contar con las siguientes características:

- Funciones de conexión automática
- Funciones de desconexión automática
- Funciones de configuración para el usuario
- Funciones de presentación
- Funciones de corte de línea
- Mantenimiento de elementos de información para la conexión bidireccional

A continuación se indica el esquema para difusión y recepción para el sistema interactivo bidireccional:



**Figura 3- 34.** Arquitectura para un sistema de comunicación de datos bidireccional

Como se indica en la figura, el canal de interactividad se conecta desde la nube de acceso hasta la nube de internet mediante la puerta de enlace (Gateway). La nube de internet está compuesta por servidores para aplicaciones interactivas y flujo de datos en general. En cambio, la nube de acceso está compuesta por un canal interactivo que contiene la plataforma Ginga para el desarrollo de aplicaciones.

### 3.4.2.2 Middleware

Para el desarrollo de aplicaciones de televisión digital, el estándar brasileño de ISDB-Tb ha implementado una plataforma (middleware) conocida con el nombre de Ginga. A continuación se indica el logotipo para la comunidad Ginga en Ecuador (Figura 3-35).



**Figura 3- 35.** Logotipo del middleware Ginga en Ecuador

Fuente: Ginga Ecuador

*“Ginga® es el nombre del Middleware Abierto del Sistema Nipo-Brasileño de TV digital (ISDB-T<sub>B</sub>). Ginga está formado por un conjunto de tecnologías estandarizadas e innovaciones brasileñas que lo convierten en la especificación de middleware más avanzada.” [2]*

#### ➤ **Arquitectura Ginga**

Al conjunto de aplicaciones desarrolladas en la plataforma Ginga [42], se las puede dividir básicamente en dos secciones:

- Aplicaciones Declarativas.- aquellas donde el tipo de contenido inicial es declarativo, es decir aplicaciones en las que se especifican objetos, propiedades y relaciones generales para resolver un problema mediante la aplicación de mecanismos de razonamiento usuales.
- Aplicaciones Procedimentales.- aquellas donde el tipo de contenido inicial es procedimental, es decir que para la resolución de un problema se especifica un procedimiento a seguir.

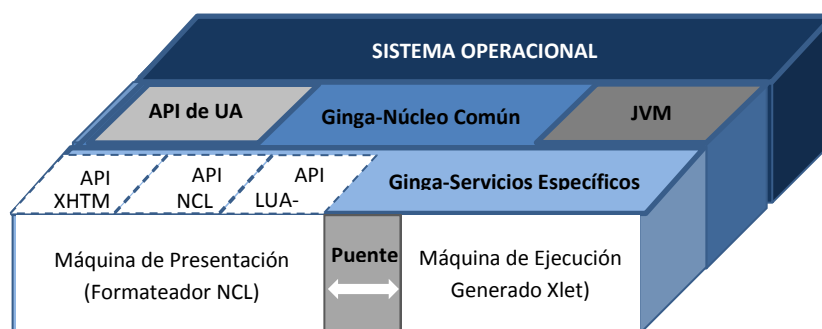
Sin embargo, una aplicación Ginga no necesariamente debe ser declarativa o procedimental sino que puede ser el resultado de una combinación de ambas. A menudo, una aplicación declarativa puede hacer uso de los denominados Scripts que son de naturaleza procedimental, por ejemplo cuando se hace

referencia a un código Java TV (Xlet). Y una aplicación procedimental, a su vez, puede hacer referencia a una aplicación declarativa por ejemplo al contenido de un gráfico.

La middleware Ginga se puede dividir en dos subsistemas lógicos:

- Ginga-NCL.- es un subsistema lógico responsable del procesamiento de documentos NCL mediante la máquina de interpretación de contenido declarativo denominado formateador NCL. Además contiene módulos de usuario agente (UA) XHTML que incluye interpretadores CSS y ECMAScript y una máquina de interpretación LUA. Las aplicaciones se entregan a este subsistema lógico mediante el subsistema de núcleo común de Ginga (Ginga-CC). [43]
- Ginga-J.- es un subsistema lógico responsable del procesamiento de los contenidos activos mediante la máquina de ejecución de contenido procedimental compuesta por una máquina virtual de java (JVM). Este subsistema lógico es una extensión en la arquitectura del middleware que permite además, implementar servicios como IPTV.

A continuación se indica la arquitectura general para la plataforma Ginga (Figura 3-36) que puede ser implementada para televisión digital terrestre, así como para televisión digital satelital o televisión digital por cable.

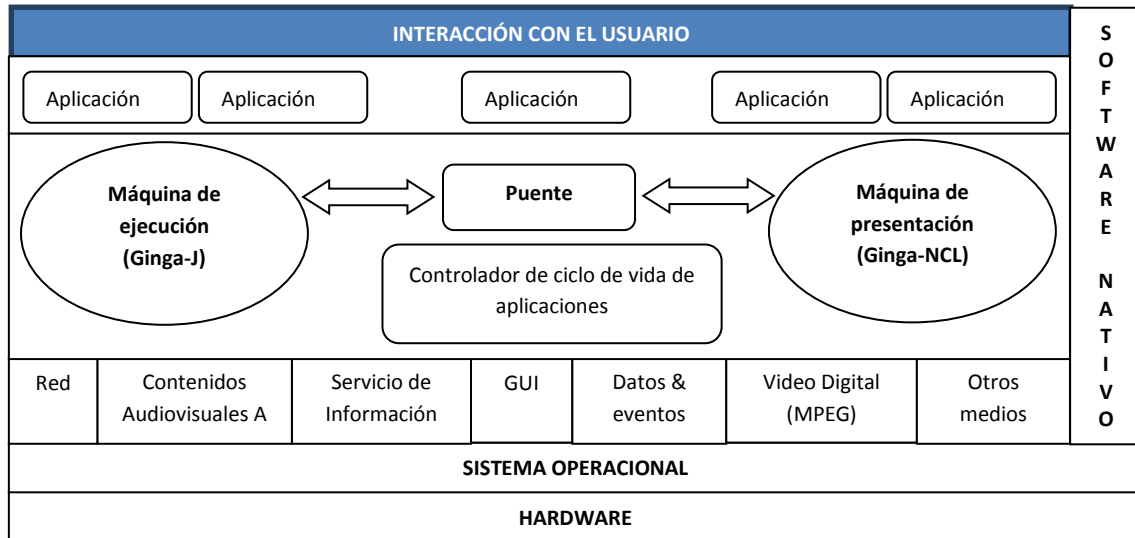


**Figura 3- 36.** Arquitectura Ginga

El núcleo común de Ginga (GCC) está compuesto por decodificadores de contenidos comunes y por procedimientos para obtener contenidos transportados en el Transport Stream MPEG-2 a través de un canal de interactividad. [42]

➤ **Arquitectura del middleware para datos**

La estructura general para el ambiente de aplicaciones [42] se indica en la Figura 3-37:



**Figura 3- 37.** Estructura para el ambiente de aplicaciones

Los elementos que conforman esta estructura son:

- La máquina de presentación que es la encargada de la codificación de datos y especificaciones de transmisión para la radiodifusión digital que utiliza Ginga-NCL para receptores fijos y móviles, además está basado en el lenguaje de aplicación XML para codificación de aplicaciones.
- La máquina de ejecución basada en Ginga-Java permite la ejecución del medio encargado del procesamiento de la información.
- El puente es el mecanismo para las aplicaciones que permite la correlación bidireccional entre la API Java y el LUA Script.
- El controlador de ciclo de vida de aplicaciones es la función del sistema operativo encargado de la inicialización, control y terminación del estado de software.
- Las aplicaciones que pueden ser desarrolladas para la máquina de presentación, para la máquina de ejecución o para ambas máquinas.
- Otros medios que incluyen flujos multimedia como audio y datos o flujos monomedia como imágenes estáticas o texto.

El software nativo que incluye el software de subtítulos o software escrito usando la API.

### 3.5 Resumen de Características técnicas para la difusión de servicios en TV digital.

Los servicios de difusión de datos constituyen una de las características principales de la televisión digital. A continuación se presenta una tabla con las características técnicas para la difusión de cada servicio, su función y los parámetros necesarios para su funcionamiento [42]:

Servicio	Función	Textos y gráficos	Imágenes estáticas	Audio	Video	Metadatos	Canal de Retorno	Asíncrono	Sincronismo(programa)	Sincronismo(tiempo)
<b>EPG (Guía Electrónica de Programación)</b>	Búsqueda y selección de programación	X	X	X	X	X		X	X	X
<b>Subtítulos</b>	Presentación de los diversos idiomas disponibles	X				X			X	X
<b>Audio con comentarios</b>	Presentación de comentarios			X					X	X
<b>Información adicional</b>	Presentación de la ficha de programa e información detallada	X	X	X	X	X		X	X	X
<b>Participación en programas</b>	Acceso de usuarios a programas de ventas, cuestionarios, etc.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Preguntas de los usuarios</b>	Acceso para que los usuarios puedan enviar preguntas	X				X	X	X		
<b>Distribución de software</b>	Distribución de aplicaciones como software de PC, juegos.					X	X	X		X
<b>Correo electrónico</b>	Envío de correo electrónico individual	X				X				

**Tabla 3- 6.** Requisitos técnicos para la difusión de datos



## Resumen de capítulo

En éste capítulo se abordó todos los temas concernientes a la estructura de transmisión y recepción en el estándar adoptado por el Ecuador (ISDB-Tb). En principio, se explicó la división del espectro radioeléctrico para dicho estándar. Posteriormente, se detalló cada aspecto correspondiente a la transmisión de una señal digital según la norma brasileña, es decir: codificación de video, audio y datos, paquetización (PES), estructura de las tablas PSI/SI, generación del Transport Stream y modulación de la señal. Luego se especificó la estructura de recepción para dispositivos fijos, portátiles y móviles. Finalmente se analizó los servicios de: Guía de Programación Electrónica (EPG) e interactividad en TV digital, resumiendo las características técnicas para la difusión de datos.

2013

# CAPÍTULO 4

ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS  
PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN EL  
LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL  
TERRESTRE ISDB-Tb





# 4

En el capítulo cuatro, ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE ISDB-Tb. se va a detallar tres alternativas de diseño para la implementación de un laboratorio de televisión digital, para lo cual se definirá los requerimientos de cada etapa de transmisión y recepción de la señal. De la misma manera, para las tres alternativas se realizará un análisis de los mecanismos que satisfagan lo siguiente: la generación de un Transport Stream, la creación de Multiprogramación, Mecanismos para incluir dentro del flujo de transporte una Guía de Programación Electrónica (EPG) y Contenidos interactivos, y se definirá las alternativas para cumplir las etapas de modulación y amplificación de la señal. Una vez analizado cada mecanismo, se definirá el equipamiento necesario y el presupuesto para cumplir cada alternativa, indicando las cotizaciones enviadas por empresas nacionales e internacionales encargadas de la venta de equipos para televisión digital. Finalmente se realizará una recomendación de la solución implementable en base a un análisis comparativo de las diferentes alternativas.





## **ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA LA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE ISDB-Tb**

Como se explicó en el capítulo uno, la etapa a la que se ha enfocado esta investigación ha sido denominada “Diseño de Laboratorio” la misma que debe cumplir con ciertos requerimientos tanto técnicos como económicos referentes a la transmisión y recepción de la señal digital. Esto con la finalidad de proporcionar herramientas para el desarrollo de la plataforma semántica del proyecto: “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital” [1].

Entre algunos de los requerimientos técnicos están: multiprogramación (para simular la sobrecarga de contenidos que tendrá un usuario de televisión digital), una guía de programación electrónica EPG (que facilitaría una posible comparación entre los contenidos dispuestos por el difusor y los contenidos de preferencia del usuario) y la inserción de contenidos interactivos dentro del flujo de transporte TS (para el desarrollo de aplicaciones en este estándar).

Además, el diseño propuesto deberá tener en cuenta el factor económico ya que el proyecto general ha sido financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca DIUC pero presenta un presupuesto limitado. Por este motivo es necesario presentar diferentes propuestas de diseño que contemplen la adquisición de equipamiento tanto con proveedores nacionales como internacionales, esto con la finalidad de realizar una propuesta implementable de diseño que cumpla con los requerimiento técnicos, anteriormente mencionados.

El diseño de laboratorio de televisión digital de cada alternativa se diferencia específicamente en la etapa de transmisión, con lo que dichas alternativas se las puede clasificar en:

- 1) Alternativa de solución basada en hardware.

- 2) Alternativa de solución basada en hardware y software.
- 3) Alternativa de solución integrada en un servidor.

Para todas las alternativas listadas arriba, la etapa correspondiente a la recepción de la señal digital es común en todas las opciones, por lo que las especificaciones y el equipamiento necesario serán detallados únicamente en la primera opción, sin embargo el valor económico del equipamiento será incluido en todas las alternativas.

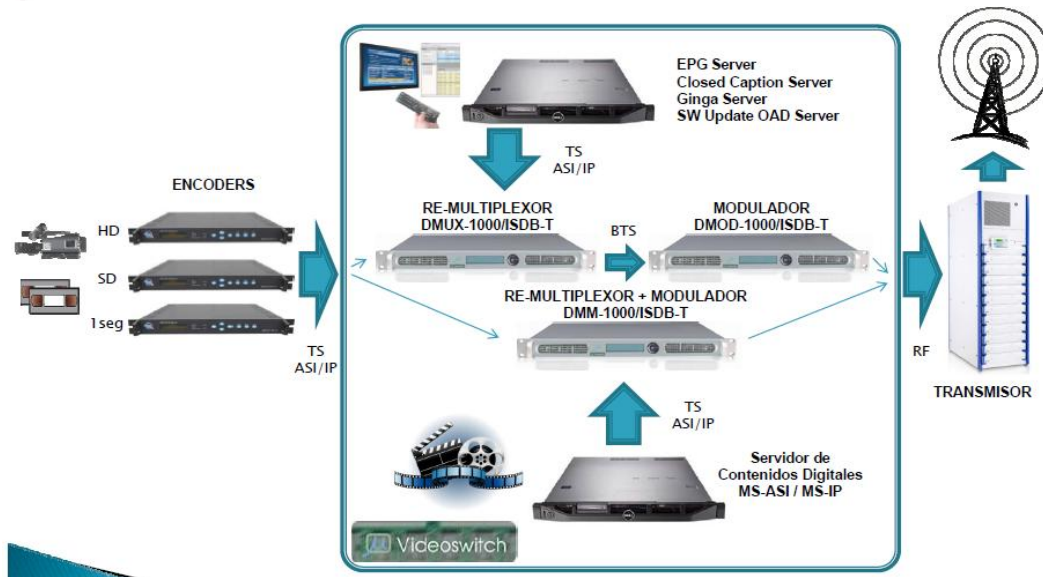
#### **4.1 Alternativa de solución basada en hardware**

Esta alternativa representa la opción más general para el diseño de un radiodifusor de televisión digital pues propone la utilización únicamente de dispositivos de hardware para la realización de la etapa de transmisión y recepción del laboratorio de televisión digital.

Por tratarse de equipamiento físico, se hace necesaria la investigación de soluciones tanto de proveedores nacionales como proveedores internacionales que faciliten la adquisición de este equipamiento para la radiodifusión.

##### **4.1.1 Arquitectura de la solución basada en hardware**

El diseño de laboratorio para esta alternativa pretende utilizar un equipamiento parecido al que se muestra en la Figura 4-1, a excepción de la etapa de amplificación RF pues no se necesita una mayor cobertura que la de un área convencional de laboratorio. A continuación se presenta la arquitectura básica para un radiodifusor de televisión digital en el estándar ISDB-Tb. [44]



**Figura 4- 1.** Arquitectura de la solución basada en hardware

Fuente: Videoswitch

#### 4.1.2 Etapa de transmisión

La etapa de transmisión contempla mecanismos únicamente basados en hardware para la realización de: codificación, paquetización (PES), generación del flujo de transporte TS (Transport Stream) y modulación de la señal que se trató en el capítulo tres.

La alternativa de diseño para la implementación del laboratorio de TV. Digital en su etapa de transmisión se la puede tratar en los siguientes 4 bloques:

1. Generación del Transport Stream
2. Multiprogramación
3. Servicios relevantes en TV. Digital
4. Etapa de Difusión
  - a) Etapa de Modulación
  - b) Etapa de Amplificación

##### ➤ Generación del Transport Stream

La generación del flujo de transporte TS (Transport Stream) se obtendrá como resultado de un proceso que inicia con la codificación de audio, video y datos mediante la utilización de codificadores físicos llamados “Encoders”. Se

emplean diferentes codificadores según la calidad de resolución: alta definición (HD), definición estándar (SD) o definición para dispositivos móviles (One-seg), tal como se indicó en la arquitectura (Figura 4-1).

Una vez codificados los contenidos de entrada, se procede a realizar la multiplexación con otros servicios adicionales como: Guía Electrónica de Programación EPG, Closed Caption o contenidos interactivos, todos estos pueden estar almacenados en uno o varios servidores. Una de las características del equipo multiplexador es que debe tener la capacidad de generar y retransmitir las tablas PSI/SI (tratadas en la sección 3.2.3 del capítulo tres).

Posteriormente, los contenidos obtenidos de los bloques de codificación y multiplexación son ingresados en el equipo modulador que conjuntamente con una etapa de amplificación, se encargarán de transmitir la señal mediante la interfaz de aire.

#### ➤ **Multiprogramación**

Para cumplir con uno de los requerimientos del “Sistema Recomendador” (ver Figura 1-1) referente a la necesidad de varios programas embebidos dentro de un mismo Transport Stream, este diseño se ve forzado a adquirir un mayor número de codificadores físicos según la cantidad de programas que se desea incrementar y transmitir simultáneamente. Aunque no se requiera un equipo adicional para la multiplexación, el incremento de los codificadores afectará notablemente el costo de implementación.

Otra manera de contar con múltiples programas se la obtiene mediante la adquisición de un equipo servidor de contenidos digitales, el mismo que generalmente cuenta con salidas IP o ASI. Estos contenidos serán directamente adjuntados por el equipo multiplexador con el objetivo de generar el flujo de transporte TS que se transmitirá a la interfaz de aire después de la etapa de modulación. Las características generales que contiene un servidor de contenidos digitales son:



- Una o varias salidas para los protocolos de comunicación, por ejemplo: ASI o IP
- Generación de múltiples programaciones de video en alta definición (HD) o definición estándar (SD).
- Alta flexibilidad para armar "PlayList", es decir edición de videos, programación, etc.

➤ **Servicios relevantes de TV. Digital para el diseño del laboratorio**

Los servicios adicionales de televisión digital se encuentran almacenados en uno o varios equipos servidores. Para este diseño de laboratorio se presenta el esquema de varios servicios adicionales como: Guía Electrónica de Programación EPG, Closed Caption, actualizaciones de software OAD y contenidos interactivos desarrollados en GINGA. La inserción de estos servicios adicionales se realiza mediante diferentes interfaces de comunicación como UDP/IP, RS-232 o USB.

➤ **Etapas de Difusión**

La etapa de difusión para el laboratorio de televisión digital será en su totalidad implementada por dispositivos de hardware. Esta etapa a su vez está compuesta por:

- a) La etapa de modulación.- donde se ingresa el flujo de transporte TS (Transport Stream) que está formado por los contenidos de entrada multiplexados con los servicios adicionales. Este flujo de transporte TS será transmitido mediante la interfaz de aire.

El equipo destinado para la multiplexación debe contar con al menos una salida RF con un canal OFDM de 6MHz de ancho de banda.

- b) La etapa de amplificación indicada en el esquema de la arquitectura de esta alternativa (figura 4-1) no es requerida puesto que el alcance de la transmisión está limitada a un área de laboratorio convencional. Sin



embargo, se debe conectar un amplificador de baja potencia en la salida RF que ofrece el equipo modulador.

#### 4.1.3 Etapa de recepción

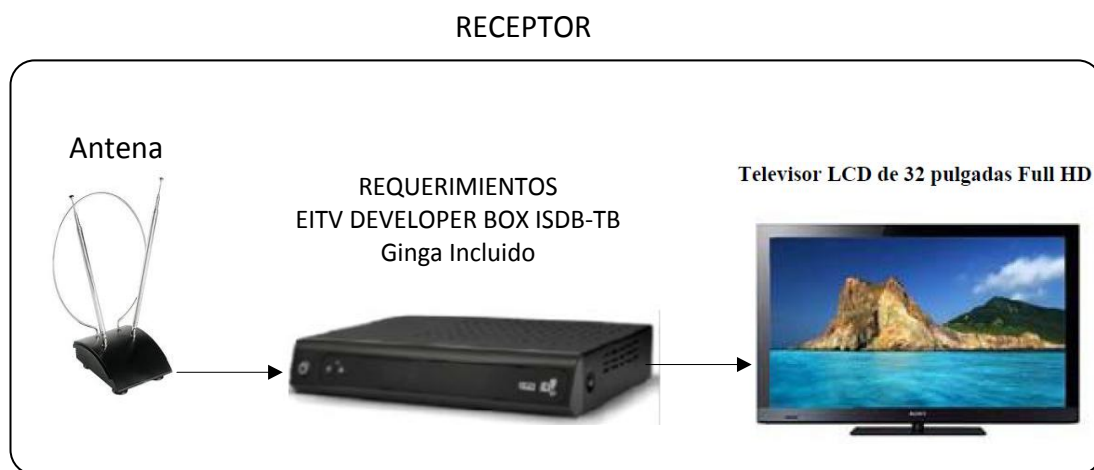
Para cualquier alternativa de transmisión, el diseño de laboratorio está formado por tres etapas encargadas de la recepción de la señal de televisión digital, estas son:

- a) **Recepción UHF:** Esta etapa está conformada por una antena UHF que es la encargada de recibir las ondas electromagnéticas que viajan a través de la interfaz de aire, de esta manera se captará la señal proveniente del transmisor.
- b) **Decodificación de la señal:** Para esta etapa necesariamente se debe utilizar un Set Top Box, debido a que este dispositivo va a permitir la decodificación de los datos enviados en el flujo de transporte TS (Transport Stream) para poder desplegarlo en un monitor. El principal requerimiento para la adquisición de este dispositivo es que sea un Set Top Box de desarrollo. Esto implica que este equipo no sea solamente capaz de decodificar el audio, video y datos, sino que a su vez pueda interpretar contenidos interactivos, es decir darle al televidente la facultad de manipular dicho contenido.
- c) **Visualización del Contenido:** Esto se lo realiza por medio de un televisor el cual no presenta mayores requerimientos para su adquisición, pero para poder visualizar las imágenes con una calidad agradable a la vista del televidente, y para poder diferenciar claramente entre una transmisión con una definición estándar (SD) o con alta definición (HD) se debe adquirir al menos un televisor LCD o LED.

##### 4.1.3.1 Equipamiento y requerimientos para la Recepción.

Como se indicó anteriormente, para la recepción del flujo de transporte TS (Transport Stream) es necesario contar con 3 dispositivos. El primero es una Antena UHF para captar la señal. El siguiente dispositivo es un Set Top Box para realizar la decodificación del flujo de transporte TS. El tercero es un televisor el cual permita visualizar la programación contenida en el flujo de transporte.

El esquema de recepción para el flujo de transporte TS con los equipos necesarios para captar, decodificar y presentar el contenido de los programas en un monitor, se encuentra en la siguiente figura:



**Figura 4- 2.** Equipos y requerimientos para la recepción de Tv. Digital

En cuanto al Set Top Box, existen varios dispositivos que pueden cumplir con la tarea de decodificar la señal de TV digital, y que permiten la utilización de los servicios de interactividad. A continuación se menciona tres tipos de decodificadores que brindan las mejores características:

Set Top Box	Características
<b>Conversor Digital VT7000A</b> <b>Visiontec</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo: VT7000A</li> <li>- Marca: Visiontec</li> <li>- Posee sintonizador de canales digitales en el estándar ISDB-Tb.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compatibilidad con el middleware Ginga.</li><li>- Retorno de canal de interactividad</li><li>- Visualiza imágenes en JPEG y PNG.</li><li>- Puerto USB</li><li>- Actualización del software vía internet</li></ul>
<p><b>Decodificador Digital CDR 1000D</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>- Modelo: CDR1000D</li><li>- Marca: CDR</li><li>- Recibe y Decodifica señal de TV según la Norma ISDB-Tb.</li><li>- Software de interactividad GINGA NCL.</li><li>- Soporta MPEG-2 H.264 HD/SD</li><li>- Soporta Picture in Graphic (PIG)</li><li>- Soporta Audio multi-lenguaje</li><li>- Actualización de software vía USB</li><li>- Conexión a internet vía LAN.</li><li>- 64 MB flash memory, 256 MB SDRAM</li></ul>
<p><b>EITV developer box ISDB-Tb</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>- Modelo: EITV developer Box</li><li>- Marca: EITV</li><li>- Recibe y Decodifica señal de TV según la Norma ISDB-Tb.</li><li>- Interactividad plena (DTV<sub>i</sub> – Ginga).</li><li>- Aplicaciones gráficas (GUI) vía servidores Web para instalación y configuración de aplicaciones GINGA(DTV<sub>i</sub>).</li><li>- Guía de Programación Electrónica (EPG).</li><li>- Conexión a internet vía LAN.</li><li>- Memoria RAM: 256 Mbytes, Memoria</li></ul>





	Flash: 128 Mbytes.
--	--------------------

**Tabla 4- 1.** Características de decodificadores

[45] , [46]

Por las características mencionadas de los decodificadores en la tabla anterior, podemos concluir que de los tres tipos el mejor es el EITV developer box ISDB-Tb, ya que al ser de desarrollo permite manipular muchos parámetros de interactividad. Además, este decodificador admite que los televidentes puedan contar con una Guía de Programación Electrónica (EPG).

#### **4.1.4 Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 1)**

Esta solución comprende en su totalidad la adquisición de equipamiento físico para la implementación del laboratorio de televisión digital. Mediante un análisis tanto de la arquitectura presentada en la Figura 4-1 como del equipamiento necesario para la transmisión y recepción de laboratorio de televisión (sección 4.1.2 y 4.1.3 respectivamente) se ha consultado a varios proveedores que pueden cubrir con estos requerimientos.

Por lo tanto, para la elaboración de la proforma correspondiente a la primera alternativa de diseño, se ha contactando con proveedores internacionales como OMB BROADCAST y proveedores nacionales como ECUATRONIX, para solicitar las cotizaciones de equipamiento respectivas.

➤ **Proveedor Internacional de equipamiento: OMB Sistemas Electrónicos S.A.**

Una de las empresas internacionales a quienes se le solicitó la proforma de equipos para la implementación de laboratorio digital fue una empresa con gran experiencia en el campo de radiodifusión llamada “OMB Sistemas Electrónicos S.A.” que tiene su sede en Zaragoza-España.



**Figura 4- 3.** Proveedor Internacional de equipamiento OMB Sistemas Electrónicos S.A.

“OMB Sistemas Electrónicos S.A. desarrolla, fabrica y comercializa sistemas de transmisión de radio y de televisión. Nace en 1985 con el objetivo de satisfacer la creciente demanda existente de equipamiento de radiodifusión de calidad y con el uso de la última tecnología.” [47]

A esta empresa se le solicitó las siguientes características:

- Un codificador para el estándar de televisión digital que admita diferentes entradas de audio y video analógico para de esta forma contar con multiprogramación.
- Un multiplexador que permita añadir servicios adicionales como: Guía Electrónica de Programación EPG y contenidos interactivos.
- Un modulador de baja potencia debido a que la transmisión está destinada a un área de laboratorio.
- De ser posible, un decodificador para el estándar de TV digital que permita desarrollar y probar aplicaciones interactivas.

Como respuesta a los requerimientos solicitados, OMB Sistemas Electrónicos S.A. presentó la siguiente cotización:



COTIZACIÓN N° 0464/2012 - UNIVERSIDAD DE CUENCA			
Cant.	Descripción	P.Unitario (€)	Total (€)
1	MPEG2 CODER IRIDIUM codificador mpeg 2 acorde a los estándares iso/iec 13181-2 e iso/iec 11172-2. salidas asi (2), RS-232, USB, TELEMETRÍA Y MONITOR DE VÍDEO ensamblado en 1u para rack de 19" - entradas 3 videos sdi / analógico + 6 audios	5000,00	5000,00
1	MOT 5 ISDBT DUAL CAST transmisor 5w dual cast ntsc e isdbt,, con precorrección lineal y no lineal adaptativa, con receptor gps incorporado. 4 entradas asi más gigabit entrada ethernet. gestión snmp y java. con protecciones de roe y temperatura	5500,00	5500,00
		<b>TOTAL €</b>	<b>10500,00</b>

**Tabla 4- 2.** Cotización presentada por OMB Sistemas Electrónicos S.A.

[47]

Para el mes de **octubre de 2012** en el que se solicitó dicha cotización, la tasa de cambio del Euro a Dólar Estadounidense era de **1.29670**. Por consiguiente la cotización de esta empresa en ese entonces era de: **13615,35 USD**. [48]

Para más información sobre los términos comerciales como: la forma de entrega, plazo de entrega, condiciones de pago, garantía y validez del presupuesto consultar la sección de ANEXO B1: PROFORMA\_OMB\_UCUENCA.

➤ **Proveedor Nacional de equipamiento: ECUATRONIX CIA LTDA.**

Una de las empresas dedicadas a la distribución de equipos para la televisión digital a nivel nacional, es la empresa ECUATRONIX CIA LTDA, la cual cuenta con experiencia en la implementación de laboratorios de televisión digital en el estándar ISDB-Tb.



**OFICINA QUITO:**  
Azcúnaga Oe4-170 y Av. Brasil  
Tlf: + 593 02 227 1271  
Fax: +593 02 292 4080

**OFICINA CUENCA:**  
Av. Isabel La Católica y Av. Loja  
Urb. La Piedra Casa #9  
Teléfono: 2817709  
Fax: +593 02 281 5907  
[www.ecuatronix.com.ec/](http://www.ecuatronix.com.ec/)

**Figura 4- 4.** Proveedor Nacional de equipamiento ECUATRONIX CIA LTDA.

*“Ecuatronic Cia. Ltda es una empresa establecida en Ecuador hace 35 años, que se dedicó a desarrollar proyectos integrales para la implementación de estaciones de Radio y Televisión, brindar servicio de post-venta, asesoramiento y consultoría en el área de Broadcasting en Ecuador y otros países de Latinoamérica” [49]*

Una vez analizado a detalle los requerimientos de la etapa de diseño de laboratorio, se solicitó las siguientes características:

- Un codificador para alta definición (HD), un codificador para la definición estándar (SD) y un codificador para la definición (One-seg) para dispositivos móviles
- Un servidor de servicios adicionales como: Guía Electrónica de Programación EPG y contenidos interactivos.
- Un equipo multiplexador y un equipo modulador de baja potencia debido a que la transmisión está destinada a un área de laboratorio.
- De ser posible, un decodificador para el estándar de TV digital que permita desarrollar y probar aplicaciones interactivas.

Como respuesta a los requerimientos solicitados, ECUATRONIX CIA LTDA presentó la siguiente cotización:

COTIZACION ECUATRONIX CIA LTDA - UNIVERSIDAD DE CUENCA			
Cant.	Descripción	P.Unitario	Total
1	Enconder de TV digital, marca HKL, modelo MD 9001 1 seg	27.040,00	27.040,00
1	Enconder de TV digital, marca HKL, modelo MD 9700 HD	30.100,00	30.100,00
1	Multiplexador de TV digital, marca HKL, línea ISCHIO, modelo ISMUX-004	4.030,00	4.030,00
1	Excitador Digital, para Transmisor de TV digital en UHF, marca HKL, modelo IS8001 con potencia de 100mW en UHF	9.550,00	9.550,00
1	Show Case PRO IFN50 Implementador de funciones ISDB-T, 1U para Rack 19, en configuración básica: Servidor de Información de Servicio - <b>SI</b> Servidor de Guía Electrónica de Programación – <b>EPG</b> Servidor de Interactividad - <b>GINGA</b> Modulo <b>Over- the- Air- Download</b> Modulo <b>Closed Caption</b> Modulo <b>Video Compuesto</b> Monitor de Gerenciamiento <b>SNMP</b> Dos salidas de DVB-ASI salida + entrada	24.738,00	24.738,00
1	Set top box EITV developer box ISDB-Tb	132,0000	132,00
	<b>SUB TOTAL :</b>	US \$	95.590,00
	<b>+ 12% IVA</b>	US \$	<b>11470,8</b>
	<b>TOTAL PUESTO EN ECUADOR:</b>	US \$	<b>107.060,80</b>

**Tabla 4- 3.** Cotización presentada por ECUATRONIX CIA LTDA

[49]

Para más información sobre los términos comerciales como: costo de instalación, plazo de entrega, forma de pago y validez de oferta consultar la sección de ANEXO B2: PROFORMA\_ECUATRONIX\_UCUENCA.

➤ **Análisis para la recomendación de la proforma**

Una vez considerado las proformas de los proveedores nacionales e internacionales, se ha establecido que la mejor opción para el equipamiento de esta alternativa es la presentada por la empresa nacional ECUATRONIX CIA LTDA. Esto debido a que su proforma es la que más cumple los requerimientos solicitados. Sin embargo, debemos considerar que el decodificador Set Top Box requerido debe ser de desarrollo, por lo tanto a dicha proforma se la debe considerar el tipo de codificador recomendado en la sección 4.1.3.1

Finalmente, se detalla el equipamiento necesario y el precio de cada elemento para la primera alternativa propuesta:

<b>PROFORMA - ALTERNATIVA 1</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Etapas de Transmisión</b>			
1	Enconder de TV digital, marca HKL, modelo MD 9001 1 seg	27.040,00	27.040,00
1	Enconder de TV digital, marca HKL, modelo MD 9700 HD	30.100,00	30.100,00
1	Multiplexador de TV digital, marca HKL, línea ISCHIO, modelo ISMUX-004	4.030,00	4.030,00
1	Excitador Digital, para Transmisor de TV digital en UHF, marca HKL, modelo IS8001 con potencia de 100mW en UHF	9.550,00	9.550,00
1	Show Case PRO IFN50 Implementador de funciones ISDB-T, 1U para Rack 19, en configuración básica: <ul style="list-style-type: none"> <li>Servidor de Información de Servicio - <b>SI</b></li> <li>Servidor de Guía Electrónica de Programación - <b>EPG</b></li> <li>Servidor de Interactividad - <b>GINGA</b></li> <li>Modulo <b>Over- the- Air- Download</b></li> <li>Modulo <b>Closed Caption</b></li> <li>Modulo <b>Video Compuesto</b></li> </ul>	24.738,00	24.738,00



	Monitor de Gerenciamiento <b>SNMP</b> Dos salidas de DVB-ASI salida + entrada		
<b>Etapa de Recepción</b>			
1	Televisor LCD	800,00	800,00
1	<b>Set top box EITV developer box ISDB-Tb</b>	900,00	900,00
SUB TOTAL :		US \$	97.158,00
+ 12% IVA		US \$	11658,96
<b>TOTAL PUESTO EN ECUADOR:</b>		<b>US \$</b>	<b>108.816,96</b>

Tabla 4- 4. Proforma – Alternativa 1

[49]

## 4.2 Alternativa de solución basada en hardware y software

Una de las alternativas existentes en el medio para la implementación de un laboratorio de televisión digital, consiste en utilizar tanto software como hardware para la generación, modulación, transmisión y recepción del Transport Stream.

### 4.2.1 Etapa de transmisión

La etapa de transmisión contempla mecanismos para la codificación, paquetización (PES), generación del Transport Stream y modulación de la señal tal como se lo trató en el capítulo tres. La alternativa de diseño para la implementación del laboratorio de TV. Digital en su etapa de transmisión se la puede tratar en los siguientes 4 bloques:

1. Generación del Transport Stream
2. Multiprogramación
3. Servicios relevantes en TV. Digital:
  - a) Guía Electrónica de Programación (EPG)
  - b) Contenidos Interactivos
4. Etapa de Difusión
  - a) Etapa de Modulación
  - b) Etapa de Amplificación

➤ **Generación del Transport Stream:**

Para la generación del Transport Stream se debe tener en cuenta todas sus etapas, es decir la codificación del audio, video y datos, la paquetización de dichos bloques, la generación de las tablas PSI/SI y la multiplexación de todo esto en paquetes de tamaño de 188 bytes. Por lo tanto para esta alternativa de implementación del laboratorio, para la generación del Transport Stream se considera utilizar un software libre el cual permita realizar todas las etapas mencionadas.

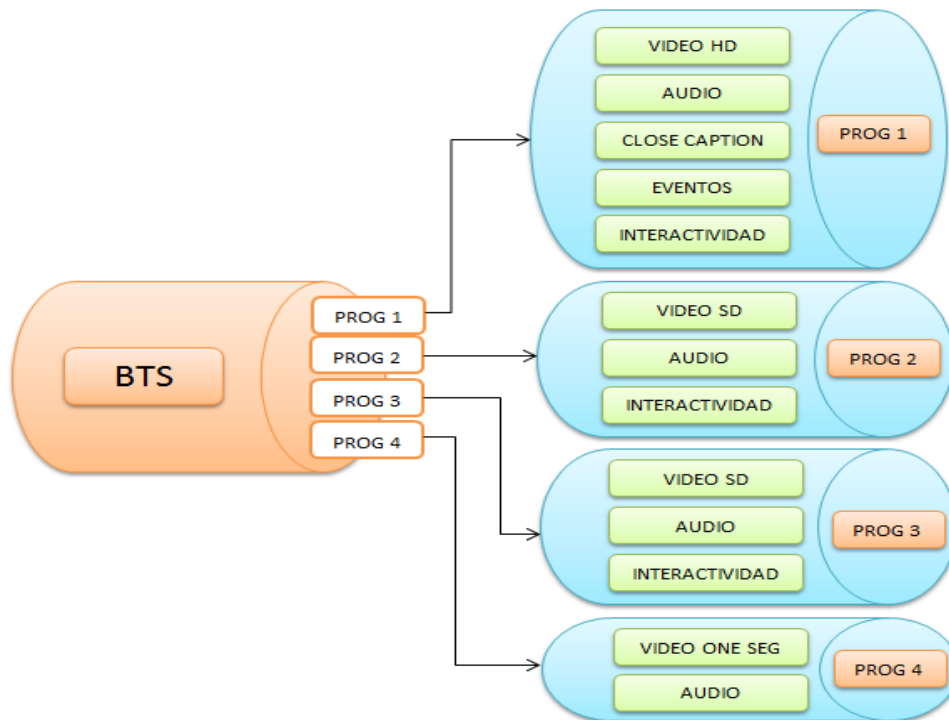
Una de las alternativas de software de código abierto o de libre distribución que permite la generación, procesamiento, emisión y difusión de contenidos encapsulados en MPEG-2 Transport Stream es **OpenCaster**. El software cuenta con múltiples bibliotecas para que por medio de comandos se pueda realizar la codificación del video, audio y datos; así como también se pueda realizar la paquetización PES como lo indica el estándar ISDB-Tb. Para la creación de las tablas PSI/SI se utiliza un lenguaje de programación llamado Python por medio del cual se puede compilar scripts que contienen varias bibliotecas de OpenCaster. Dichas bibliotecas se utilizan para manipular varios parámetros de transmisión como frecuencia, servicios contenidos en el Transport Stream, etc. Finalmente para multiplexar las tablas PSI/SI con los archivos de audio, video y datos codificados, se utiliza un comando propio de OpenCaster.

➤ **Multiprogramación:**

Para poder generar múltiples programas dentro de un mismo canal de TV digital, este diseño propone el uso de la misma herramienta que se utiliza para generar el Transport Stream, es decir OpenCaster. Por medio de OpenCaster, se puede crear un Transport Stream con múltiples programas, es decir se puede multiplexar más archivos de audio y video, señalizando los streams por medio de las tablas PSI. Dichas tablas PSI se deben crear por medio de un script en el lenguaje de programación Python.

Por medio de la herramienta OpenCaster se debe generar lo que se conoce como Broadcast Transport Stream (BTS), es decir que por una misma frecuencia o canal se debe multiplexar varios programas (Figura 4-5).





**Figura 4- 5.** Estructura de un Broadcast Transport Stream (BTS)

Fuente: LIFIA

Como se puede observar en la figura, existen varias configuraciones posibles para generar múltiples contenidos o programas televisivos dentro de un solo canal, es decir que es posible mandar múltiples programas a través del mismo ancho de banda de 6 Mhz. Los distintos programas que pueden ir en el Broadcast Transport Stream (BTS) pueden tener distintas calidades de información, es decir que se puede transportar HD, SD o LD (One-Seg).

➤ **Servicios relevantes para televisión digital:**

En el Transport Stream se pueden incluir múltiples servicios de gran utilidad y beneficio para los usuarios con respecto a los contenidos televisivos, entre los más importantes se puede mencionar a la Guía Electrónica de Programación (EPG) y a la generación de contenidos Interactivos.

**a) Guía de Programación Electrónica (EPG):**



La EPG es una fuente de información que proporciona a los usuarios descripciones de eventos y tiempos para varios días o semanas de programación, es decir brinda datos acerca de la programación televisiva disponible.

Para poder contar con este servicio de acuerdo a esta solución de implementación de laboratorio, se contempla además el uso de OpenCaster. En este sentido OpenCaster contiene bibliotecas utilizadas para la creación y multiplexación de las tablas necesarias para el funcionamiento de la EPG. Como se explicó en el capítulo tres, se necesita fundamentalmente crear la tabla EIT, para ello se compila un script generado en el lenguaje de programación Python. Finalmente, haciendo uso de comandos de OpenCaster, se multiplexa el video, audio, datos y todas las tablas PSI/SI necesarias para la creación y soporte del EPG. A continuación se especificará con mayor detalle la tabla EIT

- **Event Information Table (EIT).**

Esta tabla define todos los eventos asociados con los canales a transmitirse, por lo tanto provee descripciones de eventos, horarios, y duraciones de cada contenido televisivo para que el decodificador pueda crear el EPG.

Un evento de acuerdo a MPEG, está definido como una colección de varios Elementary Streams (ES) con un conjunto de bases de tiempo común para comenzar y finalizar al mismo tiempo.

Se puede transmitir tres tipos de tablas EITs las cuales pueden ser difundidas simultáneamente como se explicó en el capítulo 3. La primera es la “EIT actual”, la cual posee información de los eventos presentes que se transmiten en el Transport Stream.

El segundo es el “EIT siguiente”, el cual contiene información de todos los eventos posteriores que van a ser transmitidos en el Transport Stream. El tercero es el EIT de calendario, el cual contiene una lista de todos los eventos disponibles en la red.

Para formar la tabla EIT se debe obtener información tanto del **Master Guide Table (MGT)** como de **Virtual Channel Table (VCT)** el cual a su vez depende de los datos de **System Time Table (STT)** y de **Rating Region Table (RRT)**.

- **Master Guide Table (MGT):** Actúa como un índice para varias tablas como System Time Table, Rating Region Table, Virtual Channel Table, Event Information Table, y Extended Text Table. Donde brinda información del tipo de tabla, los tamaños de las tablas, los números de versión y valores PID, es decir contienen información necesaria para la correcta decodificación.
- **Virtual Channel Table (VCT):** Esta tabla se encarga de listar todos los canales que van en el Transport Stream con varias características como: nombre del canal, componentes del stream, identificadores de navegación, y tipos de streams. El EIT utiliza esta tabla para localizar y desplegar la información del canal en el EPG.
- **System Time Table (STT):** Contiene un único paquete que se utiliza para contar con una referencia de la hora actual del día.
- **Rating Region Table (RRT):** Utiliza cierto estándar de calificación de los programas, es decir permite a los televidentes filtrar ciertos programas basados en el contenido y su calificación.

#### **b) Contenidos Interactivos:**

El hecho de que un televidente tenga la facultad de interactuar con los contenidos televisivos que se presentan en su monitor es considerado una de las principales ventajas de la televisión digital frente a la televisión analógica. Es por ello que la generación de contenidos interactivos es el servicio que mayor investigación y desarrollo está consiguiendo en el campo de televisión digital. Por este motivo es de importancia que para cualquier alternativa de implementación de laboratorio se contemple un diseño que pueda soportar este servicio.

En este caso se utiliza el middleware de TV Digital explicado en el capítulo tres, llamado “Ginga” el cual es propio del estándar ISDB-Tb. Este middleware se puede subdividir en dos subsistemas principales que permiten desarrollar aplicaciones, estos son: Ginga-J y Ginga-NCL. Una vez generado los archivos que poseen contenido interactivo, se hacen uso de las herramientas que posee OpenCaster para la multiplexación del video, audio, datos, las tablas PSI/SI y el archivo con interactividad. Para el soporte de la transmisión de aplicaciones interactivas se emplea el carrusel de Objetos y se lo señala con la tabla AIT, por lo tanto para la generación de esta tabla se utiliza nuevamente el lenguaje de programación Python.

➤ **Etapas de Difusión:**

Esta etapa se encarga de la codificación del canal, modulación y amplificación de la señal, para que los flujos digitales que se van a transmitir se conviertan en señales que pueden difundirse por el aire con una cobertura adecuada dependiendo de las necesidades y del modo de radiodifusión.

**a) Etapa de Modulación:** Para la modulación se requiere una tarjeta moduladora multi-estándar que posea VHF y UHF up-converter, y que de soporte a los estándares basados en modulación QAM y OFDM.

**b) Etapa de Amplificación:** Como el diseño del laboratorio de televisión digital no tiene como fin abarcar un área de cobertura grande, se considera la utilización de un amplificador de RF de baja potencia, con un alcance de unos 5 metros aproximadamente. Y por medio de una antena UHF conectada a la salida del amplificador pueda abarcar el área del laboratorio. Esto además evitará infringir alguna norma de regulación de emisión de señales.

#### **4.2.2 Infraestructura de hardware y software propuesta.**

Una vez analizado la forma de cómo se va a realizar la transmisión y recepción de la señal de televisión digital de acuerdo a esta alternativa, en esta sección



se va a detallar los equipos y sus características necesarias para el correcto funcionamiento del mismo.

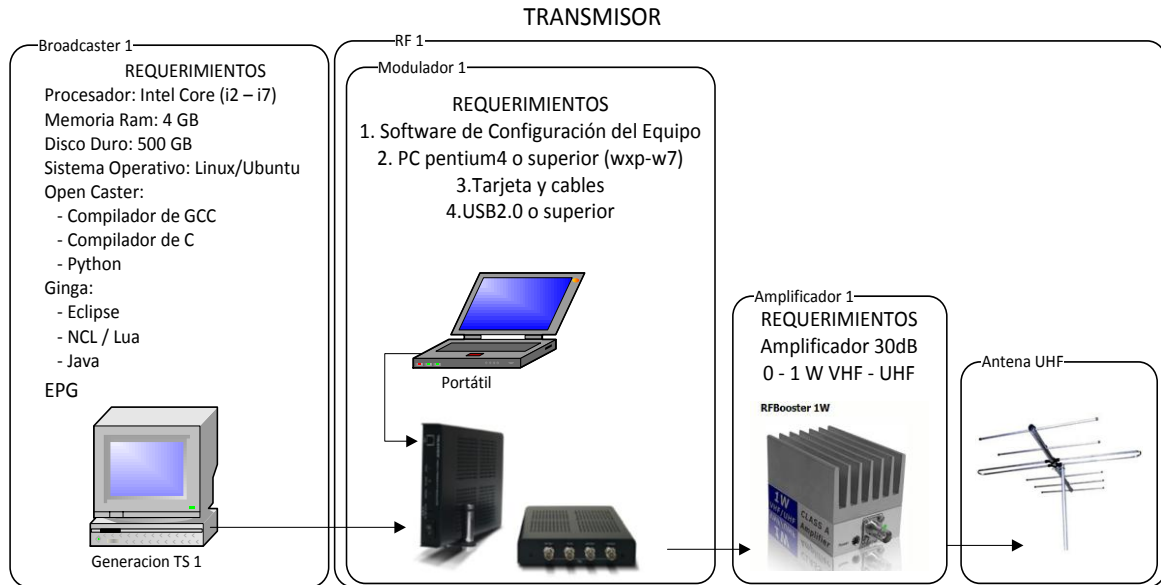
Para la generación del Transport Stream se requiere del software OpenCaster antes mencionado, para ello se necesita una Computadora PC la cual debe contar con un procesador Intel Core (i2 – i7), con una memoria RAM de 4 GB y Disco duro de 500 GB. OpenCaster al ser de libre distribución, se lo ejecuta sobre un Sistema Operativo de código abierto, en este caso es LINUX/Ubuntu.

Para poder utilizar el Middleware Ginga para la generación de contenidos interactivos, se debe tener instalado la plataforma Eclipse, así como también Java y NCL/Lua. Y para la generación y compilación de las tablas PSI/SI se necesita instalar en la PC el lenguaje de programación Python, y un compilador de C.

Para poder instalar la tarjeta moduladora se necesita una Computadora sin mayores requerimientos, la cual permita colocar algún software que posibilite cargar los archivos del flujo de transporte TS (Transport Stream) para su transmisión.

A la salida de la tarjeta moduladora se conecta un amplificador de RF, éste dispositivo no presenta mayores requerimientos, pero debe ser de baja potencia para que la señal tenga una cobertura adecuada y cubra únicamente el área del laboratorio. La última etapa de transmisión es conectar una antena UHF al amplificador para su emisión por aire.


La Figura 4-6 muestra la infraestructura necesaria para realizar la transmisión de una señal digital que contiene servicios de Guía Electrónica de Programación (EPG), y que soporta contenidos interactivos.



**Figura 4- 6.** Equipamiento y requerimientos para la transmisión de Tv. Digital

Existen múltiples tarjetas moduladoras en el mercado pero debido a sus características y precios se van a analizar dos de ellas para la elección adecuada de este dispositivo [50].

Tarjeta moduladora 1	Características
<p style="text-align: center;"><b>Premium USB DTV Modulator TVB597A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede cargar un Transport Stream MPEG desde un disco duro.</li> <li>- Salida DVB-ASI, SMPETE-310M para monitorización.</li> <li>- Salida VHF/UHF/L-band RF</li> <li>- Nivel de Salida RF programable (paso 0.1dB).</li> <li>- SDK para Windows 2000, XP(32/64bit), Vista(32/64bit), W7 (32/64bit), WDM y LINUX.</li> <li>- Las opciones disponibles de modulación son: CMMB, DVB-T/DVB-H, ATSC 8VSB, QAM(DVB-C y USA-QAM), DVB-S/DVB-S2, T-DMB, ISDB-T, ISDB-S, DTMB, ATSC-M/H, DVB-C2.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para ISDB-T (estándar ARIB STD-B31 v1.6), modo I, modo II, modo III. Mapping: DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM.</li> </ul>
<p><b>USB-2 VHF/UHF Modulator DTU-215</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede cargar un Transport Stream MPEG desde un disco duro.</li> <li>- USB-2 modulador base multi-estandar con soporte para QAM, OFDM-VSB.</li> <li>- Alimentado desde el bus USB-2 por ello no necesita adaptador de alimentación externa.</li> <li>- Soporta todas las constelaciones y modos de modulación para cada estándar.</li> <li>- Atenuador programable.</li> <li>- Generador de pruebas multi-estándar.</li> <li>- Rango de Frecuencia de 36 – 1002MHz +- 3ppm.</li> <li>- Ancho de banda (max): 8.0 MHz</li> </ul>

**Tabla 4- 5.** Características de las dos tarjetas moduladoras

Las dos tarjetas presentan características técnicas y económicas muy similares y brindan la posibilidad de modular en el estándar ISDB-Tb, es decir permiten la modulación en OFDM, QAM y todas sus constelaciones. Una de las ventajas de la tarjeta DTU-215 frente a la tarjeta TVB597A es que presenta un software para gestión del Transport Stream llamado StreamXpress, así como también tiene compatibilidad con analizadores de tramas para el Transport Stream. Es por este motivo que esta tarjeta DTU-215 brinda mejor predisposición para el primer diseño de implementación del laboratorio.

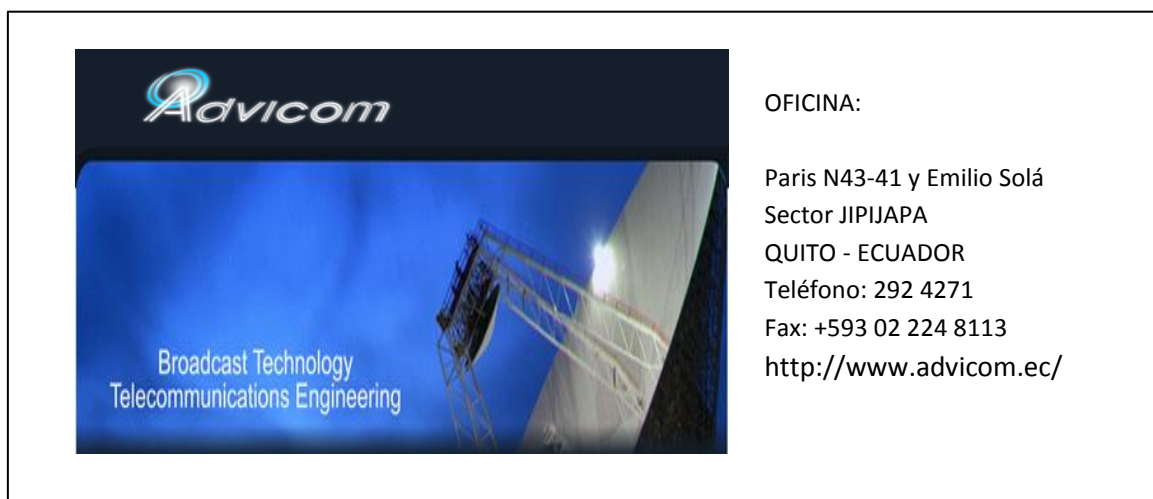
En cuanto a la selección del amplificador RF, en el mercado existen múltiples equipos que brindan alcances de cobertura variables. Pero como se explicó anteriormente el diseño de este laboratorio tiene como objetivo radiar a baja potencia, de tal manera que la cobertura sea de unos pocos metros.

### 4.2.3 Etapa de Recepción

La etapa de recepción y el equipamiento requerido son los mismos para cualquier alternativa propuesta. Esta etapa ha sido desarrollada a detalle en la sección 4.1.2 correspondiente a la primera alternativa propuesta.

### 4.2.4 Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 2)

Otra de las empresas dedicadas a la distribución de equipos para la televisión digital a nivel nacional es la empresa Advicom Cia Ltda, la cual cuenta con gran experiencia en la implementación de laboratorios de televisión digital para instituciones educativas en el estándar ISDB-Tb



**Figura 4- 7.** Proveedor Nacional de equipamiento Advicom CIA LTDA

*“ADVICOM CIA. LTDA ofrece soluciones y servicios tecnológicos de última generación, que sumado con nuestra amplia experiencia de muchos años en implementación de importantes proyectos para estaciones y empresas de Radiodifusión, Televisión y Telecomunicaciones dentro y fuera del Ecuador, han posicionado a ADVICOM CIA. LTDA. como uno de los mejores integradores de Soluciones Profesionales en el país” [51]*

Una vez analizado a detalle los requerimientos de la etapa de diseño de laboratorio, y ya que la parte correspondiente a la codificación, paquetización y





multiplexación se la realizara mediante el software abierto OpenCaster, a esta empresa se le solicitó los siguientes equipos:

- Una tarjeta moduladora para transmitir el flujo de transporte TS.
- Equipamiento necesario para la etapa de amplificación.
- Un equipo analizador de señal digital
- Un decodificador de desarrollo
- Un receptor móvil para definición One-Seg.

Como respuesta a los requerimientos solicitados, ADVICOM CIA. LTDA presentó la siguiente cotización:

COTIZACION #3024-13 ADVICOM CIA LTDA – UNIVERSIDAD DE CUENCA			
Cant.	Descripción	P.Unitario	Total
1	DEKTEC DTU-215 SP EDICION BASICA con opción de modulación dektec dtc-370 ISDB-Tb	4000,00	4000,00
1	MEDIDOR ESPECTRO y señal hd para tv analogica, digital y satelite, promax mod: tv explore hd isdb-t/tb. automatic tv & satellite level meter including auto-identification and explore for american standards and qam annex a&b, iscb-t. incluye carring bag dc-265	12.000,00	12000,00
1	Set top box EITV developer box ISDB-Tb	900,00	900,00
1	Monitor receptor gps para televisión digital 1 one seg marca foston	600,00	600,00
		<b>TOTAL</b>	<b>17500,00</b>

**Tabla 4- 6.** Cotización presentada por ADVICOM CIA LTDA

Para más información sobre los términos comerciales como: costo de instalación, plazo de entrega, forma de pago y validez de oferta consultar la sección de ANEXO B4: PROFORMA\_ADVICOM\_UCUENCA..

➤ **Análisis para la recomendación de la proforma**

Una vez considerada la proforma de la empresa ADVICOM CIA LTDA que es la empresa con exclusividad para la distribución de las tarjetas DekTec en el país, y que a excepción de los elementos de amplificación que no se han incluido en

dicha proforma, cumple con los requerimientos fundamentales solicitados como el de proporcionar un decodificador de desarrollo para el middleware Ginga. A continuación, se detalla el equipamiento necesario para esta alternativa. Este presupuesto complementa el equipamiento para la etapa de amplificación mediante la adquisición de elementos de proveedores locales.

PROFORMA - ALTERNATIVA 2			
Etapa de Transmisión			
Cant.	Descripción	P.Unitario	Total
1	DEKTEC DTU-215 SP EDICION BASICA CON OPCION DE MODULACION DEKTEC DTC-370 ISDBTb	4000,00	4000,00
1	AMPLIFICADOR SEÑAL TV 36 dB	12,00	12,00
1	ANTENA AIRE P/TV LPR-10R VHF-UHF /LPR-3UHF	25,00	25,00
1	ADAPTADOR IMPERANCIA TIBURON	0,60	0,60
Etapa de Recepción			
1	Set top box EITV developer box ISDB-Tb	900,00	900,00
1	Televisor LCD	800,00	800,00
1	MONITPR RECEPTOR GPS PARA TELEVISION DIGITAL 1 ONE SEG MARCA FOSTON	600,00	600,00
		<b>TOTAL</b>	<b>6337,60</b>

**Tabla 4- 7.** Presupuesto Alternativa 2

#### 4.3 Alternativa basada en una solución integrada en un servidor

Otra alternativa de diseño que permitiría la implementación del laboratorio de televisión digital consiste en una solución integrada en un servidor, la cual contiene las etapas de: generación, modulación, transmisión y recepción del flujo de transporte TS (Transport Stream) dentro de un mismo equipo servidor.

Una de las plataformas desarrolladas como una solución integral es la conocida con el nombre de VILLAGEFLOW (figura 4-8) que está basada en una plataforma de software para el multiprocesamiento del radiodifusor digital, y que cuenta con varios módulos adaptables según requerimientos específicos del proyecto.



**Figura 4- 8.** Logotipo de Plataforma VILLAGEFLOW versión 2

Fuente: [village-island.com](http://village-island.com)

*“VILLAGEFLOW® es una plataforma optimizada para la operación 24h/7d en tiempo real y continuo que admite una amplia variedad de adaptadores de entrada / salida (DekTec y otros proveedores de terceros). Básicamente, usted puede construir las instalaciones de transmisión más baratas, flexibles y altamente funcionales, al tiempo que permite diversas señales de radiodifusión y servicios experimentales difíciles” [52]*

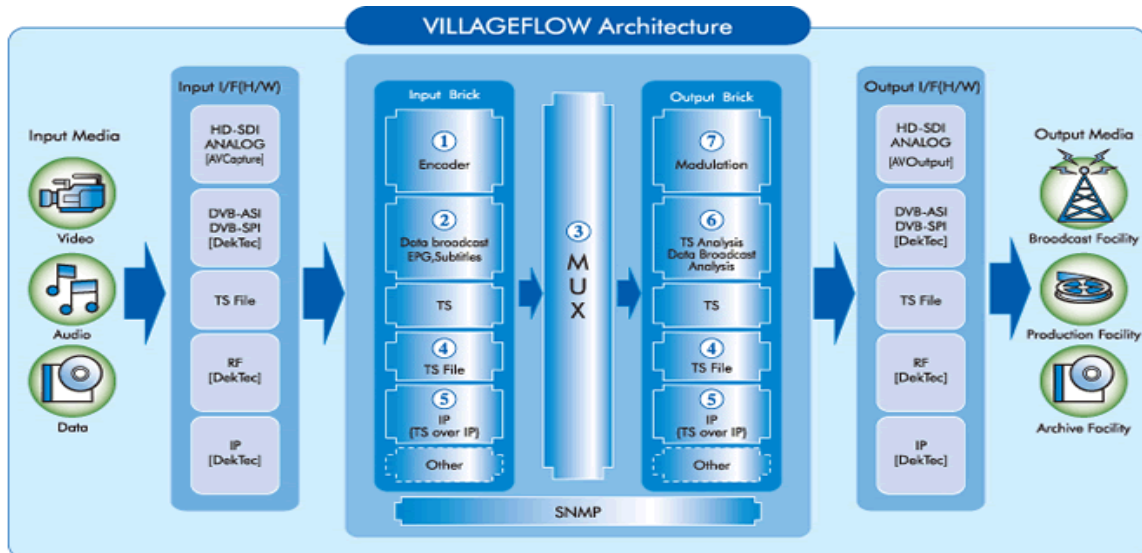
Esta plataforma dedicada al multiprocesamiento del radiodifusor digital es compatible con los diferentes estándares de televisión digital: ATSC, DVB, DTMB, ISDB-T e ISDB-Tb. Específicamente para el estándar de televisión digital brasileño ISDB-Tb, esta plataforma brinda un soporte completo pues incluye codificadores H.264 para alta definición (HD), definición estándar (SD) y definición One-seg, así como integración de servicios de subtítulos, EPG (Guía de Programación Electrónica) y de aplicaciones Ginga. Además cuenta con módulos tanto para modulación RF como para el monitoreo detallado de las diferentes definiciones de video.

### 4.3.1 Arquitectura de la plataforma

La arquitectura de esta plataforma está compuesta por 5 etapas (figura 4-9):

- a) Etapa de entrada de contenidos multimedia.- que pueden ser: audio, video y datos.
- b) Etapa de entrada I/F (H/W).- en esta etapa se produce la conversión de una o más señales analógicas normalizadas, del dominio de tiempo al dominio de frecuencia (I/F) mediante algunos elementos de hardware (H/W). Se realiza también la captura de contenidos audiovisuales (AvCapture) y de archivos de flujo de transporte (TS).
- c) Etapa SNMP (Protocolo Simple de Administración de Red).- esta etapa facilita el intercambio de información entre los elementos, además es la encargada de realizar varias funciones distribuidas en tres bloques:
  - Bloque de entrada.- En este bloque, principalmente, se realiza la codificación de audio, video y datos mediante el codificador (Encoder). Adicionalmente, se le agrega los diferentes servicios del radiodifusor digital como la EPG (Guía Electrónica de Programación), subtítulos, etc.
  - Bloque MUX.- Este bloque se encarga de la multiplexación de los datos del bloque de entrada como por ejemplo, los ES (Elementary Stream) que son el resultado de la codificación de audio video, entre otros.
  - Bloque de salida.- Una vez multiplexados los datos correspondientes al bloque de entrada, se continúa con la modulación de dichos datos, el análisis del flujo de transporte (TS), etc.
- d) Etapa de salida I/F (H/W).- en esta etapa se obtiene la salida de los contenidos audiovisuales y del resto de entradas correspondientes de la etapa b).

- e) Etapa de salida de contenidos multimedia.- en el que se transmite la señal digital hacia la interfaz de aire, brindando facilidades de producción y almacenamiento de los datos.



**Figura 4- 9.** Arquitectura de la plataforma VILLAGEFLOW

Fuente: village-island.com

[52]

Una vez presentada toda la arquitectura de esta alternativa de diseño para la implementación del laboratorio de TV. Digital, se procede a detallar la transmisión de los contenidos digitales a través de los siguientes 4 bloques:

1. Generación del Flujo de Transporte (TS)
2. Multiprogramación
3. Servicios relevantes en TV. Digital:
  - a) Guía Electrónica de Programación (EPG)
  - b) Contenidos Interactivos
4. Etapa de Difusión
  - a) Etapa de Modulación
  - b) Etapa de Amplificación

En esta alternativa, se encuentran todos estos bloques presentes en la interfaz gráfica de usuario denominada VF Gui (figura 4.10), la cual está basada en un software de servidor web de código abierto denominado EasyPHP. Esta interfaz gráfica permite la configuración de la plataforma y el control de los

servicios a transmitir, facilitando la transmisión de los contenidos digitales según el estándar de TV digital apropiado. [4]

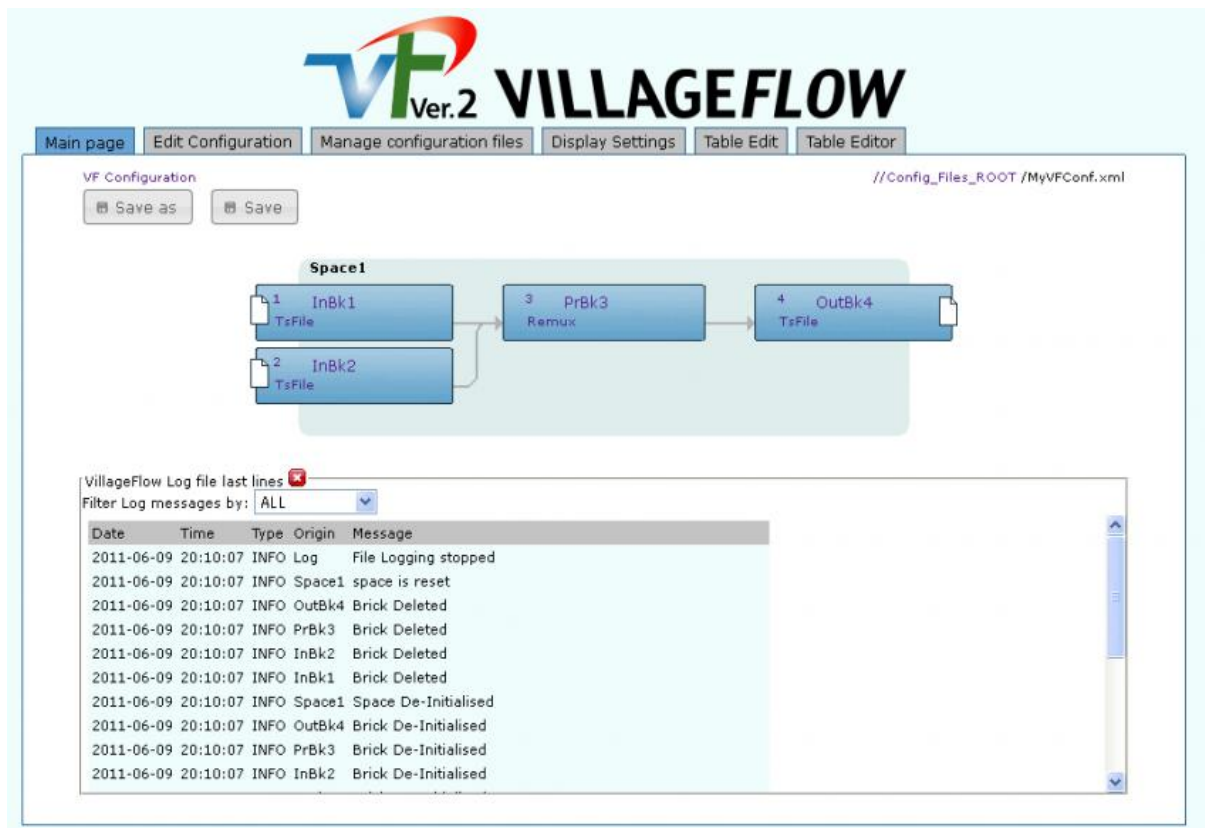


Figura 4- 10. Interfaz gráfica de usuario VF Gui de VILLAGEFLOW

Fuente: village-island.com

[53]

#### 4.3.2 Generación del Flujo de Transporte (TS)

Para el bloque de generación del flujo de transporte (Transport Stream - TS) esta plataforma VILLAGEFLOW versión 2, permite la combinación de diferentes módulos basados en hardware (H/W) o software (S/W) integrados en el servidor según los requerimientos específicos de cada proyecto o del estándar. Para el sistema brasileño de televisión digital ISDB-Tb es necesario módulos de codificación propios del estándar los cuales cuentan con licencias para su funcionamiento, además de módulos para la multiplexación y otras funcionalidades adicionales.



### ➤ **Codificación**

Este módulo cuenta con una función que permite la codificación en tiempo real mediante el uso de codificadores H.264 basados en hardware y/o software que requieren de licencias según la definición en la que se desea transmitir la señal digital, estas pueden ser: alta definición (HD), definición estándar (SD) y definición para dispositivos móviles (One-seg).

Dicho módulo cuenta también con codificadores MPEG-2 basados en hardware o software para alta definición (HD) y definición estándar (SD). Al emplear un codificador basado en hardware se obtiene una codificación de gamma alta. Este módulo cuenta además con un codificador para audio basado en software para los formatos MPEG1-L2, AAC, etc.

Otra de las funcionalidades de este módulo es que permite el monitoreo a través de capturas de pantalla en la PC y es compatible con archivos AVI, otros formatos de video de entrada A/V serán transformados automáticamente.

### ➤ **Multiplexador**

Este módulo permite la multiplexación de hasta 16 entradas para el flujo de transporte (TS) con filtrado y re-mapeo de PID que permite identificar cada una de las entradas. Además permite la administración de dichos servicios añadidos.

Otra característica de dicho módulo es el encargado de la generación y transmisión de tablas PSI/SI que incluye un editor de tablas que se indicaron en el capítulo tres, tales como: PAT, PMT, NIT, SDT, EIT, CAT, TDT/TOT, BIT, AIT, y más. Finalmente, se brinda una salida distribuida para el TS disponible.

Otra función de este modulo es que permite el ajuste de marca de tiempo “time-stamp” PCR (Program Clock Reference) que es una secuencia de caracteres

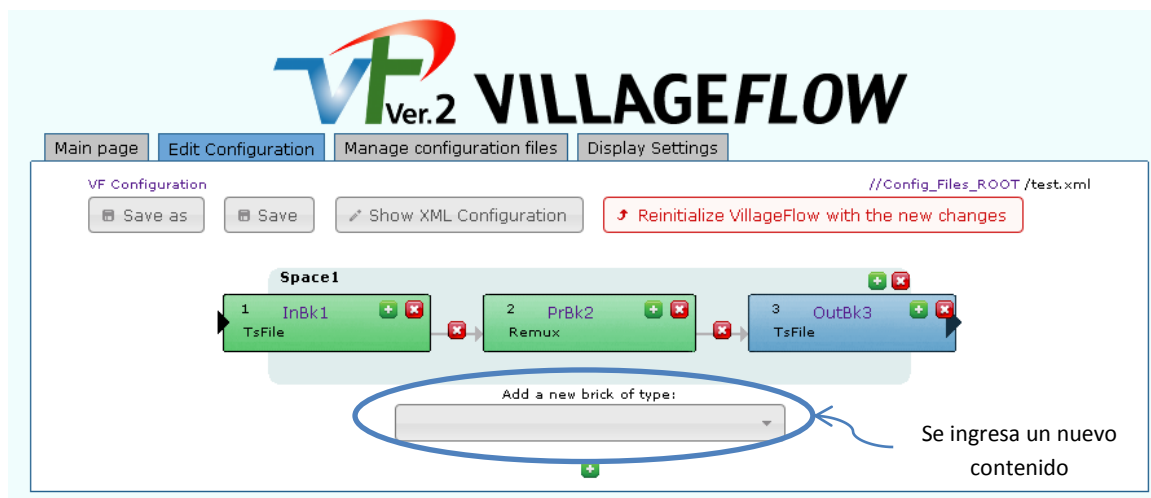
con fecha y hora que indica la creación, acceso o modificación de un evento determinado. [3]

Además, este modulo permite la ejecución de diferentes funciones para la configuración de las entradas del archivo de flujo de transporte, tal como el control programado de la reproducción de un archivo TS, el control de bucle (loop) para un archivo o un grupo de archivos y el ajuste de marca de tiempo “time-stamp” mencionado anteriormente.

La salida del archivo de flujo de transporte TS permite ser almacenado como un archivo TS con la posibilidad de realizar un corte según los requerimientos del usuario, por ejemplo según cada cierto tiempo o por cada espacio de memoria.

### 4.3.3 Multiprogramación

La multiprogramación permite enviar una variedad de programas a través de un mismo flujo de transporte (TS). Para el caso de esta plataforma, se utiliza la interfaz grafica de VILLAGEFLOW (Figura 4.11) en la que se deben insertar los archivos que se van a transmitir en la sección de espacio “Space 1”. Cada programa a ser transmitido debe ser añadido como un nuevo bloque como se indica en la parte inferior de la figura, así se genera un listado de los diferentes contenidos que van a ser multiplexados en un solo archivo de flujo de transporte TSFile. [53]



**Figura 4- 11.** Configuración de los contenidos a transmitir  
Fuente: village-island.com





Esta plataforma se encarga de transformar automáticamente el formato de video que se ingresa, ya sea desde un archivo u obtenido directamente desde una cámara de video para transmisiones en vivo. Una vez añadido al bloque principal, se procede a configurar los parámetros para su transmisión como por ejemplo la definición SD, HD o One-Seg.

#### **4.3.4 Servicios relevantes en TV Digital**

Esta plataforma brinda múltiples servicios relacionados a la televisión digital

##### **a) Guía Electrónica de Programación (EPG)**

Como ya se mencionó en la primera alternativa, la EPG es una fuente de información que proporciona a los usuarios descripciones de eventos y tiempos para varios días o semanas de programación, es decir brinda datos acerca de la programación televisiva disponible.

Para esta alternativa de diseño que considera una plataforma integrada en un servidor, esta guía electrónica de programación será añadida de una manera sencilla, mediante la interfaz grafica correspondiente. La característica particular que brinda dicha plataforma es que se consigue la generación y actualización automática de datos para EPG desde archivos estándar XML. [1]

##### **b) Contenidos Interactivos**

Esta característica, propia de la televisión digital, permite al usuario interactuar con el difusor de contenidos, obteniendo un sinnúmero de ventajas tanto educativas, informativas, comerciales, etc. Como ya se conoce, los contenidos interactivos para el estándar ISDB-Tb son desarrollados en la plataforma (middleware) Ginga y deben ser adjuntados en un mismo flujo de transporte TS.

Para la solución integral VILLAGEFLOW, se añade estos contenidos interactivos desarrollados en Ginga como otro bloque más en la interfaz gráfica. Estos contenidos interactivos serán multiplexados con otros servicios para

obtener un solo flujo de transporte, tal como se indicó en la figura (correspondiente a la sección de multiprogramación).

Esta plataforma cuenta con la capacidad de transmitir múltiples flujos elementales ES (Elementary Stream). Además, permite la actualización de sus módulos y presentación de mensajes de eventos, así como también la transmisión de subtítulos sincronizados con el video, tanto para receptores fijos como móviles de televisión digital.

#### **4.3.5 Etapa de Difusión**

En la etapa de difusión se considera tanto el proceso de modulación como el de amplificación de la señal digital para ser transmitida mediante la interfaz de aire.

##### **a) Etapa de Modulación**

Esta plataforma brinda un control detallado de la modulación OFDM con soporte para diferentes estándares: ISDB-T, ATSC, DVB-T, DTMB y control de modulación QAM. Además proporciona un control de frecuencia y nivel de salida. En cuanto a la demodulación, esta plataforma proporciona una selección simple de canal mediante el número de canal o su configuración con un análisis RF opcional.

##### **b) Etapa de Amplificación**

Puesto que el diseño contempla únicamente un área de laboratorio de televisión digital, la amplificación de la señal digital de salida no requiere de un amplificador adicional. El servidor cuenta con una tarjeta con salida RF donde se conectará directamente la antena.

Una característica importante que presenta esta plataforma es que con una adecuada etapa de amplificación, este sistema permite contar con una señal de televisión digital local que puede ser visualizada en televisores comunes.

#### **4.3.6 Etapa de Recepción**

La etapa de recepción y el equipamiento requerido son los mismos para cualquier alternativa propuesta. Esta etapa ha sido desarrollada a detalle en la sección 4.1.2 correspondiente a la primera alternativa propuesta.

#### 4.3.7 Proforma para la adquisición de equipamiento (Alternativa 3)

A continuación se presenta el presupuesto para la adquisición de la solución integral conocida como VILLAGEFLOW, como se observa en la siguiente tabla el precio está de acuerdo a las licencias para la transmisión en este estándar de televisión digital:

<b>PROFORMA - ALTERNATIVA 3</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Etapa de Transmisión</b>			
1	Plataforma para la generacion de Contenidos - Marca: VILLAGE-ISLAND,Modelo: Version 2.3 de Television Digital Terrestre que incluye: Licencia VF11 Licencia VF10 Licencia VF01 Licencia VF SI Licencia VF ENC SD Licencia VF ENC HD Licencia VF ENC 1SEG Licencia VF EPG Licencia VF GUI Licencia VF TMCC Licencia VF GINGA	27.000,00	27.000,00
<b>Etapa de Recepción</b>			
1	Televisor LCD	800,00	800,00
1	Set top box EITV developer box ISDB-Tb	900,0000	900,00
<b>TOTAL</b>		<b>US \$</b>	<b>28.700,00</b>

**Tabla 4- 8.** Proforma – Alternativa 3

#### **4.4 Recomendación de la solución implementable mediante un análisis comparativo de las diferentes alternativas.**

En esta sección se define un mecanismo de calificación para determinar el diseño con la alternativa implementable. Este análisis permitirá a los responsables del proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital” contar con una proforma adecuada para la adquisición del equipamiento de laboratorio. Para este efecto, se ha analizado los siguientes criterios de selección:

- **Factibilidad Económica del diseño.**- Este criterio evalúa cada alternativa implementable con la finalidad de seleccionar la opción cuyos beneficios por la adquisición del equipamiento estén enlazados al menor costo de implementación. Esto debido a que se cuenta con un presupuesto limitado para desarrollar el proyecto general que incluye además al sistema recomendador mencionado en el capítulo uno.
- **Factibilidad Técnica del diseño.**- Debido a que las tres alternativas propuestas para el diseño del laboratorio de televisión digital han sido desarrollados de tal forma que cumplan con los requerimientos técnicos de: multiprogramación, guía electrónica de programación EPG e inserción de contenidos interactivos, este criterio se basa principalmente en la disponibilidad de herramientas que facilitan la integración de estos servicios en el flujo de transporte TS.
- **Facilidad de pruebas para la plataforma semántica.**- Este criterio se basa en la facilidad que presenta cada alternativa para realizar las pruebas correspondientes a la plataforma semántica y pruebas adicionales de funcionamiento.
- **Investigaciones futuras.**- Este criterio está relacionado con la posibilidad que brinda cada alternativa de laboratorio para la realización de investigaciones adicionales en el campo de la televisión digital.

- **Movilidad del laboratorio.**- Este criterio está basado en la capacidad que brinda cada alternativa para poder desplazar el laboratorio hacia diferentes puntos de trabajo. Esto con la finalidad de no depender de un espacio físico determinado para la realización de pruebas de la plataforma semántica.

➤ **Mecanismo de selección de la alternativa implementable**

Para realizar la recomendación de la alternativa implementable sobre el laboratorio de televisión digital, el mecanismo que se emplea es una puntuación para cada criterio de selección mencionado y otra puntuación según la jerarquía de cada alternativa.

En la siguiente tabla se indica la importancia que tiene cada criterio de selección para la adquisición del laboratorio de televisión digital, misma que cumpla con los requerimientos descritos en el capítulo uno para el proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital”:

Criterios	Importancia	Puntaje
Factibilidad Económica del diseño	Muy Alta	50
Factibilidad Técnica del diseño	Alta	40
Facilidad de pruebas para la plataforma semántica	Media	30
Investigaciones futuras	Baja	20
Movilidad del laboratorio	Muy Baja	10

**Tabla 4- 9.** Importancia y puntaje para cada criterio

Esta puntuación indica la jerarquía que presenta cada alternativa frente a las demás, es decir que se califica según cuál es la mejor opción para cada criterio:

- A: calificación para la **alternativa con jerarquía alta** → Puntaje (3)
- B: calificación para la **alternativa con jerarquía media** → Puntaje (2)
- C: calificación para la **alternativa con jerarquía baja** → Puntaje (1)

Una vez establecido un puntaje tanto para la importancia de cada criterio como para la jerarquía de cada alternativa, el mecanismo de valoración consiste en

multiplicar dichos valores, siendo la alternativa recomendable la de mayor valor.

Criterios	Importancia	Puntaje	Alternativa 1 basada en hardware	Alternativa 2 basada en hardware y software	Alternativa 3 integrada en un servidor
Factibilidad Económica del diseño	Muy Alta	50	C	<b>A</b>	B
Factibilidad Técnica del diseño	Alta	40	C	<b>A</b>	<b>B</b>
Facilidad de pruebas para la plataforma semántica	Media	30	C	B	<b>A</b>
investigaciones futuras	Baja	20	C	B	<b>A</b>
Movilidad del laboratorio	Muy Baja	10	C	<b>A</b>	B

**Tabla 4- 10.** Puntuación según la jerarquía de cada alternativa

SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA IMPLEMENTABLE			
Parámetros	Alternativa 1 basada en hardware	Alternativa 2 basada en hardware y software	Alternativa 3 integrada en un servidor
Factibilidad Económica del diseño	$50 \times C = 50 \times 1 =$ <b>50</b>	$50 \times A = 50 \times 3 =$ <b>150</b>	$50 \times B = 50 \times 2 =$ <b>100</b>
Factibilidad Técnica del diseño	$40 \times C = 40 \times 1 =$ <b>40</b>	$40 \times A = 40 \times 3 =$ <b>120</b>	$40 \times B = 40 \times 2 =$ <b>80</b>
Facilidad de pruebas	$30 \times C = 30 \times 1 =$	$30 \times B = 30 \times 2 =$ <b>60</b>	$30 \times A = 30 \times 3 =$ <b>90</b>



para la plataforma semántica	<b>30</b>		
investigaciones futuras	$20 \times C = 20 \times 1 = 20$	$20 \times B = 20 \times 2 = 40$	$20 \times A = 20 \times 3 = 60$
Movilidad del laboratorio	$10 \times C = 10 \times 1 = 10$	$10 \times A = 10 \times 3 = 30$	$10 \times B = 10 \times 2 = 20$
<b>Puntaje Total</b>	<b>150</b>	<b>400</b>	<b>350</b>

**Tabla 4- 11.** Resultado del mecanismo de selección de la alternativa implementable

Como se puede observar en la tabla 4-11, la alternativa con mayor jerarquía y nivel de importancia (400 puntos) es la denominada **Alternativa de solución basada en hardware y software**. Por tanto, **se la recomienda como la alternativa implementable** para el proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información en Usuarios de TV digital”

## Resumen de capítulo



En el capítulo cuatro, se ha detallado tres alternativas de diseño para la implementación de un laboratorio de televisión digital, para lo cual se definió los requerimientos de cada etapa de transmisión y recepción de la señal. De la misma manera, para las tres alternativas se realizó un análisis de los mecanismos para satisfacer: la generación de un Transport Stream, la creación de Multiprogramación, Mecanismos para incluir dentro del flujo de transporte una Guía de Programación Electrónica (EPG) y Contenidos interactivos, y se definió las alternativas para cumplir las etapas de modulación y amplificación de la señal. Una vez analizado cada mecanismo, se definió el equipamiento necesario y el presupuesto para cumplir cada alternativa, indicando las cotizaciones enviadas por empresas nacionales e internacionales encargadas de la venta de equipos para televisión digital. Finalmente se realizó una recomendación de la solución implementable en base a un análisis comparativo de las diferentes alternativas.



2013

# CAPÍTULO 5

TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE  
TELEVISIÓN DIGITAL PARA EL LABORATORIO





El capítulo cinco, TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA EL LABORATORIO, aborda la creación de los archivos de configuración necesarios para la generación de la información a transmitir (video, audio y datos) de acuerdo a la alternativa recomendada al final del capítulo cuatro. Por lo tanto se va a detallar cada parámetro de software o hardware para satisfacer mecanismos de codificación, paquetización, generación del flujo de transporte, modulación, recepción y la inclusión de: multiprogramación, Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenido interactivo dentro de un flujo de transporte. Este capítulo puede ser utilizado como un manual o guía de usuario para elaborar y configurar parámetros en cada etapa involucrada en la transmisión y recepción de una señal digital.



## **TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA EL LABORATORIO**

Debido a que de las tres alternativas de implementación tratadas en el capítulo cuatro se recomendó la solución basada en software y hardware, en este capítulo se va a describir como transmitir y recibir una señal de televisión digital para el laboratorio de acuerdo a esa alternativa. Además, el presente capítulo puede ser utilizado como un manual de usuario para generar, transmitir y recibir la señal digital con servicios de: Guía de Programación Electrónica (EPG) y Contenidos interactivos.

### **5.1 Instalación de los elementos de hardware y software necesario para la transmisión.**

Para la generación del flujo de transporte, se requiere la instalación de un sistema Operativo libre para poder utilizarlo sin ninguna restricción de licencia, el sistema seleccionado es LINUX/Ubuntu. Esto es una consideración importante ya que sobre dicho sistema operativo va a instalarse el software OpenCaster con su versión 2.4 encargado de cada etapa de generación del Transport Stream.

#### **5.1.1 El Software OpenCaster.**

Como se explicó anteriormente OpenCaster es un software de código abierto, es decir de libre distribución desarrollado por la compañía Italiana “Avalpa Digital Engineering”, cuyo objetivo es la generación, procesamiento, emisión y difusión de contenidos encapsulados en MPEG-2 Transport Stream (MPEG-2 TS). El Sistema Operativo sobre el cual se instalará OpenCaster es GNU/LINUX Ubuntu con su versión 11.1. Otro requerimiento para la instalación de OpenCaster es instalar un compilador de C y un ambiente Python (lenguaje de programación interpretado), para la creación y compilación de las diferentes tablas PSI/SI.

OpenCaster no tiene soporte para la extensión a “Digital Video Broadcasting (DVB)” para la norma Japonesa y Brasileña. Por este motivo una alternativa



para poder utilizar el software es instalar un parche a OpenCaster creado por el “Laboratorio de Investigación y formación en Informática avanzada (LIFIA)”. Con la utilización de dicho parche en OpenCaster, es posible generar, procesar y difundir programación encapsulada en MPEG-2 Transport Stream con soporte para el estándar ISDB-T.

Por medio de OpenCaster conjuntamente con el lenguaje de programación Python, se puede correr scripts para generar y multiplexar las tablas PSI/SI descritas en el capítulo tres con los archivos de audio, video, y los servicios que se requiera como Guía de Programación Electrónica (EPG), o contenidos interactivos.

#### ➤ **Instalación del Software OpenCaster 2.4**

Una vez instalado el sistema operativo LINUX/UBUNTU 11.1, se procede a descargar e instalar OpenCaster 2.4, para ello existen dos alternativas. La primera es descargarla desde la página web de la compañía “AVALPA Digital Engineering” donde a más de contar con el software de instalación, posee un demo de un contenido generado con OpenCaster. Para poder utilizar y descargarse varios archivos de utilidad como manuales de usuario y varios servicios más, es necesario registrarse con un nombre de usuario y contraseña en dicha página [54]. La página de Avalpa es:

<http://www.avalpa.com/>

La segunda alternativa es más eficaz, consiste en descargarse OpenCaster 2.4, el parche creado por LIFIA para poder crear flujos de transporte en el estándar ISDB-T, y una guía de usuario para este software desde la siguiente dirección [55]:

<ftp://tvd.lifia.info.unlp.edu.ar/OpenCaster2.4/>

Previo a la instalación de OpenCaster2.4, para ejecutarlo correctamente se debe ingresar al Gestor de Paquetes Synaptic (de Ubuntu), y en el buscador (por nombre) se selecciona e instala los siguientes paquetes:

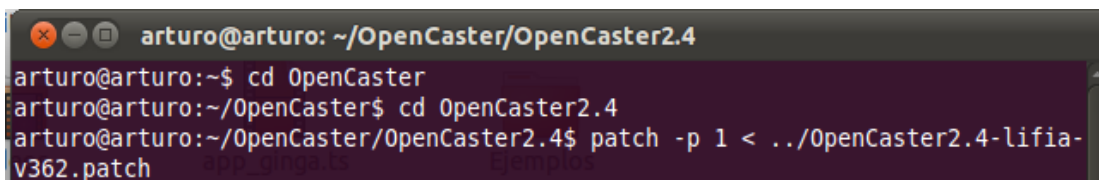
- Python2.7, Python-dev, Binutils, gcc, gcc-4.3, libc6-dev, libgomp1, LINUX-libc-dev, make, libpcap-dev, libpcap0.8, libpcap0.8-dev, zlib1g-dev, g++.

Una vez descargado e instalado todos los paquetes mencionados, se procede a instalar el software OpenCaster2.4 siguiendo los siguientes pasos:

1. En la pestaña “obtener software” que se encuentra ubicado en el “Centro de Software de Ubuntu”, se busca python2.7 y se instala tanto el IDLE como el Python.
2. Se crea una carpeta en el Escritorio llamada OpenCaster (nombre opcional) dentro de la cual se va a descomprimir el paquete de OpenCaster2.4 que se descarga del link antes mencionado.
3. El parche descargado de la compañía “LIFIA”, debe ser almacenado en la carpeta creada.
4. Una vez descomprimido el paquete OpenCaster2.4, y haciendo uso del terminal de LINUX, se ingresa a la carpeta que se creó llamada OpenCaster, y luego a la carpeta descomprimida llamada OpenCaster2.4. Una vez allí digita el siguiente comando:

**patch -p 1 < ../OpenCaster2.4-lifia-rev362.patch**

Este comando se utiliza para adjuntar el parche descargado anteriormente a OpenCaster como muestra la Figura 5-1.



```
arturo@arturo: ~/OpenCaster/OpenCaster2.4
arturo@arturo:~$ cd OpenCaster
arturo@arturo:~/OpenCaster$ cd OpenCaster2.4
arturo@arturo:~/OpenCaster/OpenCaster2.4$ patch -p 1 < ../OpenCaster2.4-lifia-
v362.patch
```

**Figura 5- 1.** OpenCaster2.4 con Parche de LIFIA

5. En la misma carpeta OpenCaster2.4 se digita: sudo make.
6. Finalmente se digita el comando: sudo make install.

Para probar la correcta instalación de OpenCaster, se ejecuta el siguiente



comando: `python -c "from dvbobjects.PSI.PAT import *"`

El comando se debería ejecutar sin mostrar ningún error en la salida.

➤ **Comandos disponibles en OpenCaster**

OpenCaster no posee una interfaz gráfica para la ejecución de sus herramientas, esto implica que para hacer uso de ellas se las debe ejecutar por medio de línea de comandos en el terminal de LINUX. A continuación se detalla brevemente los comandos más comunes usados en la emisión y recepción de flujos de transporte con servicios de televisión digital. La siguiente descripción de comandos fue obtenida del manual de OpenCaster2.4.

- `Dsmcc-receive`: Este comando extrae un sistema de archivos Digital Storage Media Command and Control (`dsmcc`) de un archivo de Transport Stream.
- `Esaudio2pes`: Este comando se encarga de encapsular los Elementary Stream (ES) de audio en Paquetized Elementary Stream (PES).
- `Esaudioinfo`: Este comando se encarga del análisis de los elementary streams mpeg de audio.
- `Esvideo2pes`: Este comando es utilizado para encapsular los Elementary Streams (ES) de video en Paquetized Elementary Stream (PES).
- `Ffmpeg`: Este comando es utilizado para la conversión de un formato específico de video a otro. Así como también por medio de esta herramienta se puede realizar la codificación y decodificación de archivos de audio y video en distintos formatos, con este comando se crea los Elementary Streams (ES).



- Oc-update.sh: Este comando se encarga de crear un Transport Stream por medio de un carrusel de objetos.
- Pes2es: Este comando permite extraer un Elementary Stream (ES) de un Program Elementary Stream (PES).
- Pesaudio2ts: Este comando permite transformar un Paquetized elementary stream (PES) de audio en un Transport Stream (TS).
- Pesinfo: Este comando se encarga de analizar la información de un Paquetized elementary stream (PES).
- Pesvídeo2ts: Este comando se encarga de transformar un Paquetized elementary stream (PES) de vídeo en un Transport Stream (TS).
- Sec2ts: Este comando se encarga de encapsular secciones en paquetes de Transport Stream.
- Ts2pes: Este comando se utiliza para transformar un Transport Stream (TS) en un Paquetized elementary stream (PES).
- Tscbrmuxer: Este comando se encarga de multiplexar los streams de audio, video, las tablas PSI/SI y todos los servicios en un solo Transport Stream.
- Tsdoubleoutput: Este comando se encarga de grabar el Transport Stream de salida.
- Tsloop: Este comando se encarga de generar un bucle, con el fin de que el set top box tenga el tiempo suficiente para sintonizar y buscar los servicios en el Transport Stream.



- Tsmodder: Este comando se encarga de sustituir un paquete de un Transport Stream con otro, de un valor de PID distinto.
- Tspcrmeasure: Este comando se utiliza para conocer la tasa de bits de un archivo de Transport Stream.
- Tspcrstamp: este comando se encarga de corregir los tiempos de transmisión y sincronización de un Transport Stream.
- Tsstamp: Este comando se encarga de corregir los PCR de un Transport Stream.
- Tstcpreceive: Este comando es utilizado para recibir las conexiones que llegan a través de un puerto específico, es decir construye un socket.
- Tstcpsend: Este comando se encarga de enviar un Transport Stream especificando parámetros del puerto, dirección de destino ip, y la tasa de bit.
- Tsttdt: Este comando se encarga de ajustar el tiempo del servicio, indicándole al reloj de los decodificadores sin afectar a ningún bufer de bajo nivel para sincronización.
- Tsudpreceive: Este comando se encarga de obtener archivos de video a través de una conexión UDP para su posterior multiplexación.
- Tsudpsend: Este comando es utilizado para enviar un Transport Stream a través de una conexión UPD.

[54]

## 5.2 Generación del Transport Stream por medio de OpenCaster.

Las etapas para la generación del Transport Stream fueron explicadas en el capítulo tres, en esta sección del presente capítulo, se pretende detallar todos los pasos para generar un flujo de transporte para su posterior transmisión.





El software OpenCaster permite ejecutar cada etapa en la generación del Transport Stream especificado en el estándar ISDB-Tb. Estas etapas son:

- Codificación
- Paquetización (PES)
- Formación de los archivos .TS de audio y video
- Tablas PSI/SI
- Multiplexación y formación del Transport Stream (TS)

Previo a explicar estas etapas, se debe tener en cuenta que la versión de OpenCaster admite únicamente que la fuente del audio y video sea de extensión .AVI, esto quiere decir que si los contenidos fuente tienen una extensión diferente a ésta, primero se debe realizar una conversión.

### 5.2.1 Transformación de un formato de video específico a un formato .AVI

Existen múltiples formas para cambiar de una extensión o formato de video específico a un formato .AVI. Una de ellas es hacer uso de un comando propio de OpenCaster llamado **ffmpeg** ejecutándolo en el terminal de LINUX. Otra manera es utilizar varios programas como VLC media player, 3GP Video Converter, etc. que entre una de sus funcionalidades está la conversión de formatos. En este caso se va a detallar la manera de convertir formatos de video utilizando el comando ffmpeg antes mencionado.

Para explicar el proceso de conversión, se va a utilizar un archivo llamado "UCuenca.wmv" con extensión Windows Media Video (.wmv). Este archivo va a ser convertido a un formato .AVI de la siguiente manera:

Primero es necesario percatarse cuales son las características del archivo fuente "UCuenca.wmv", para ello se debe utilizar el comando **idvid**, sus parámetros de funcionamiento se los puede observar en la Figura 5-2.

```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ idvid UCuenca.wmv
-----
idvid
Video identification script
Part of the tovid suite, version 0.31
http://www.tovid.org
-----
Analyzing file: 'UCuenca.wmv'. This may take several minutes...
=====
File: UCuenca.wmv
Width: 640 pixels
Height: 480 pixels
Aspect ratio: 1.33:1
Frames: 6863
Duration: 00:03:48 hours/mins/secs
Framerate: 1000.000 frames per second
Video format: WMV3
Video bitrate: 5500000 bits per second
-----
Audio track 1 (Stream 0.0, AID 0):
-----
Codec: wmv2
Bitrate: 0000 bits per second
Sampling rate: 48000 Hz
=====
```

Figura 5- 2. Análisis del archivo UCuenca.wmv

Como podemos observar en la Figura 5-2, el comando `idvid` seguido del nombre del archivo, presenta datos de: resolución, aspecto, duración, el número de frames por segundo, el formato del video, y el bitrate. Dichos datos son importantes para conocer las características que van a ser modificadas a la hora de convertir el archivo a un formato `.AVI`. Una vez conocido todas las características del archivo fuente, procedemos a cambiar el formato del mismo a una extensión `.AVI` como muestra la Figura 5-3.

```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ ffmpeg -i UCuenca.wmv -b
5500000 -s 720x480 -aspect 4:3 -r 30 UCuenca.avi
```

Figura 5- 3. Conversión del archivo UCuenca.wmv a UCuenca.avi

El comando funciona de la siguiente manera: **`ffmpeg -i UCuenca.wmv -b 5500000 -s 720x480 -aspect 4:3 -r 30 UCuenca.avi`**

- **-i:** Este parámetro permite hacer referencia al archivo fuente que va a ser convertido, en este ejemplo el archivo es `UCuenca.wmv`.
- **-b:** Este parámetro define la tasa de bits de video. En este ejemplo se

utiliza 5500000 bps manteniéndose la tasa de bits del video original como se puede visualizar en la Figura 5-2.

- **-s:** Este parámetro indica la resolución del video en pixeles, en este ejemplo se utilizó una resolución para calidad estándar (SD), la misma es: 720x480. Esto depende de la calidad que queremos darle a la imagen.
- **-aspect:** Este parámetro se utiliza para especificar la proporción o aspecto del video, es decir la proporción entre la anchura y altura de un video. Para este ejemplo se utiliza la proporción 4:3.
- **-r:** Este parámetro indica los fotogramas por segundo (fps), en este ejemplo se utiliza 30 fps.
- **UCuenca.avi:** Es el nombre que se indica al archivo de salida, el cual está convertido en un formato .AVI.

Para comprobar que el archivo transformado presenta los parámetros descritos, se utiliza nuevamente el comando `idvid` seguido del nombre y formato (.AVI) del archivo transformado, como muestra la Figura 5-4.

```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.avi  UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ idvid UCuenca.avi
-----
idvid
Video identification script
Part of the tovid suite, version 0.31
http://www.tovid.org
-----
Analyzing file: 'UCuenca.avi'. This may take several m
inutes...
=====
File: UCuenca.avi
Width: 720 pixels
Height: 480 pixels
Aspect ratio: 1.33:1
Frames: 6871
Duration: 00:03:49 hours/mins/secs
Framerate: 30.000 frames per second
Video format: FMP4
Video bitrate: 2424288 bits per second
-----
Audio track 1 (Stream 0.1, AID 0):
-----
Codec: mp2
Bitrate: 0000 bits per second
Sampling rate: 48000 Hz
=====
```

Figura 5- 4. Análisis del archivo UCuenca.avi

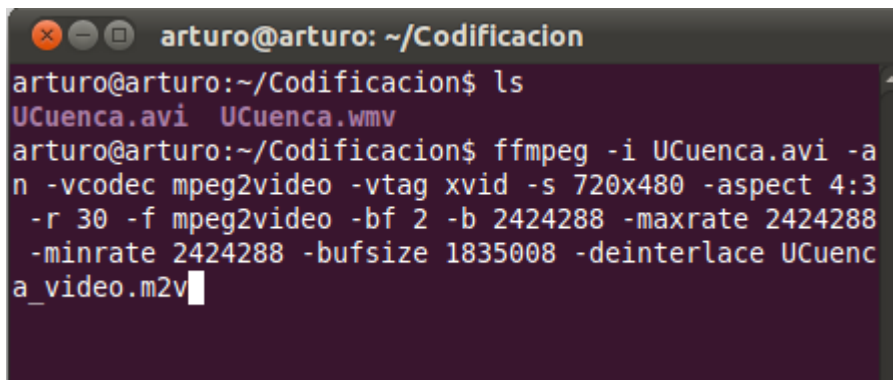
Para la explicación de cada etapa en la generación del Transport Stream, se va a partir del video .AVI llamado "UCuenca.avi". Es decir que a dicho video fuente, se le va a hacer pasar por todas las etapas para conseguir el flujo de transporte a ser transmitido. El video UCuenca.avi se encuentra alojado en una carpeta llamada "Codificación".

### 5.2.2 CODIFICACIÓN.

OpenCaster gestiona por separado la codificación del audio, video y datos, es decir, forma los Elementary Streams (ES) de cada uno de ellos. Por este motivo se va a analizar independientemente la codificación de audio y de video de la siguiente manera:

#### a) Codificación de Video

Para la codificación del video, se utiliza el comando **ffmpeg** el cual se encarga de aislar la parte de audio del archivo .AVI y codificar el video utilizando la biblioteca de codecs que posee este comando. Como resultado de esta herramienta se obtiene el Elementary Stream (ES) de video. La estructura del comando ffmpeg para codificación de video se la puede visualizar en la Figura 5-5.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.avi  UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ ffmpeg -i UCuenca.avi -a
n -vcodec mpeg2video -vtag xvid -s 720x480 -aspect 4:3
-r 30 -f mpeg2video -bf 2 -b 2424288 -maxrate 2424288
-minrate 2424288 -bufsize 1835008 -deinterlace UCuenc
a_video.m2v
```

Figura 5- 5. Comando ffmpeg para codificación de video

El comando funciona de la siguiente manera: **ffmpeg -i UCuenca.avi -an -vcodec mpeg2video -vtag xvid -s 720x480 -aspect 4:3 -r 30 -f mpeg2video -bf 2 -b 2424288 -maxrate 2424288 -minrate 2424288 -**

**bufsize 1835008 –deinterlace UCuenca\_video.m2v**

- **-i:** Este parámetro indica que el archivo llamado “UCuenca.avi”, es el archivo fuente del cual se va a extraer únicamente el video. Una alternativa a este parámetro puede ser **–in UCuenca.avi**.
- **-an:** Este parámetro se encarga de generar un archivo únicamente de video, es decir separa o ignora a la señal de audio del archivo fuente UCuenca.avi.
- **-vcodec:** Este parámetro indica el tipo de codec que se va a utilizar para el video, en este caso se utilizó un codec de video mpeg2video.
- **-vtag:** Este parámetro se utiliza para indicar el video tag o etiqueta, en este ejemplo se utiliza xvid. Este parámetro no afecta a la calidad del video.
- **-s:** Este parámetro indica la resolución del video en pixeles, para este ejemplo se colocó una resolución para calidad estándar (SD), la misma es: 720x480. Esto depende de la calidad que queremos darle a la imagen, pero el valor designado debe estar declarado en el estándar ISDB-Tb, indicado en la siguiente tabla:

<b>Formato de Video</b>	<b>Resolución [pixel]</b>
High Definition Television (HD)	1920x1080
	1280x720
Standard Definition Television (SD)	720x480
	720x576
Low Definition Television (LD)	320x240

**Tabla 5- 1.** Formatos de video y su resolución

- **-aspect:** Con este parámetro se especifica la proporción o aspecto, es decir la proporción entre la anchura y altura de un video. Para este ejemplo se utiliza la proporción 4:3 establecido en el estándar ISDB-Tb

como se muestra en la siguiente tabla:

Formato de Video	Proporción o Aspecto
High Definition Television (HD)	16:9
Standard Definition Television (SD)	4:3
	16:9
Low Definition Television (LD)	4:3

**Tabla 5- 2.** Formatos de video y Proporción

- **-r:** Este parámetro indica los fotogramas por segundo (fps). El estándar ISDB-Tb define que los fotogramas por segundo deben ser 30. Un fotograma o imagen circula uno detrás de otro para formar un video, por este motivo este parámetro es importante para la definición de la calidad del video.
- **-f:** Este parámetro indica el formato de salida de video, en este caso se utilizó el formato mpeg2video.
- **-bf:** Este parámetro indica “bidirectionally predictive coded picture” el cual contiene diferente información de la trama anterior o siguiente (I o P) dentro de un Group of Pictures (GOP). Para este ejemplo se define un valor de 2.
- **-b:** Este parámetro define la tasa de bits que utiliza la señal codificada, para este ejemplo el valor es 2424288 bps, y se optó por este valor para mantener una misma tasa de bits que del video UCuenca.avi.
- **-maxrate:** Este parámetro indica la tasa máxima. Dicho valor depende de la tasa de bits. Es decir toma el valor de 2424288 bps.
- **-minrate:** Este parámetro indica la tasa mínima. Dicho valor depende de la tasa de bits. Es decir para éste ejemplo toma el valor de 2424288 bps.
- **-bufsize:** Este parámetro define el tamaño del buffer, y se calcula de la

siguiente manera:

$$\text{Buffer size} = 1024 * 16 * (\text{Video Buffer Verifier})$$

El video Buffer Verifier es un modelo que se utiliza para verificar que el flujo de bits de memoria necesaria en el decodificador no exceda los valores especificados de perfil y nivel. Es por ello que el valor del Video Buffer Verifier para MPEG-2 es 112 Kbps. Caso contrario se debe utilizar 224 Kbps. Debido a estas consideraciones el Buffer size se calcula de la siguiente manera:

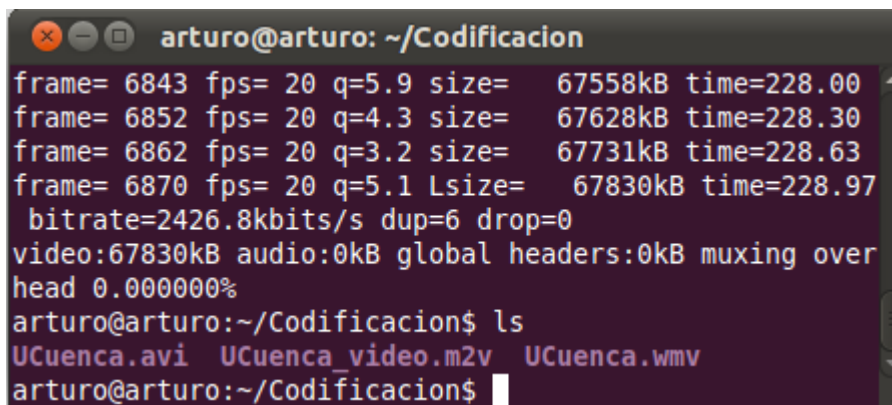
$$\text{Buffer size} = 1024 * 16 * 112 = 1835008$$

Por el contrario si se utiliza un valor de video buffer verifier de 224Kbps, el Buffer size sería:

$$\text{Buffer size} = 1024 * 16 * 224 = 3670016$$

- **Deinterlace:** Se encarga de desentrelazar las imágenes para poder reemplazar las líneas perdidas por un degradado entre las líneas previa y siguiente. Esta opción se la utiliza con mayor frecuencia cuando el video es obtenido de una videocámara.

Una vez especificado cada parámetro del comando ffmpeg, se puede observar en la Figura 5-6 como se va construyendo el elementary stream de video ES llamado "UCuenca\_video.m2v".

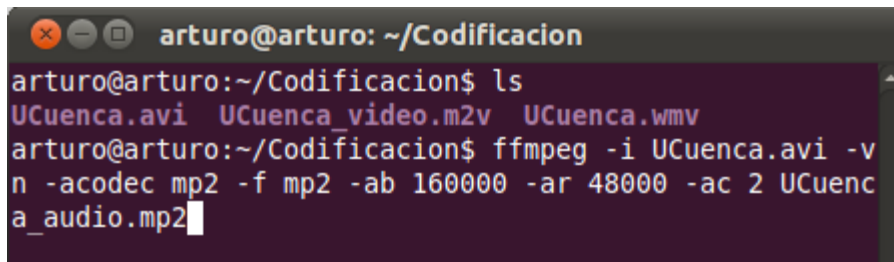


```
arturo@arturo: ~/Codificacion
frame= 6843 fps= 20 q=5.9 size= 67558kB time=228.00
frame= 6852 fps= 20 q=4.3 size= 67628kB time=228.30
frame= 6862 fps= 20 q=3.2 size= 67731kB time=228.63
frame= 6870 fps= 20 q=5.1 Lsize= 67830kB time=228.97
  bitrate=2426.8kbits/s dup=6 drop=0
video:67830kB audio:0kB global headers:0kB muxing over
head 0.000000%
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.avi UCuenca_video.m2v UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

**Figura 5- 6.** Generación del Elementary Stream (ES) de video

## b) Codificación de Audio

Para la codificación de audio, se utiliza la misma herramienta empleada en la codificación de video, es decir ffmpeg. Por medio de este comando se aísla la parte de video del archivo .AVI y se codifica el audio utilizando la biblioteca de codecs que posee esta herramienta. Como resultado de este comando se obtiene el Elementary Stream (ES) de audio. El comando ffmpeg para codificación de audio se puede visualizar en la Figura 5-7.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca.avi  UCuenca_video.m2v  UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ ffmpeg -i UCuenca.avi -v
n -acodec mp2 -f mp2 -ab 160000 -ar 48000 -ac 2 UCuenca
_audio.mp2
```

Figura 5- 7. Comando ffmpeg para codificación de audio

El comando funciona de la siguiente manera: **ffmpeg -i UCuenca.avi -vn -acodec mp2 -f mp2 -ab 160000 -ar 48000 -ac 2 UCuenca\_audio.mp2**

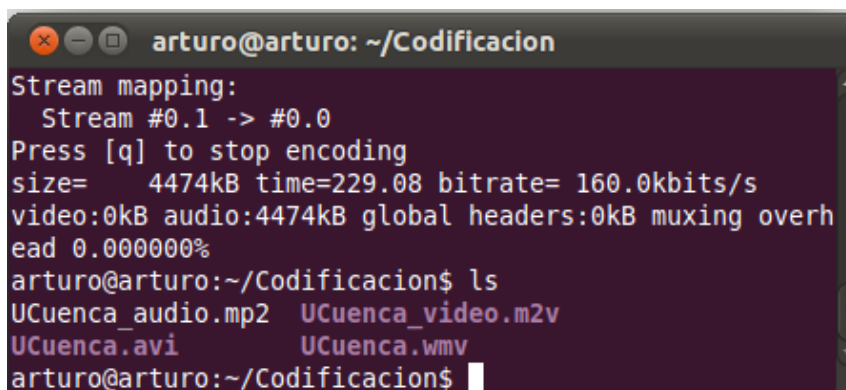
- **-i:** Este parámetro indica que el archivo llamado "UCuenca.avi", es el archivo fuente del cual se va a extraer únicamente el audio.
- **-vn:** Este parámetro se encarga de generar un archivo únicamente de audio, es decir separa o ignora a la señal de video del archivo fuente UCuenca.avi.
- **-acodec mp2:** Este parámetro indica el tipo de codec que se va a utilizar, en este caso se utiliza un codec de audio mp2.
- **-f:** Este parámetro indica el formato de salida de audio, en este caso se utiliza el formato mp2.
- **-ab:** Es la tasa de bits de la señal de audio, se utilizó una tasa de



160000 bits por segundo para conseguir mejor calidad de sonido. Este parámetro es importante añadirlo ya que por defecto la tasa viene de 64000 bits por segundo, la cual da una calidad baja al sonido. Este parámetro es dependiente de los valores establecidos en el estándar ISDB-Tb explicado en el capítulo tres.

- **-ar 48000:** Indica la frecuencia de muestreo de la señal de audio, la cual puede ser de 32000 Hz, 44100 Hz o de 48000 Hz. Para este ejemplo se utiliza una frecuencia de muestreo de 48000 Hz.
- **-ac 2:** Este parámetro se encarga de indicar el número de canales, en este caso se utilizan 2 debido a la recomendación de la norma para Codificación de Objetos Audiovisuales (ISO/IEC 14496-3:2005). Para un entorno de reproducción envolvente. Es decir que se utiliza el valor de 2 para poder tener una recepción estéreo.
- **UCuenca\_audio.mp2:** Este es el nombre que se le asigna al archivo de salida, es decir el Elementary Stream de audio.

Una vez especificado cada parámetro del comando ffmpeg, se puede observar en la Figura 5-8 como se va construyendo el elementary stream de audio ES llamado “UCuenca\_audio.mp2”.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
Stream mapping:
  Stream #0.1 -> #0.0
Press [q] to stop encoding
size=  4474kB time=229.08 bitrate= 160.0kbits/s
video:0kB audio:4474kB global headers:0kB muxing overh
ead 0.000000%
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v
UCuenca.avi        UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

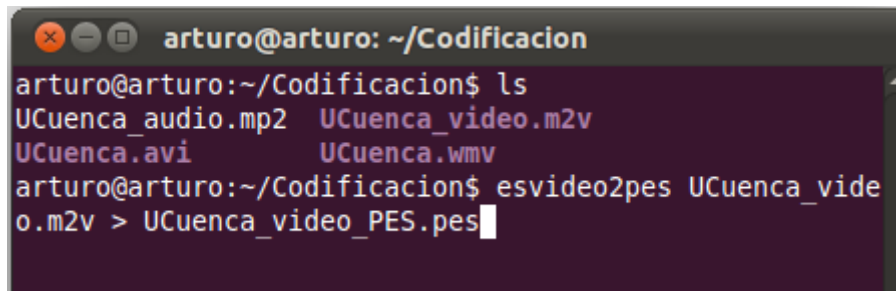
Figura 5- 8. Generación del Elementary Stream (ES) de video

### 5.2.3 Paquetización: Packetized Elementary Stream (PES).

Una vez generado los elementary streams tanto de audio como de video, el siguiente paso establecido en el estándar ISDB-Tb es formar paquetes de tamaño variable. De igual manera que la codificación, se va a tratar la paquetización de video y audio por separado.

#### a) Paquetización PES de video.

Para la paquetización del elementary stream de video, se utiliza el comando **esvideo2pes** el cual se encarga de encapsular los Elementary Streams (ES) de video en Packetized Elementary Stream (PES) de video. La estructura del comando se lo puede visualizar en la siguiente figura:



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v
UCuenca.avi        UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ esvideo2pes UCuenca_video.m2v > UCuenca_video_PES.pes
```

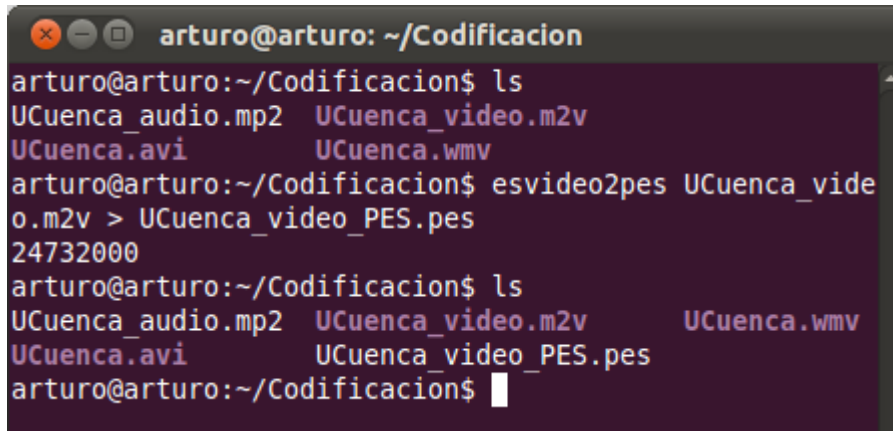
**Figura 5- 9.** Comando esvideo2pes para paquetización PES de video

El comando funciona de la siguiente manera: **esvideo2pes UCuenca\_video.m2v > UCuenca\_video\_PES.pes.**

- **UCuenca\_video.m2v:** Es el nombre del elementary stream de video en formato .m2v, el cual va a ser transformado en PES.
- **UCuenca\_video\_PES.pes:** Es el nombre que se le asigna al Packetized Elementary Stream de video, el cual tiene una extensión .pes.

La Figura 5-10 presenta en su parte de arriba el contenido de la carpeta “Codificación”, en la cual se encuentra el archivo fuente “UCuenca.wmv”, el archivo convertido llamado “UCuenca.avi” y los elementary streams de audio y

video. En la parte de abajo se puede visualizar el archivo “UCuenca\_video\_PES pes”.

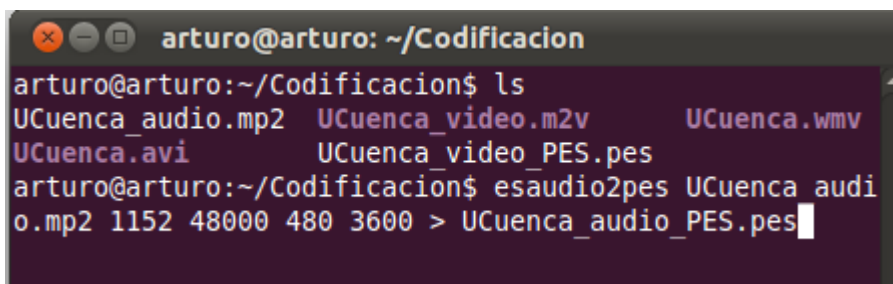


```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v
UCuenca.avi        UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ esvideo2pes UCuenca_video.m2v > UCuenca_video_PES.pes
24732000
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v      UCuenca.wmv
UCuenca.avi        UCuenca_video_PES.pes
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

Figura 5- 10. Generación del PES de video

#### b) Paquetización PES de audio.

Para la paquetización del elementary stream de audio, se utiliza el comando **esaudio2pes** el cual se encarga de encapsular los Elementary Streams (ES) de audio en Paquetized Elementary Stream (PES) de audio. La estructura del comando se lo puede visualizar en la Figura 5-11.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v      UCuenca.wmv
UCuenca.avi        UCuenca_video_PES.pes
arturo@arturo:~/Codificacion$ esaudio2pes UCuenca_audio.mp2 1152 48000 480 3600 > UCuenca_audio_PES.pes
```

Figura 5- 11. Comando **esaudio2pes** para paquetización PES de audio

El comando funciona de la siguiente manera: **esaudio2pes UCuenca\_audio.mp2 1152 48000 480 3600 > UCuenca\_audio\_PES.pes.**

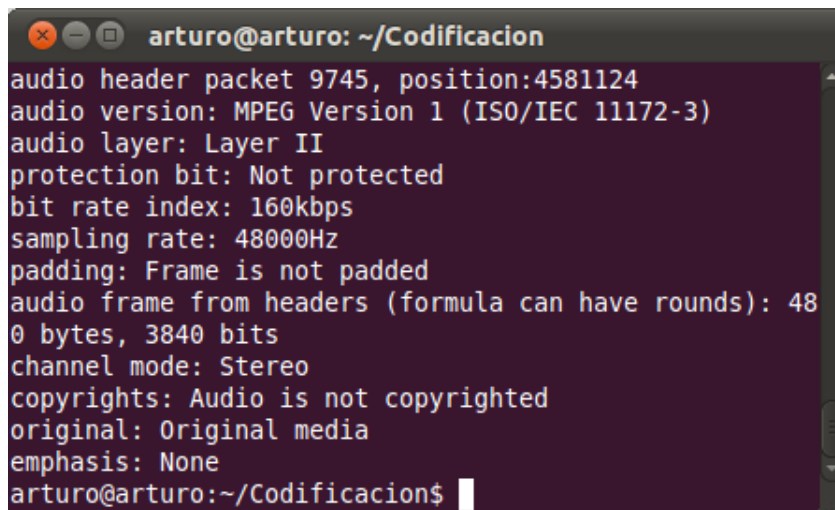
- **UCuenca\_audio.mp2:** Es el nombre del elementary stream de audio en formato .mp2, el cual va a ser transformado en PES.

- **1152:** Este parámetro indica el número de muestras por trama de audio. Este valor depende de la versión y capa MPEG que se esté utilizando. En este caso se utilizó 1152 ya que pertenece a la versión 1 de capa 2. Este valor se lo puede encontrar en la siguiente tabla:

	<b>MPEG 1</b>	<b>MPEG 2 (LSF)</b>	<b>MPEG 2.5 (LSF)</b>
<b>Capa 1</b>	384	384	384
<b>Capa 2</b>	1152	1152	1152
<b>Capa 3</b>	1152	576	576

**Tabla 5- 3.** Número de muestras por trama de Audio

Para comprobar que el número de versión y capa que se está utilizando corresponde al número de muestras por trama de audio, se puede hacer uso del comando **esaudioinfo** seguido del nombre del archivo a analizar, es decir del archivo “UCuenca\_audio.mp2”. La información resultante del comando se despliega en la siguiente figura.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
audio header packet 9745, position:4581124
audio version: MPEG Version 1 (ISO/IEC 11172-3)
audio layer: Layer II
protection bit: Not protected
bit rate index: 160kbps
sampling rate: 48000Hz
padding: Frame is not padded
audio frame from headers (formula can have rounds): 480
bytes, 3840 bits
channel mode: Stereo
copyrights: Audio is not copyrighted
original: Original media
emphasis: None
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

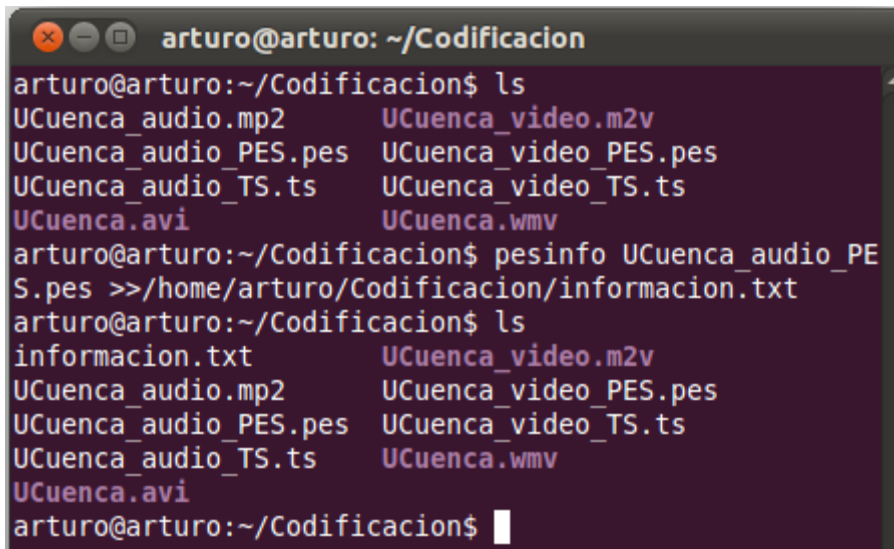
**Figura 5- 12.** Información del comando esaudioinfo

- **48000:** Este parámetro define la frecuencia de muestreo de la señal de audio, la misma que puede ser de 32000 Hz, 44100 Hz o de 48000 Hz como se explicó anteriormente.
- **480:** Este parámetro define el tamaño de la trama (FS) de audio, el cual se lo debe calcular de la siguiente manera:

$$FS = \frac{\left( \frac{\text{Número de muestras por trama}}{8} * \text{Tasa de bits de audio} \right)}{\text{Frecuencia de Muestreo de la señal}} + \text{Tamaño de Relleno}$$

$$FS = \frac{\left( \frac{1152}{8} * 160000 \right)}{48000} = 480$$

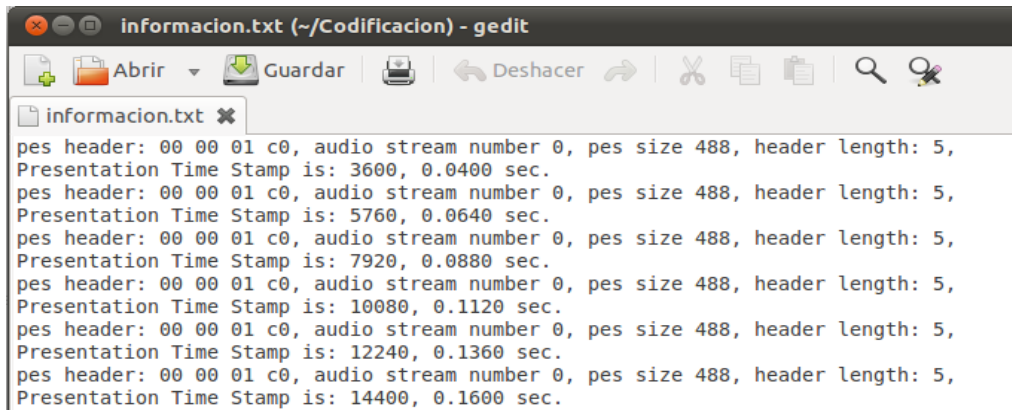
- **3600:** Este parámetro define el valor de desplazamiento del Presentation Time Stamp (PTS) el cual es utilizado para indicar el instante en el que se retira una unidad de acceso de la memoria intermedia del receptor, por lo tanto este parámetro debe ser utilizado para sincronizar el audio con el video para su correcta decodificación y visualización. Para verificar el valor del PST se puede utilizar el comando **Pesinfo**, como se indica en la Figura 5-13.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2      UCuenca_video.m2v
UCuenca_audio_PES.pes  UCuenca_video_PES.pes
UCuenca_audio_TS.ts   UCuenca_video_TS.ts
UCuenca.avi           UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ pesinfo UCuenca_audio_PES.pes >>/home/arturo/Codificacion/informacion.txt
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
informacion.txt        UCuenca_video.m2v
UCuenca_audio.mp2     UCuenca_video_PES.pes
UCuenca_audio_PES.pes UCuenca_video_TS.ts
UCuenca_audio_TS.ts  UCuenca.wmv
UCuenca.avi
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

Figura 5- 13. Comando pesinfo para analizar el PTS

Para poder visualizar el primer valor del PTS lo que se suele hacer es grabar todos los datos de salida en un archivo .txt. En este ejemplo se grabó en el archivo información.txt (Figura 5-14), donde se puede observar que el primer valor de PTS es 3600.

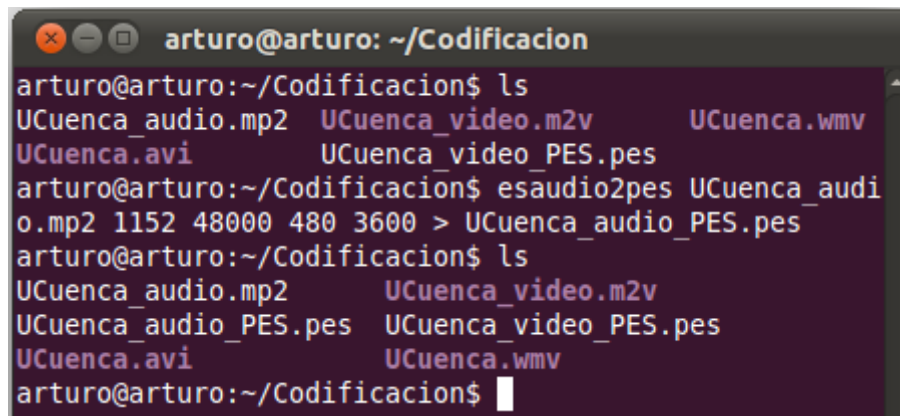


```
informacion.txt (~/Codificacion) - gedit
Abrir Guardar Deshacer
informacion.txt x
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 3600, 0.0400 sec.
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 5760, 0.0640 sec.
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 7920, 0.0880 sec.
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 10080, 0.1120 sec.
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 12240, 0.1360 sec.
pes header: 00 00 01 c0, audio stream number 0, pes size 488, header length: 5,
Presentation Time Stamp is: 14400, 0.1600 sec.
```

Figura 5- 14. Información del comando Pesinfo en un archivo .txt

- **UCuenca\_audio\_PES.pes:** Es el nombre que se le asigna al Packetized Elementary Stream de audio, el cual tiene una extensión .pes.

La Figura 5-15 presenta el proceso de transformación de un elementary stream de audio llamado “UCuenca\_audio.mp2” en un packetized elementary stream de audio llamado “UCuenca\_audio\_PES.pes”.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2  UCuenca_video.m2v  UCuenca.wmv
UCuenca.avi        UCuenca_video_PES.pes
arturo@arturo:~/Codificacion$ esaudio2pes UCuenca_audio.mp2 1152 48000 480 3600 > UCuenca_audio_PES.pes
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2      UCuenca_video.m2v
UCuenca_audio_PES.pes  UCuenca_video_PES.pes
UCuenca.avi            UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$
```

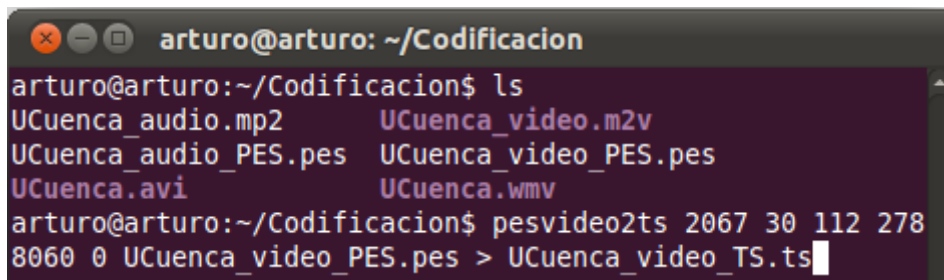
Figura 5- 15. Generación del PES de audio

## 5.2.4 Formación de los archivos .TS de video y audio

### a) Archivo .TS de Video

Para generar el archivo .TS de video, se hace uso del comando: pesvideo2ts el cual se encarga de transformar un Paquetized Elementary Stream (PES) de vídeo en un Transport Stream (TS) de video. La estructura del comando se lo

puede visualizar en la Figura 5-16.



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2      UCuenca_video.m2v
UCuenca_audio_PES pes UCuenca_video_PES.pes
UCuenca.avi           UCuenca.wmv
arturo@arturo:~/Codificacion$ pesvideo2ts 2067 30 112 278
8060 0 UCuenca_video_PES.pes > UCuenca_video_TS.ts
```

**Figura 5- 16.** Formación del archivo .TS de video

El comando funciona de la siguiente manera: **pesvideo2ts 2067 30 112 278 8060 0 UCuenca\_video\_PES.pes > UCuenca\_video\_TS.ts.**

- **2067:** Este parámetro indica el valor de PID asignado a la señal de video, este valor debe ser especificado luego en la tabla PMT.
- **30:** Este parámetro define el número de fotogramas por segundo (fps). El estándar ISDB-Tb define que los fotogramas por segundo deben ser 30.
- **112:** Este parámetro indica el valor del verificador del buffer de video (VBV) explicado en la sección de codificación de video.
- **2788060:** Este valor se utiliza para definir el ancho de banda, el cual debe ser un 15 % mayor que la tasa de bits de la señal de video. Por lo tanto:

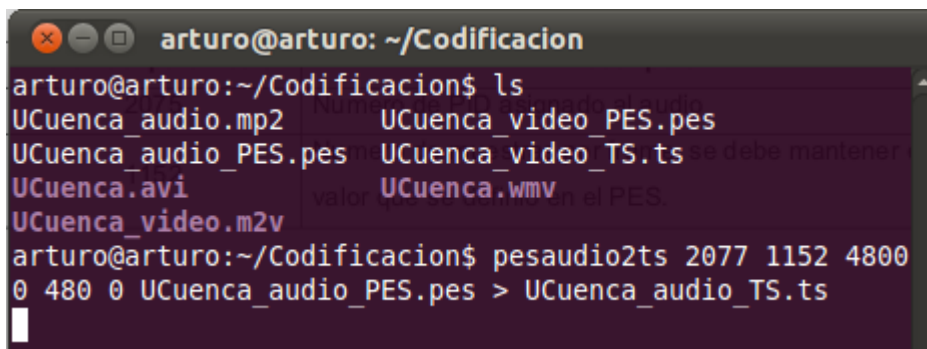
$$\text{Ancho de banda} = 0.15 * 2424400 = 2788060$$

- **0:** Este valor indica si existe o no un loop de video.
- **UCuenca\_video\_PES.pes:** Este parámetro indica el nombre del packetized elementary stream (PES) de video que va a ser convertido en un formato .TS de video.
- **UCuenca\_video\_TS.ts:** Este parámetro indica el nombre del video

convertido a un formato .TS de video.

## b) Archivo .TS de Audio

Para generar el archivo .TS de audio, se hace uso del comando: `pesaudio2ts` el cual se encarga de transformar un Paquetized elementary stream (PES) de audio en un Transport Stream (TS) de audio. La estructura del comando se lo puede visualizar en la Figura 5-17



```
arturo@arturo: ~/Codificacion
arturo@arturo:~/Codificacion$ ls
UCuenca_audio.mp2          UCuenca_video_PES.pes
UCuenca_audio_PES.pes     UCuenca_video_TS.ts
UCuenca.avi                UCuenca.wmv
UCuenca_video.m2v
arturo@arturo:~/Codificacion$ pesaudio2ts 2077 1152 4800
0 480 0 UCuenca_audio_PES.pes > UCuenca_audio_TS.ts
```

Figura 5- 17. Formación del archivo .TS de audio

El comando funciona de la siguiente manera: **`pesaudio2ts 2077 1152 48000 480 0 UCuenca_audio_PES.pes > UCuenca_audio_TS.ts.`**

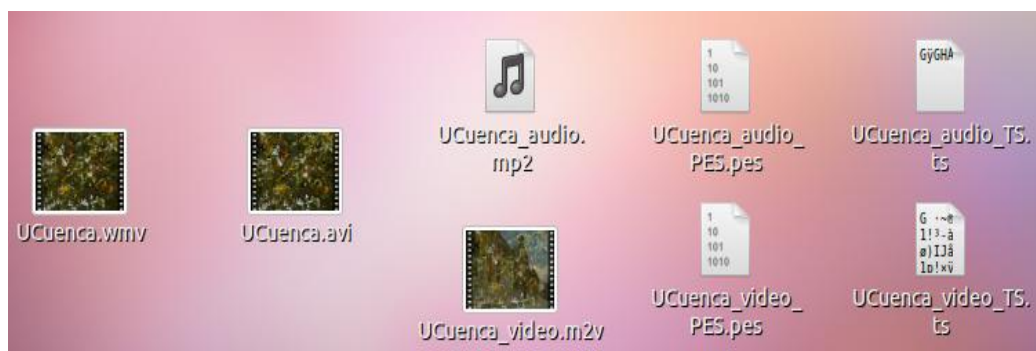
- **2077:** Este parámetro indica el valor de PID asignado a la señal de audio, este valor debe ser especificado luego en la tabla PMT.
- **1152:** Este parámetro indica el número de muestras por trama de audio. Este valor depende de la versión y capa MPEG que se esté utilizando. Dicho parámetro se detalló en la sección 5.2.3 en la paquetización de audio.
- **48000:** Este parámetro define la frecuencia de muestreo de la señal de audio. Este valor fue detallado en la sección 5.2.3 Paquetización de audio.
- **480:** Este parámetro define el tamaño de la trama (FS) de audio. Valor



especificado en la sección 5.2.3 Paquetización de audio.

- **0:** Este valor indica si existe o no un loop de audio.
- **UCuenca\_audio\_PES.pes:** Este parámetro indica el nombre del packetized elementary stream (PES) de audio que va a ser convertido en un formato .TS de audio.
- **UCuenca\_audio\_TS.ts:** Este parámetro indica el nombre del audio convertido a un formato .TS de audio.

Hasta esta sección se ha detallado los mecanismos para transformar de un formato de video específico a un formato .avi, así como también los métodos de: codificación, paquetización PES, y Formación de los archivos .TS de video y audio. Dando como resultado cada uno de los archivos mostrados en la siguiente figura:



**Figura 5- 18.** Resumen de los Archivos generados

### 5.2.5 Tablas PSI/SI

Para la creación de las tablas PSI/SI establecidas en el estándar ISDB-Tb y explicadas en el capítulo tres, se utiliza un lenguaje de programación llamado Python por medio del cual se puede compilar scripts que contienen varias bibliotecas de OpenCaster.

Las líneas de código establecidas para la generación de las tablas PSI/SI que se explican en esta sección, se encuentran disponibles en la página web del

“Laboratorio de Investigación y formación en Informática avanzada (LIFIA)” en el documento llamado: “OpenCaster para SATVD-T”. Dichas líneas de código fueron tomadas como base para la generación de las tablas en este manual de funcionamiento, con la diferencia de que se realizaron varias modificaciones de parámetros para adaptar servicios adicionales como una Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenidos interactivos dentro del Transport Stream. El código completo para la generación de las tablas se lo puede encontrar en el anexo:

### 5.2.5.1 Descripción de las tablas para un servicio de TV digital.

- En primer lugar se define los encabezados del script llamado gtable.py como se muestra en la siguiente figura:

```
#!/usr/bin/python
# coding: utf-8

import os
from dvbobjects.PSI.PAT import *
from dvbobjects.PSI.NIT import *
from dvbobjects.PSI.SDT import *
from dvbobjects.PSI.PMT import *
from dvbobjects.PSI.EIT import *

from dvbobjects.MHP.AIT import *
from dvbobjects.MHP.Descriptors import *

from dvbobjects.SBTVD.Descriptors import *
```

**Figura 5- 19.** Encabezado del script del archivo gtable.py

En la figura se puede visualizar los encabezados para programar un archivo en Python, así como también se definen los descriptores y librerías de OpenCaster. Algo importante que podemos observar en la figura, es la definición de las tablas EIT (para la generación de una Guía de Programación Electrónica) y de la AIT (para la generación de contenidos interactivos). En el caso que no se requiera transmitir una EPG o contenidos interactivos, se debe omitir esta definición.



- El siguiente paso, es describir los identificadores con sus respectivos valores para el Transport Stream (TS). Los valores asignados a cada identificador se los explicó en el capítulo tres.

id_ts_ucuenca	= 0x060b
id_red_ucuenca	= 0x060b
frecuencia	= 550
id_control_remoto	= 0x07
id_servicio	= 0xe620
pid_pmt_servicio	= 1031

**Figura 5- 20.** Identificadores y valores para el Transport Stream

- Id\_ts\_ucuenca: Es la identificación del Transport Stream
  - Id\_red\_ucuenca: Es la identificación de la Red.
  - Frecuencia: Es el identificador que se asigna a la frecuencia de transmisión.
  - Id\_control\_remoto: Es el identificador para el acceso rápido al canal por medio del control remoto.
  - Id\_servicio: Este identificador se lo asigna para describir el servicio.
  - Pid\_pmt\_servicio: Este identificador es utilizado para describir el PID que contiene la información para el servicio dentro del Transport Stream.
- El siguiente paso es describir la tabla NIT, la misma que nos va a mostrar una organización física de la red y sus características. Como se indica en la siguiente figura:

```
#DEFINICION DE LA RED: NIT

nit = network_information_section(
network_id = id_red_ucuenca,
network_descriptor_loop = [
network_descriptor(network_name = "CANAL UCUENCA"),
system_management_descriptor(
    broadcasting_flag = 0,
    broadcasting_identifier = 3,
    additional_broadcasting_identification = 0x01,
```



```
],  
)  
],  
)  
],  
version_number = 0,  
section_number = 0,  
last_section_number = 0,  
)
```

**Figura 5- 21.** Descripción de la Tabla NIT

Como se puede observar en la figura, se describe todos los parámetros concernientes a la Red. En primer lugar se le da un nombre a la red, en este caso se lo llamó “CANAL UCUENCA”. Luego se genera una sección para determinar el identificador de red, el identificador para el Transport Stream, y parámetros como la frecuencia y modo de transmisión. En la última parte se especifica el nombre asignado al ts, el cual para este ejemplo fue “CANAL UCUENCA”, y se especifica el valor de la tecla de control remoto para el acceso rápido al canal.

- Lo siguiente es generar la tabla SDT para definir tanto el nombre de los proveedores de los servicios así como también se encarga de describir todos los servicios en una red.

```
# DEFINICION DE LOS SERVICIOS: SDT  
sdt = service_description_section(  
    transport_stream_id = id_ts_ucuenca,  
    original_network_id = id_red_ucuenca,  
    service_loop = [  
        service_loop_item(  
            service_ID = id_servicio,  
            EIT_schedule_flag = 0,  
            EIT_present_following_flag = 0,  
            running_status = 4,  
            free_CA_mode = 0,  
            service_descriptor_loop = [  
                service_descriptor(  
                    service_type = 1,
```

```
        service_provider_name = "UCUENCA",
        service_name = "CANAL UCUENCA",
    ),
],
),
],
version_number = 0,
section_number = 0,
last_section_number = 0,
)
```

**Figura 5- 22.** Descripción de la Tabla SDT

Como podemos observar en la figura, se ha definido que “UCUENCA” sea el nombre asignado al proveedor de los servicios en la Red. Y que el nombre del servicio sea “CANAL UCUENCA”.

- A continuación se procede a describir la tabla PAT ya que ésta se encarga de asociar un número de identificación o PID a cada programa para registrar y consolidar los paquetes que comprenden el PMT

```
# DEFINICION DEL MAPA DE PROGRAMAS: PAT

pat = program_association_section(
    transport_stream_id = id_ts_ucuenca,
    program_loop = [
        program_loop_item(
            program_number = 0,
            PID = 16,
        ),
        program_loop_item(
            program_number = id_servicio,
            PID = pid_pmt_servicio,
        ),
    ],
    version_number = 0,
    section_number = 0,
    last_section_number = 0,
)
```

**Figura 5- 23.** Descripción de la Tabla PAT

Como se puede observar en la figura, se empieza describiendo la id del Transport Stream, para luego definir el PID de la tabla PMT del servicio.

- El siguiente paso, es generar la tabla PMT la cual se localiza en el PAT, y se encarga de definir los PID que identifican los flujos de datos individuales que constituyen un programa.

```
# DEFINICION DE LA TABLA: PMT

pmt_sd = program_map_section(
    program_number = id_servicio,
    PCR_PID = 2067,
    program_info_descriptor_loop = [],
    stream_loop = [
        stream_loop_item(
            stream_type = 2,
            elementary_PID = 2067,
            element_info_descriptor_loop = [
                ]
            ),
        stream_loop_item(
            stream_type = 3,
            elementary_PID = 2077,
            element_info_descriptor_loop = []
            ),
    ],
    version_number = 0,
    section_number = 0,
    last_section_number = 0,
)
```

**Figura 5- 24.** Descripción de la Tabla PMT sin contenido interactivo

Como se puede observar en la figura, en la tabla PMT se define los PID de todos los flujos de datos que va a contener el programa. En este caso se utilizó el PID = 2067 para el video, y el PID = 2077 para el audio.

- Se describen las tablas generadas anteriormente en archivos, como muestra la figura:

```
# ESCRIBIENDO LAS TABLAS A ARCHIVOS

out = open("./nit.sec", "wb")
out.write(nit.pack())
```

```
out.close()
os.system("sec2ts 16 < ./nit.sec > ./nit.ts")

out = open("./pat.sec", "wb")
out.write(pat.pack())
out.close()
os.system("sec2ts 0 < ./pat.sec > ./pat.ts")

out = open("./sdt.sec", "wb")
out.write(sdt.pack())
out.close()
os.system("sec2ts 17 < ./sdt.sec > ./sdt.ts")

out = open("./pmt_sd.sec", "wb")
out.write(pmt_sd.pack())
out.close()
os.system("sec2ts " + str(pid_pmt_servicio) +
" < ./pmt_sd.sec > ./pmt_sd.ts")
```

**Figura 5- 25.** Escritura de las Tablas en Archivos

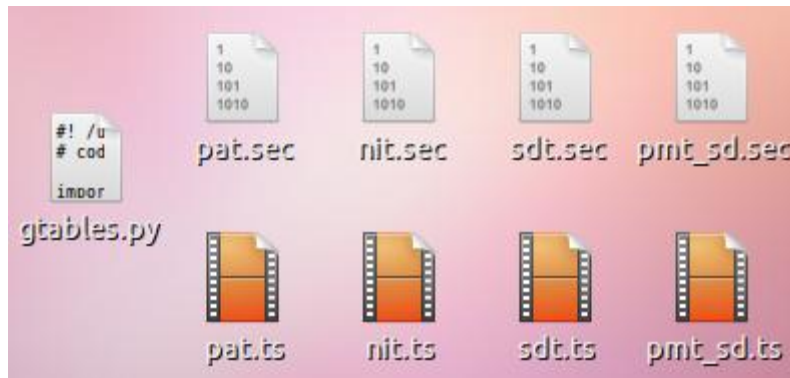
- Para poder compilar y ejecutar el archivo `gtables.py`, en algunos casos se necesita darle permisos de ejecución al archivo, para ello se utiliza las líneas de comando especificadas en la siguiente figura:

```
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ chmod u+x gtables.py
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ ./gtables.py
arturo@arturo:~/Transpor Stream$
```

**Figura 5- 26.** Comando `chmod` para gestión de permisos de archivos

- Finalmente una vez compilado con éxito el archivo en Python ***gtables.py***. Se generan automáticamente las tablas PSI/SI en la misma carpeta donde se ubica dicho archivo. Como se indica en la Figura 5.27





**Figura 5- 27.** Tablas PSI/SI para 1 servicio de TV digital

Como se puede observar en la figura, se generan archivos .sec (pat, sdt, pmt\_sd, nit) las cuales contienen las secciones de las tablas con su información detallada, así como también los archivos .ts (pat, sdt, pmt\_sd, nit) con las secciones convertidas a paquetes de 188 bytes.

En el Anexo C, se puede encontrar el archivo gtables.py el cual contiene todo el código explicado en esta sección.

#### **5.2.5.2 Descripción de los parámetros para generar una Guía de Programación Electrónica (EPG).**

Para generar una Guía de Programación Electrónica (EPG), lo que se debe hacer es crear una tabla adicional a las anteriores, esta tabla es la EIT (Event Information Table) explicada en el capítulo cuatro. El código para generar dicha tabla, se encuentra especificada en la siguiente figura.

```
#####EPG#####  
  
eit = event_information_section(  
    table_id = EIT_ACTUAL_TS_PRESENT_FOLLOWING,  
    service_id = id_servicio,  
    transport_stream_id = id_ts_ucuenca,  
    original_network_id = id_red_ucuenca,  
    event_loop = [  
        event_loop_item(  
            event_id = 1,  
            start_year = 113, # desde 1900  
            start_month = 04,
```



```
start_day = 1,
start_hours = 0x10,
start_minutes = 0x00,
start_seconds = 0x00,
duration_hours = 0x01,
duration_minutes = 0x00,
duration_seconds = 0x00,
running_status = 4,
free_CA_mode = 0,

event_descriptor_loop = [
  short_event_descriptor (
    ISO639_language_code = "ita",
    event_name = "Reportaje Universidad de Cuenca",
    text = "En el presente programa podrá visualizar un reportaje de la
Universidad de Cuenca",
  )
],
),
],
  version_number = 1,
  section_number = 0,
  last_section_number = 1,
  last_segment_section_number = 1,
)

eit_follow = event_information_section(
  table_id = EIT_ACTUAL_TS_PRESENT_FOLLOWING,
  service_id = id_servicio,
  transport_stream_id = id_ts_ucuenca,
  original_network_id = tvd_orig_network_id,
  event_loop = [
    event_loop_item(
      event_id = 2,

      start_year = 113, # since 1900
      start_month = 04,
      start_day = 1,
      start_hours = 0x11,
      start_minutes = 0x01,
      start_seconds = 0x00,
      duration_hours = 0x01,
      duration_minutes = 0x00,
      duration_seconds = 0x00,
      running_status = 4,
      free_CA_mode = 0,

      event_descriptor_loop = [
        short_event_descriptor (
          ISO639_language_code = "ita",
```

```
event_name = "The Walking Dead",
text = "El presente contenido presenta el capítulo final de la serie The
Walking Dead",
)
],
),
],

version_number = 1,
section_number = 1,
last_section_number = 1,
last_segment_section_number = 1,
)
```

**Figura 5- 28.** Descripción de la Tabla EIT

En la figura, se puede visualizar la descripción de la tabla EIT donde se observa la generación de una Guía de programación Electrónica con 2 eventos y sus descripciones, para este ejemplo son: “Reportaje Universidad de Cuenca”, y “The walking Dead”. Para cada evento se define la fecha y hora de transmisión, en este caso se estableció que el evento 1 “Reportaje Universidad de Cuenca” comience el día lunes 1 de Abril del 2013 a las 10:00 y tenga una duración de 1 hora. Mientras que el segundo evento “The Walking Dead” comience el día lunes 1 de Abril del 2013 a las 11:01 y tenga una duración de 1 hora. Con este ejemplo se puede tener una idea de toda la información que puede ser construida dentro de una Guía de Programación Electrónica (EPG).

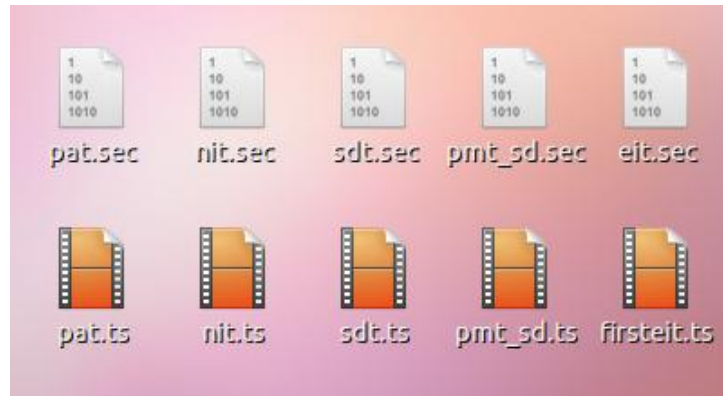
- Una vez generado la tabla EIT, se la debe escribir en un archivo como en los casos anteriores. Esto se lo puede visualizar en la siguiente figura:

```
#INCLUIDO PARA EPG
#out = open("./eit.sec", "wb")
#out.write(eit.pack())
#out.close()
#os.system("sec2ts 18 < ./eit.sec > ./firsteit.ts")
```

**Figura 5- 29.** Escritura de la Tabla EIT en un Archivo

Al igual que en la creación de las tablas para 1 servicio de TV. Digital, al

compilar con éxito el archivo en Python ***gtables.py*** se va a generar las tablas PSI/SI descritas anteriormente así como también se creará la tabla EIT necesaria para la Guía de Programación Electrónica (EPG). Como se indica en la Figura 5-30.



**Figura 5- 30.** Tablas PSI/SI para un servicio de TV digital con EPG

Como se puede observar en la figura, se generan archivos .sec (pat, sdt, pmt\_sd, nit, eit) los cuales contienen las secciones de las tablas con su información detallada, así como también los archivos .ts (pat, sdt, pmt\_sd, nit, firsteit) con las secciones convertidas a paquetes de 188 bytes.

### 5.2.5.3 Descripción de los parámetros para agregar una aplicación Ginga NCL al servicio de TV digital.

Para agregar el servicio de contenido interactivo en usuarios de televisión digital, lo que se debe tener en cuenta son 4 aspectos:

- Primero se debe generar una tabla adicional, esta tabla es la AIT. El código para generar dicha tabla, se encuentra especificada en la siguiente figura:

```
*****APLICACIÓN GINGA*****
```

```
ait = application_information_section(  
    application_type = 0x0009,  
    common_descriptor_loop = [],  
    application_loop = [  

```

```
application_loop_item(  
  organisation_id = 0x0000000A,  
  application_id = 0x64,  
  application_control_code = 0x01,  
  
  application_descriptors_loop = [  
    transport_protocol_descriptor(  
      protocol_id = 0x0001,  
      transport_protocol_label = 0,  
      remote_connection = 0,  
      component_tag = 0x0C,  
    ),  
    application_descriptor(  
      application_profile = 0x0001,  
      version_major = 1,  
      version_minor = 0,  
      version_micro = 0,  
      service_bound_flag = 1,  
      visibility = 3,  
      application_priority = 1,  
      transport_protocol_labels = [ 0 ],  
    ),  
    application_name_descriptor(  
      application_name = "CONTENIDO INTERACTIVO"  
    ),  
    ginga_ncl_application_descriptor(  
      parameters = [ ]  
    ),  
    ginga_ncl_application_location_descriptor (  
      base_directory = "/",  
      class_path_extension = "",  
      initial_class = "Trabajo_Final.ncl",  
    ),  
  ]  
)  
,  
version_number = 0,  
section_number = 0,  
last_section_number = 0,  
)
```

**Figura 5- 31.** Descripción de la tabla AIT

Como podemos observar en la figura, en la tabla AIT se debe describir varios



parámetros, como el nombre de la aplicación interactiva, el nombre del archivo con extensión .ncl, y el valor del association\_tag del carrusel generado.

- El segundo punto es modificar la tabla PMT, ya que en esta tabla se debe especificar los PID que identifican los flujos de datos individuales que constituyen el programa, es decir se debe ingresar el valor PID de la aplicación interactiva.

# DEFINICION DE LA TABLA: PMT (CON GINGA)

```
pmt_sd = program_map_section(  
  program_number = id_servicio,  
  PCR_PID = 2067,  
  program_info_descriptor_loop = [],  
  stream_loop = [  
    stream_loop_item(  
      stream_type = 2,  
      elementary_PID = 2067,  
      element_info_descriptor_loop = [  
      ]  
    ),  
    stream_loop_item(  
      stream_type = 3,  
      elementary_PID = 2077,  
      element_info_descriptor_loop = []  
    ),  
    stream_loop_item(  
      stream_type = 5,  
      elementary_PID = 2001,  
      element_info_descriptor_loop = [  
        data_component_descriptor (  
          data_component_id = 0xA3,  
          additional_data_component_info = ait_identifier_info(  
            application_type = GINGA_NCL_application_type,  
            ait_version = 0  
          )  
        ).bytes(),  
      ],  
    ),  
  ]  
  application_signalling_descriptor(  
    application_type = 9,  
    AIT_version = 1,  
  )  
)
```

```
),
]
),
stream_loop_item(
    stream_type = 0x0B,
    elementary_PID = 2004,
    element_info_descriptor_loop = [
        association_tag_descriptor(
            association_tag = 0x0C,
            use = 0,
            selector_lenght = 0,
            transaction_id = 0x80000000,
            timeout = 0xFFFFFFFF,
            private_data = "",
        ),
        stream_identifier_descriptor(
            component_tag = 0x0C,
        ),
        carousel_identifier_descriptor(
            carousel_ID = 2,
            format_ID = 0,
            private_data = "",
        ),
    ],
    data_component_descriptor (
        data_component_id = 0xA0,
        additional_data_component_info = additional_ginga_j_info(
            transmission_format = 0x2,
            document_resolution = 0x5,
            organization_id = 0x0000000A,
            application_id = 0x0064,
            carousel_id = 2,
        ),
    ).bytes(),
],
version_number = 0,
section_number = 0,
last_section_number = 0,
)
```

**Figura 5- 32.** Descripción de la tabla PMT con contenido interactivo

Como podemos observar en la figura, a los flujos de datos individuales se le agrega el PID del servicio para contenido interactivo, para este ejemplo es de

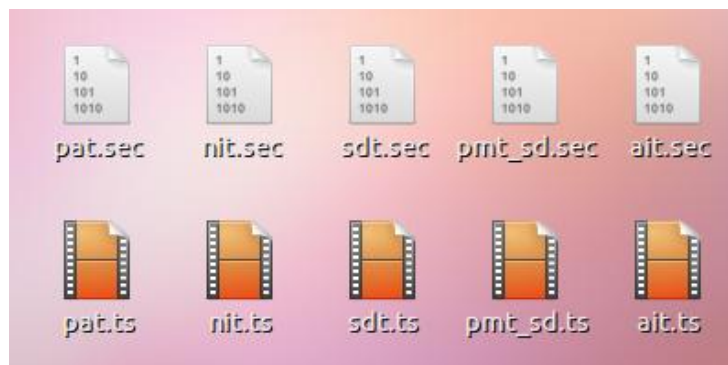
2004, así como también se define el identificador del carrusel, en este ejemplo es 2, y el valor del `association_tag` del carrusel generado el cual es de 12.

- El tercer punto es escribir la tabla AIT en un archivo como en los casos anteriores. Esto se lo puede visualizar en la siguiente figura:

```
INCLUIDO PARA GINGA
out = open("./ait.sec", "wb")
out.write(ait.pack())
out.close()
os.system("sec2ts "+ str(2001) + " < ./ait.sec > ./ait.ts")
```

**Figura 5- 33.** Escritura de la Tabla AIT en un Archivo

Al compilar con éxito el archivo en Python ***gtables.py*** se va a generar las tablas PSI/SI descritas anteriormente así como también se creará la tabla AIT, necesaria para la transmisión de contenidos interactivos. Como se indica en la Figura 5.34.



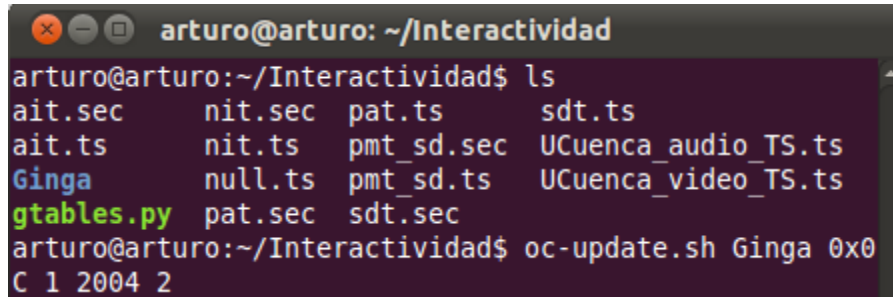
**Figura 5- 34.** Tablas PSI/SI para la generación de contenidos interactivos

Como se puede observar en la figura, se generan archivos `.sec` (`pat`, `sdt`, `pmt_sd`, `nit`, `ait`) los cuales contienen las secciones de las tablas con su información detallada, así como también los archivos `.ts` (`pat`, `sdt`, `pmt_sd`, `nit`, `ait`) con las secciones convertidas a paquetes de 188 bytes.

- El cuarto punto es generar el carrusel de objetos explicado en el capítulo tres. Para ello primero se necesita crear una carpeta dentro del archivo de trabajo la cual debe contener la aplicación que se va a enviar. En



este ejemplo se denomina a la carpeta como: “Ginga”, la cual contiene el archivo .ncl llamado "Trabajo\_Final.ncl" como se declaró en la tabla AIT. Una vez creada la carpeta, el siguiente paso es utilizar el comando: **oc-update.sh** el cual va a permitir generar el carrusel de objetos. Este proceso se lo puede visualizar en la siguiente figura:



```
arturo@arturo: ~/Interactividad
arturo@arturo:~/Interactividad$ ls
ait.sec      nit.sec     pat.ts      sdt.ts
ait.ts       nit.ts     pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
Ginga        null.ts    pmt_sd.ts   UCuenca_video_TS.ts
gtables.py   pat.sec    sdt.sec
arturo@arturo:~/Interactividad$ oc-update.sh Ginga 0x0C 1
C 1 2004 2
```

**Figura 5- 35.** Comando **oc-update.sh** para la creación de un carrusel de objetos

El comando funciona de la siguiente manera: **oc-update.sh Ginga 0x0C 1 2004 2**

- **Ginga:** Este parámetro indica el nombre del directorio que contiene la aplicación interactiva.
- **0X0C:** Este parámetro especifica el `association_tag` del carrusel generado.
- **1:** Este parámetro indica el número de versión de los módulos generados.
- **2004:** Este parámetro indica el PID del servicio en el que se enviará el carrusel.
- **2:** Este parámetro indica el identificador del carrusel.

Una vez digitado la línea de comandos de la figura, se va a crear un archivo llamado `Ginga.ts` el cual va a contener los paquetes que llevan las secciones

del carrusel de objetos.

```
arturo@arturo: ~/Interactividad
arturo@arturo:~/Interactividad$ ls
ait.sec      nit.sec     pat.ts      sdt.ts
ait.ts       nit.ts     pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
Ginga       null.ts    pmt_sd.ts   UCuenca_video_TS.ts
gtables.py  pat.sec    sdt.sec
arturo@arturo:~/Interactividad$ oc-update.sh Ginga 0x0
C 1 2004 2
Setting update flag to 0
Using custom blocksize of 4066
arturo@arturo:~/Interactividad$ ls
ait.sec      gtables.py  pat.sec     sdt.sec
ait.ts       nit.sec     pat.ts      sdt.ts
Ginga       nit.ts     pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
Ginga.ts    null.ts    pmt_sd.ts   UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/Interactividad$
```

Figura 5- 36. Creación del carrusel de Objetos

### 5.2.6 Multiplexación y formación del flujo de Transporte

Una vez generado el archivo de video UCuenca\_video\_TS.ts, el archivo de audio UCuenca\_audio\_TS.ts y las respectivas tablas PSI/SI de señalización y descripción de servicios como se lo detallados en la sección 5.2.4 y 5.2.5 respectivamente; en la presente sección se pretende analizar los mecanismos de multiplexación y formación de un flujo de transporte en los siguientes tres casos:

- Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio.
- Multiplexación y formación de un flujo de transporte para multiprogramación.
- Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio de Guía de Programación Electrónica (EPG).
- Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio para interactividad.

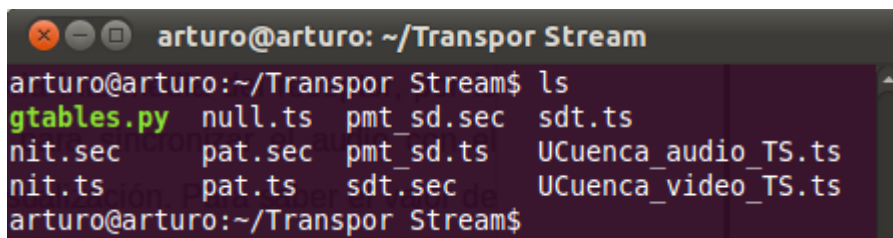
La multiplexación se encarga de generar un único flujo de transporte uniendo los archivos de extensión .ts de audio, video, y datos, así como también de cada tabla especificada en el estándar ISDB-Tb. Dichas tablas son utilizadas para señalización, es decir se encargan de que el decodificador localice el video, el audio y los servicios de cada programa, entre otras funcionalidades analizadas en el capítulo tres.

Una consideración importante a la hora de realizar cualquiera de los tres casos de multiplexación, es el ancho de banda fijo que utiliza el sistema ISDB-Tb el cual es de: 32.507.937 bits por segundo en paquetes de 204 bytes. Produciendo un ancho de banda de 29.958.294 bits por segundo en paquetes de 188 bytes, con lo cual se transmite 19.999 paquetes por segundo. Este parámetro se debe tener muy en cuenta a la hora de ejecutar la multiplexación, ya que en la mayoría de los casos se deberá generar un archivo .ts que contenga paquetes nulos con la finalidad de completar el Transport Stream y que cumpla con el estándar ISDB-Tb.

### 5.2.6.1 Multiplexación y formación de un flujo de transporte con un servicio.

En esta sección se detalla el método para multiplexar y formar un flujo de transporte con un servicio de televisión digital, es decir se va a multiplexar únicamente los archivos .ts de video y audio así como también las respectivas tablas PSI/SI analizadas en la sección 5.2.5.1, sin incluir ningún servicio de datos adicional. En el Anexo C, se puede encontrar el Transport Stream generado archivo gtables.py el cual contiene todo el código explicado en esta sección.

Una consideración para poder realizar este tipo de multiplexación es que las tablas generadas (NIT, PAT, PMT, SDT), el archivo de audio UCuenca\_audio\_TS.ts y el archivo de video UCuenca\_video\_TS.ts se encuentren almacenados en la misma carpeta. En este ejemplo se almacenó en la carpeta llamada “Transport Stream” como indica la siguiente figura:



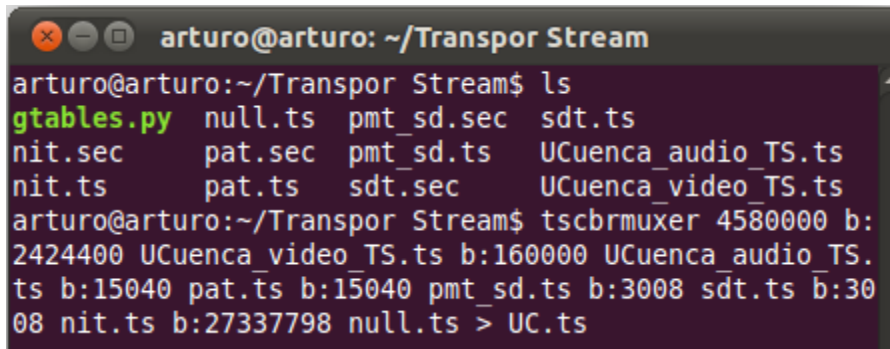
```
arturo@arturo: ~/Transport Stream
arturo@arturo:~/Transport Stream$ ls
gtables.py  null.ts  pmt_sd.sec  sdt.ts
nit.sec     pat.sec  pmt_sd.ts   UCuenca_audio_TS.ts
nit.ts     pat.ts   sdt.sec     UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/Transport Stream$
```

**Figura 5- 37.** Archivos requeridos para la multiplexación de 1 servicio

Una vez que dichos elementos se encuentren en la misma carpeta, se aplica el comando **tscbrmuxer** como muestra la Figura 5-38. Dicho comando funciona

de la siguiente manera:

```
tscbrmuxer 4580000 b:2424400 UCuenca_video_TS.ts b:160000
UCuenca_audio_TS.ts b:15040 pat.ts b:15040 pmt_sd.ts b:3008 sdt.ts
b:3008 nit.ts b:27337798 null.ts > UC.ts
```



```
arturo@arturo: ~/Transpor Stream
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ ls
gtables.py  null.ts  pmt_sd.sec  sdt.ts
nit.sec    pat.sec  pmt_sd.ts  UCuenca_audio_TS.ts
nit.ts     pat.ts   sdt.sec    UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ tscbrmuxer 4580000 b:
2424400 UCuenca_video_TS.ts b:160000 UCuenca_audio_TS.
ts b:15040 pat.ts b:15040 pmt_sd.ts b:3008 sdt.ts b:30
08 nit.ts b:27337798 null.ts > UC.ts
```

Figura 5- 38. Comando tscbrmuxer para multiplexar todos los archivos .ts

- **4580000:** Este parámetro indica la cantidad de paquetes que se va a multiplexar. Como se explicó anteriormente, el ancho de banda fijo que utiliza el estándar ISDB-Tb es de 29958294 bits por segundo, en paquetes de 188 bytes, con lo cual se transmite 20000 paquetes por segundo. Por lo tanto, como se busca una transmisión de 3 minutos y 49 segundos, los paquetes a multiplexar se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Paquetes a multiplexar} = 20000 * ((3 * 60) + 49) = 4580000$$

- **2424400 UCuenca\_video\_TS.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda del archivo de video .ts.
- **160000 UCuenca\_audio\_TS.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda del archivo de audio .ts.
- **15040 pat.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda de la tabla PAT. Debido a que esta tabla debe enviarse al menos 10 veces por segundo, el cálculo para determinar el bitrate de esta tabla, es el siguiente:



*Ancho de banda de la tabla PAT* =  $188 * 8 = (1504) * 10 = 15040$

- **15040 pmt\_sd.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda de la tabla PMT. Esta tabla se debe enviar al menos 10 veces por segundo. El cálculo para calcular el bitrate es similar al realizado para la tabla PAT.
- **3008 sdt.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda de la tabla SDT. El cálculo se lo realiza de la misma forma que en los casos anteriores.
- **3008 nit.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda de la tabla NIT. El cálculo se lo realiza de la misma forma que en los casos anteriores.
- **27337798 null.ts:** Este parámetro indica el ancho de banda del archivo de paquetes nulos el cual se utiliza para completar el Transport Stream y que cumpla con el estándar ISDB-Tb. Este valor se lo debe calcular de la siguiente manera:

*Ancho de Banda de los Paquetes Nulos*

$$= 29958294 - (2424400 + 160000 + 15040 + 15040 + 3008 + 3008)$$

*Ancho de Banda de los Paquetes Nulos* = 27337798

- **UC.ts:** Es el nombre que se le va a asignar al flujo de transporte de salida.

Una vez digitado el parámetro y configurado los parámetros antes mencionados, se obtendrá el flujo de transporte de salida llamado UC.ts. Finalmente para formar el Transport Stream con un servicio de TV. Digital se debe ajustar el PCR (Program Clock Reference) el cual indica la referencia del reloj, para de esta manera evitar que la llegada de los paquetes al Set top box sea imprecisa. Dicho parámetro se explicó con más detalle en el capítulo tres

en la sección 3.2.2. Para ello se digita el comando **tsstamp** como se puede visualizar en la siguiente figura:

```
arturo@arturo: ~/Transpor Stream
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ ls
gtables.py  null.ts  pmt_sd.sec  sdt.ts
nit.sec     pat.sec  pmt_sd.ts  UCuenca_audio_TS.ts
nit.ts     pat.ts   sdt.sec    UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ tscbrmuxer 4580000 b:
2424400 UCuenca_video_TS.ts b:160000 UCuenca_audio_TS.
ts b:15040 pat.ts b:15040 pmt_sd.ts b:3008 sdt.ts b:30
08 nit.ts b:27337798 null.ts > UC.ts
output bitrate: 29958294.000000
new pid entry 2067
new pid entry 8191
new pid entry 0
new pid entry 1031
new pid entry 17
new pid entry 16
new pid entry 2077
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ tsstamp UC.ts 2995829
4 > UCUENCATV.ts
arturo@arturo:~/Transpor Stream$ ls
gtables.py  pat.ts      UC.ts
nit.sec     pmt_sd.sec UCuenca_audio_TS.ts
nit.ts     pmt_sd.ts  UCUENCATV.ts
null.ts    sdt.sec    UCuenca_video_TS.ts
pat.sec    sdt.ts
arturo@arturo:~/Transpor Stream$
```

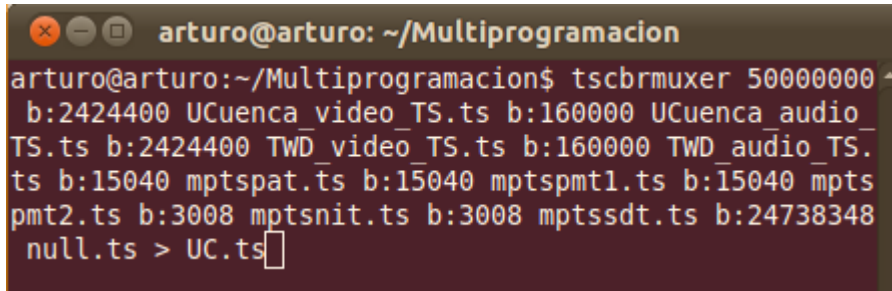
**Figura 5- 39.** Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio.

Como se puede observar en la figura, el flujo de transporte con un servicio de televisión digital se llama: UCUENCATV.ts el cual está listo para ser ingresado en la etapa de modulación para su transmisión.

### 5.2.6.2 Multiplexación y formación de un flujo de transporte para multiprogramación.

En esta sección se detalla el método para multiplexar y formar un flujo de transporte para generar multiprogramación, en este caso se va a multiplexar dos programas. El primer programa se llama “UCUENCATV” el cual está formado por el archivo UCuenca\_video\_TS.ts de video, y el archivo UCuenca\_audio\_TS.ts de audio. El segundo programa se va a llamar “The\_Walking\_Dead” el cual está formado por el archivo TWD\_video\_TS.ts de video, y el archivo TWD\_audio\_TS.ts de audio. Para generar los archivos .ts de audio y video del segundo programa, se debe repetir los pasos explicados en

las secciones anteriores, es decir: codificación, paquetización PES y formación de los archivos .ts de audio y video. De la misma manera que al transmitir 1 programa, se debe señalar los streams de audio y video por medio de las tablas PSI/SI, donde se especificará diferentes valores de PID para cada stream. El proceso de multiplexación se lo puede visualizar en la siguiente figura:



```
arturo@arturo: ~/Multiprogramacion
arturo@arturo:~/Multiprogramacion$ tscbrmuxer 50000000 ^
b:2424400 UCuenca_video_TS.ts b:160000 UCuenca_audio_
TS.ts b:2424400 TWD_video_TS.ts b:160000 TWD_audio_TS.
ts b:15040 mptspat.ts b:15040 mptspmt1.ts b:15040 mpts
pmt2.ts b:3008 mptsnit.ts b:3008 mptssdt.ts b:24738348
null.ts > UC.ts
```

**Figura 5- 40.** Multiplexación y formación de un flujo de transporte para Multiprogramación

La explicación de los parámetros visualizados en la figura 5-40, es la misma que en la sección anterior, con la diferencia del cálculo de los paquetes nulos el cual para este caso sería:

*Ancho de Banda de los Paquetes Nulos*

$$= 29958284 - (2424400 + 160000 + 2424400 + 160000 + 15040 + 15040 + 15040 + 3008 + 3008)$$

$$\text{Ancho de Banda de los Paquetes Nulos} = 24738348$$

### 5.2.6.3 Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio de Guía de Programación Electrónica (EPG).

En esta sección se detalla el método para multiplexar y formar un flujo de transporte con un servicio de Guía de Programación Electrónica (EPG), es decir se va a multiplexar el archivo UCuenca\_video\_TS.ts de video, el archivo UCuenca\_audio\_TS.ts de audio, las tablas PSI/SI analizadas en la sección anterior, y además se multiplexará la tabla EIT creada en la sección 5.4.2 para generar una Guía de Programación Electrónica (EPG). El proceso de multiplexación se lo puede visualizar en la siguiente figura:

```
arturo@arturo: ~/EPG
arturo@arturo:~/EPG$ ls
eit.sec      nit.ts      pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
firsteit.ts  null.ts     pmt_sd.ts   UCuenca_video_TS.ts
gtables.py   pat.sec     sdt.sec
nit.sec      pat.ts      sdt.ts
arturo@arturo:~/EPG$ tscbrmuxer 4580000 b:2424400 UCue
nca video TS.ts b:160000 UCuenca audio TS.ts b:15040 p
at.ts b:15040 pmt sd.ts b:3008 nit.ts b:3008 sdt.ts b:
3008 firsteit.ts b:27334790 null.ts > UC.ts
output bitrate: 29958294.000000
new pid entry 2067
new pid entry 8191
new pid entry 0
new pid entry 1031
new pid entry 16
new pid entry 17
new pid entry 18
new pid entry 2077
arturo@arturo:~/EPG$ tsstamp UC.ts 29958294 > UCUENCAT
V.ts
arturo@arturo:~/EPG$ ls
eit.sec      nit.ts      pmt_sd.sec  UC.ts
firsteit.ts  null.ts     pmt_sd.ts   UCuenca_audio_TS.ts
gtables.py   pat.sec     sdt.sec     UCUENCATV.ts
nit.sec      pat.ts      sdt.ts      UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/EPG$
```

**Figura 5- 41.** Multiplexación de un flujo de transporte con un servicio de EPG.

Como podemos visualizar en la Figura 5-41, se ha creado el archivo UCUENCATV.ts con un servicio de EPG, La explicación de los parámetros de multiplexación, es la misma que en la sección 5.5.1, con la diferencia de que en este caso se va a incluir en la multiplexación el archivo firsteit.ts y además el ancho de banda de los paquetes nulos varía de la siguiente manera:

*Ancho de Banda de los Paquetes Nulos*

$$= 29958284 - (2424400 + 160000 + 15040 + 15040 + 3008 + 3008 + 3008)$$

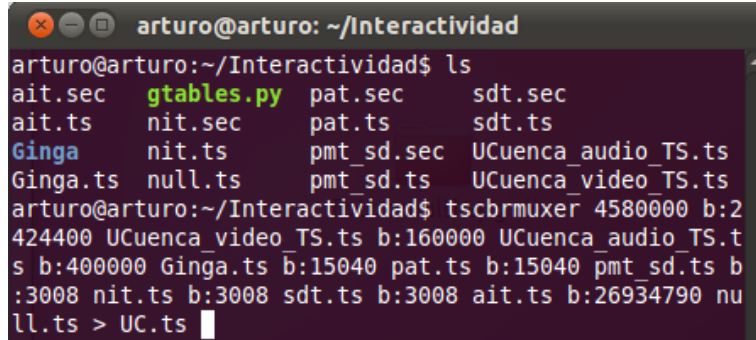
$$\text{Ancho de Banda de los Paquetes Nulos} = 27334790$$

#### 5.2.6.4 Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio para interactividad.

En esta sección se detalla el método para multiplexar y formar un flujo de transporte con un servicio para interactividad, para ello se debe multiplexar el archivo UCuenca\_video\_TS.ts de video, el archivo UCuenca\_audio\_TS.ts de



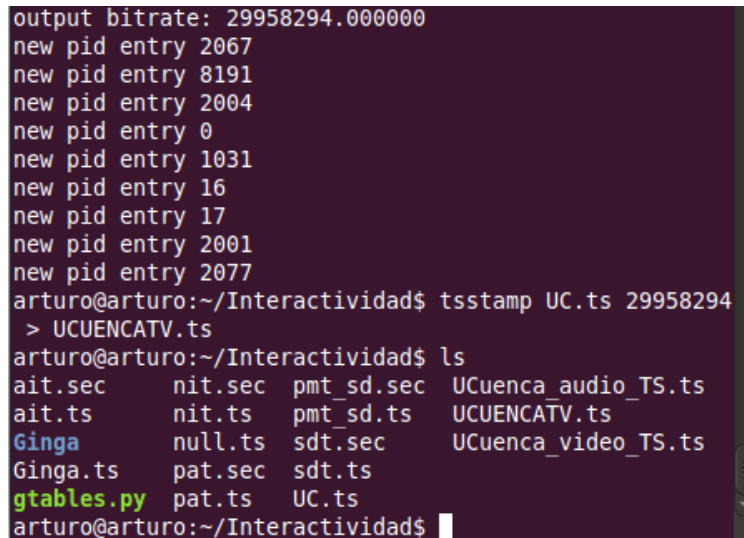
audio, las tablas PSI/SI analizadas en las secciones anteriores, y además se multiplexará la tabla AIT creada en la sección 5.4.3. La estructura del comando tscbrmuxer se lo puede visualizar en la siguiente figura:



```
arturo@arturo: ~/Interactividad
arturo@arturo:~/Interactividad$ ls
ait.sec  gtables.py  pat.sec  sdt.sec
ait.ts   nit.sec     pat.ts   sdt.ts
Ginga    nit.ts      pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
Ginga.ts null.ts     pmt_sd.ts  UCuenca_video_TS.ts
arturo@arturo:~/Interactividad$ tscbrmuxer 4580000 b:2
424400 UCuenca_video_TS.ts b:160000 UCuenca_audio_TS.t
s b:400000 Ginga.ts b:15040 pat.ts b:15040 pmt_sd.ts b
:3008 nit.ts b:3008 sdt.ts b:3008 ait.ts b:26934790 nu
ll.ts > UC.ts
```

**Figura 5- 42.** Comando tscbrmuxer para multiplexar una aplicación Ginga

Una vez digitado dicho comando, el proceso de creación del flujo de transporte con un servicio interactivo se lo puede observar en la siguiente figura:



```
output bitrate: 29958294.000000
new pid entry 2067
new pid entry 8191
new pid entry 2004
new pid entry 0
new pid entry 1031
new pid entry 16
new pid entry 17
new pid entry 2001
new pid entry 2077
arturo@arturo:~/Interactividad$ tsstamp UC.ts 29958294
> UCUENCATV.ts
arturo@arturo:~/Interactividad$ ls
ait.sec  nit.ts  pmt_sd.sec  UCuenca_audio_TS.ts
ait.ts   nit.ts  pmt_sd.ts   UCUENCATV.ts
Ginga    null.ts sdt.sec     UCuenca_video_TS.ts
Ginga.ts pat.sec  sdt.ts
gtables.py pat.ts  UC.ts
arturo@arturo:~/Interactividad$
```

**Figura 5- 43.** Multiplexación y formación del flujo de transporte con un servicio para interactividad.

Como podemos visualizar en la figura, se ha creado el archivo UCUENCATV.ts con un servicio para interactividad. La explicación de los parámetros de multiplexación, es la misma que en la sección 5.5.1, con la diferencia de que en este caso se va a incluir en la multiplexación el archivo ait.ts y el archivo generado con el carrusel de objetos llamado Ginga.ts. Además el ancho de

banda de los paquetes nulos varía de la siguiente manera:

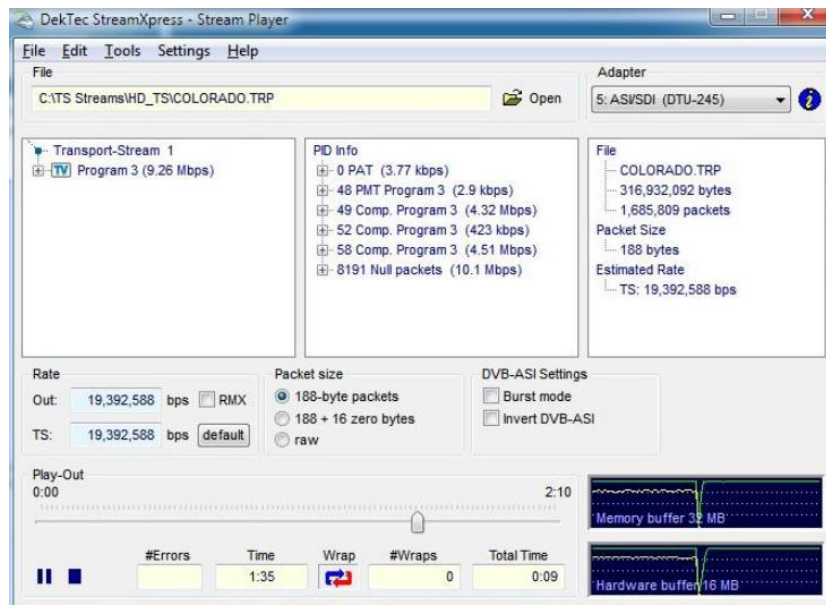
*Ancho de Banda de los Paquetes Nulos*

$$= 29958294 - (2424400 + 160000 + 400000 + 15040 + 3008 + 3008 + 3008)$$

$$\text{Ancho de Banda de los Paquetes Nulos} = 26934790$$

### 5.3 Configuración de parámetros para la Modulación del Transport Stream

Una vez formado el Transport Stream, para audio video y datos, el siguiente paso es transmitir el flujo creado. Como se explicó en el capítulo cuatro sección 4.2.2, la tarjeta DTU cuenta con un software llamado StreamXpress – Stream Player la cual se encarga de proporcionar en tiempo real reproducción de flujos de transporte compatibles con MPEG-2 y archivos grabados SD-SDI. StreamXpress soporta una amplia gama de interfaces de transmisión incluyendo ASI, ToSIP, salidas de RF moduladas y SD-SDI. La interfaz del software se lo presenta en la siguiente figura:



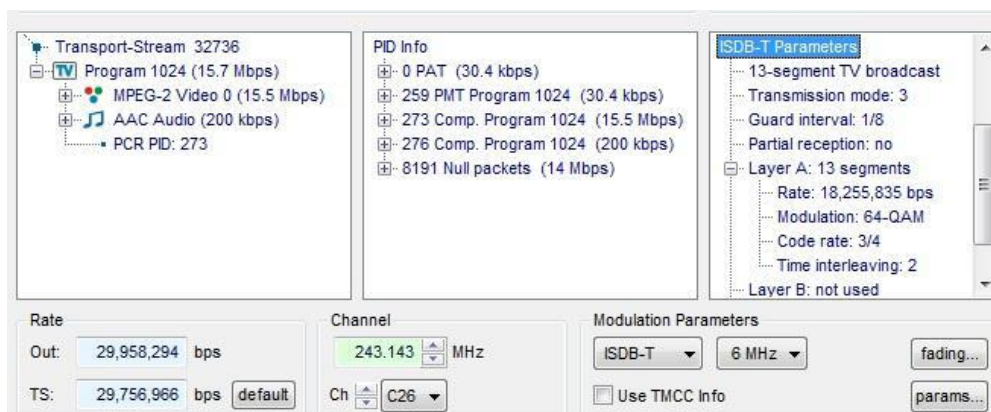
**Figura 5- 44.** Interfaz del programa StreamXpress

El software StreamXpress permite gestionar y configurar los parámetros de modulación para los siguientes estándares: ADTB-T, ATSC, CMMB, DAB (+),

DMB-T/H, DVB-C, DVB-H, DVB-T, DVB-T2, IQ, ISDB-T/ISDB-Tb, T2MI, QAM B, QAM C, DVB-S, DVB-S2, ISDB-S. Esta sección tiene como fin analizar los parámetros de configuración de modulación para el estándar ISDB-Tb, pero si se necesita mayor información sobre la configuración en los otros estándares, se la puede encontrar en el manual de usuario del software. Una vez cargado el archivo .TS que se busca transmitir, se debe configurar varios parámetros para la transmisión de la señal en el estándar ISDB-Tb. Dichos parámetros se los puede dividir en Generales y Específicos.

Dentro de los parámetros generales (Figura 5-45) se describen los siguientes:

- **Selección de Canales:** Hay 2 tipos de canales para RF disponibles en el StreamXpress. Los canales del 1 al 62 representan canal de RF de difusión por aire. Los canales del C31 a C62 representan el plan de canales para ISDB por cable.
- **Frecuencia:** El software StreamXpress permite modulaciones para anchos de banda de 6 MHz o 8MHz. En este caso el valor que se debe seleccionar es de 6 MHz ya que es el ancho de banda que establece el estándar ISDB-Tb.



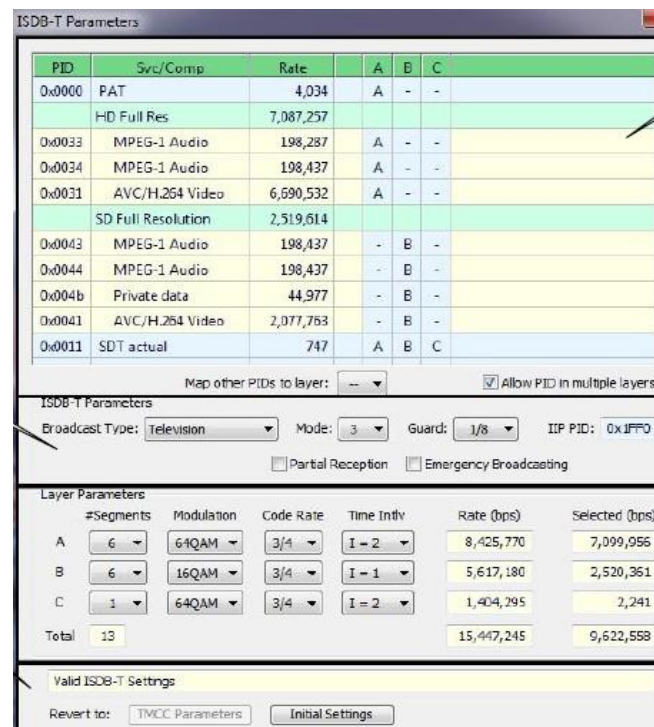
**Figura 5- 45.** Interfaz de configuración de parámetros Generales para ISDB-Tb

Dentro de los parámetros específicos (Figura 5-46) se describen los siguientes:

- **Tipo de Difusor:** En este parámetro se debe indicar que el tipo de difusión es para televisión digital utilizando 13 segmentos.



- **Modo:** Este parámetro indica los 3 tipos de modos que se pueden ingresar, el modo 1 el cual utiliza 108 portadoras por segmento, el modo 2 el cual trabaja con 216 portadoras por segmento, y el modo 3 el cual utiliza 432 portadoras por segmento.
- **Intervalo de Guarda:** El intervalo de guarda puede ser configurado como:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$ .
- **Número de Segmentos:** Este parámetro permite asignar el número de los segmentos a cada capa A, B y C.
- **Modulación:** Este parámetro depende de la aplicación, por lo tanto cada capa puede usar diferente modulación. Los tipos de modulación disponibles en el software StreamXpress son: DQPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM. Dichas modulaciones fueron explicadas en el capítulo la sección 3.2.5.6
- **Tasa de código:** Las tasas de código disponibles son:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$ ,  $\frac{7}{8}$ . Donde cada capa puede usar una tasa de código diferente.
- **Time Interleaver:** Como se explicó en el capítulo tres sección 3.2.5.6. estos valores permiten que el sistema ISDB-Tb pueda ser más robusto con respecto al ruido impulsivo y rendimiento para la recepción móvil / portátil. Estos valores dependen del modo de difusión, Por lo tanto, para el modo 1, las configuraciones posibles son: 0, 4, 8, 16. Para el modo 2 son: 0, 2, 4, 8. Para el modo 3 son: 0, 1, 2, 4.
- **Tasa Bps:** En este campo se localiza la tasa de bits total disponible para cada capa.
- **Selección Bps:** Este campo representa la tasa de bits total para todos los archivos .Ts seleccionados. Este parámetro debe ser menor que la tasa de canal para cada segmento.



PID	Svc/Comp	Rate	A	B	C
0x0000	PAT	4,034	A	-	-
	HD Full Res	7,087,257			
0x0033	MPEG-1 Audio	198,287	A	-	-
0x0034	MPEG-1 Audio	198,437	A	-	-
0x0031	AVC/H.264 Video	6,690,532	A	-	-
	SD Full Resolution	2,519,614			
0x0043	MPEG-1 Audio	198,437	-	B	-
0x0044	MPEG-1 Audio	198,437	-	B	-
0x004b	Private data	44,977	-	B	-
0x0041	AVC/H.264 Video	2,077,763	-	B	-
0x0011	SDT actual	747	A	B	C

Map other PIDs to layer: --  Allow PID in multiple layers

ISDB-T Parameters  
Broadcast Type: Television Mode: 3 Guard: 1/8 IIP PID: 0x1FFF0  
 Partial Reception  Emergency Broadcasting

Layer Parameters

	#Segments	Modulation	Code Rate	Time Intlv	Rate (bps)	Selected (bps)
A	6	64QAM	3/4	I = 2	8,425,770	7,099,956
B	6	16QAM	3/4	I = 1	5,617,180	2,520,361
C	1	64QAM	3/4	I = 2	1,404,295	2,241
Total	13				15,447,245	9,622,558

Valid ISDB-T Settings  
Revert to: TMCC Parameters Initial Settings

Figura 5- 46. Interfaz de configuración de parámetros Específico para ISDB-Tb

## 5.4 Configuración de parámetros para la Recepción del Transport Stream

Esta parte del manual correspondiente a la recepción del diseño de laboratorio de televisión digital, se enfoca exclusivamente en la instalación del equipamiento y la configuración necesaria para la visualización de los requerimientos planteados por el proyecto general, detallados en el Capítulo uno. Para más información de la configuración general, consultar el anexo EITV Developer Box – v1\_1\_SPA\_FINAL.pdf

### 5.4.1 Instalación del Equipamiento para la recepción

Como se indicó en la sección 4.1.3, la recepción de la señal de televisión digital se logra mediante las siguientes etapas:

- Recepción UHF: conformada por una Antena UHF encargada de recibir las ondas electromagnéticas que viajan a través de la interfaz de aire.

- b) Decodificación de la señal: este dispositivo permite la decodificación de los datos enviados en el flujo de transporte TS (Transport Stream) para poder desplegarlo en un monitor.
- c) Visualización del Contenido: mediante un televisor LCD o LED adecuado para apreciar la resolución de la transición: definición estándar (SD) o con alta definición (HD).

Para realizar la instalación del equipamiento correspondiente a la recepción del laboratorio de televisión digital (Figura 5-47), se deben seguir los siguientes pasos:



**Figura 5- 47.** Instalación del equipo de recepción

Fuente: EITV

[46]

1. Conectar el cable de la antena a la entrada **RF IN**
2. La instalación del decodificador Set Top Box al televisor es la siguiente:

Para el caso de contar con un televisor convencional, se procede a conectar los cables del audio estéreo a las entradas **R** y **L** del STB, y el cable de video compuesto a la entrada **CVBS**.

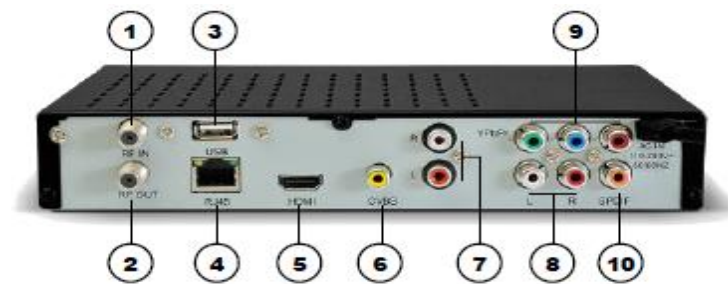
Para el caso de contar con un televisor LCD, Plasma o Led se procede a conectar el cable HDMI del audio y video digital a la entrada **HDMI** del decodificador.

Para el caso de contar con una conexión a Internet para búsqueda de canales Web y uso de aplicaciones interactivas, se procede a conectar el un cable de red a la entrada **RJ-45** del decodificador.

3. Conectar las respectivas alimentaciones a una toma de corriente operativa.

### 5.4.2 Configuración del equipo

Como se indica en el Capítulo cuatro, el decodificador recomendado para el diseño de laboratorio es el **EITV DeveloperBox** (Figura 5-48) pues permite el desarrollo de aplicaciones en la plataforma Ginga, por lo que esta sección del manual es desarrollado con este decodificador cuya distribución de conectores se indica en la siguiente figura:



**Figura 5- 48.** Instalación de la antena en el decodificador Set Top Box

Fuente: EITV

Elemento	Conector	Descripción
1	RF In	Entrada RF (la antena)
2	RF Out	Salida RF (la antena)
3	USB	Conector USB
4	RJ-45	Conector de red Ethernet
5	HDMI	Audio y video digital (HDMI)
6	CVBS	Video compuesto (CVBS – A/V)
7	Audio 1 (R + L)	Audio estéreo 1 (Izquierda + Derecha)

**Tabla 5- 4.** Distribución de los conectores del decodificador EITV DeveloperBox

Una vez encendidos los equipos, se activa un LED rojo en el panel frontal del decodificador mostrando la pantalla de inicio (Figura 5-49) durante aproximadamente un minuto. Cuando se encienda el LED verde en la parte frontal del decodificar el equipo estará en funcionamiento.



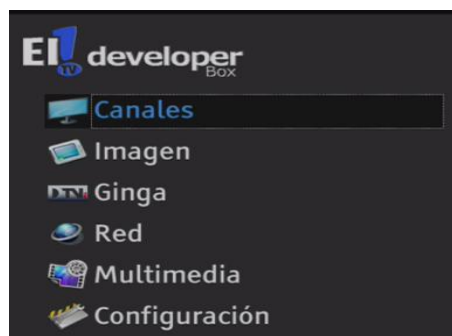
**Figura 5- 49.** Mensaje de inicio

Fuente: EITV

### 5.4.3 Visualización de la Multiprogramación

Entonces, para la configuración del equipo se siguen los siguientes pasos:

1. Realizar el ajuste del decodificador presionando el botón **MENU** del control remoto, En la siguiente figura se indica la visualización del menú en el televisor y se detalla cada función en la tabla 5-.



**Figura 5- 50.** Visualización del menú del decodificador

Fuente: EITV

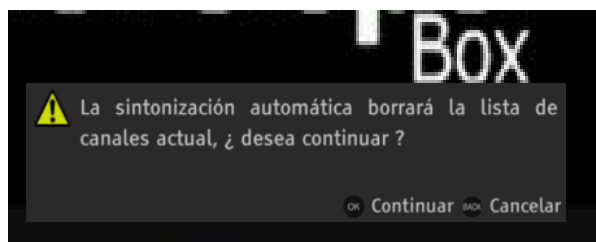
Opción	Descripción
Canales	Se visualiza de Lista de canales, sintonización manual y automática, bloqueo de canales y Guía de programación,



Imagen	Muestra las opciones para configurar el Formato de Video y la Transparencia.
Ginga	Opciones para configurar lo Inicio automático y la Barra de progreso.
Red	Muestra las opciones para configurar la interfaz de red Ethernet
Multimedia	Le permite acceder a los contenidos de un dispositivo USB conectado al puerto USB.
Configuraciones	Muestra las opciones para configurar del Idioma, de Cambiar la contraseña, de Control de los padres, de Ginga e Información del producto.

**Tabla 5- 5.** Descripción de opciones del decodificador EITV DeveloperBox

2. Posteriormente se debe seleccionar la opción **Sintonización Automática** para realizar la búsqueda de todos los canales disponibles. Luego se confirma la sintonización que borrará la lista de canales actuales, en el caso de existir, tal como se indica en la Figura 5-51.



**Figura 5- 51.** Confirmación para la sintonización automática de canales

Fuente: EITV

3. A continuación se solicita la contraseña del equipo. Para una primera instalación por defecto, **la contraseña es 0000**. Una vez ingresada esta la contraseña, comienza la sincronización automática de canales cuyo avance se indica mediante la barra de progreso al final de la pantalla, tal como se indica en la siguiente figura:



**Figura 5- 52.** Sintonización automática de canales

Fuente: EITV

4. Al terminar la sincronización automática de canales, se despliega el primer canal encontrado. Y mediante el menú del control remoto se puede observar más a detalle sobre el resto de canales encontrados.



**Figura 5- 53.** Listado de canales

Fuente: EITV

Como se puede observar en la Figura 5-53, se despliegan dos canales, el primero llamado “Emisora XYZ” en el canal 7, y la “Emisora ABCD en el canal 25”.

#### **5.4.4 Visualización de la Guía de Programación Electrónica**

Para adquirir la programación disponible en el decodificador (Figura 5-54), se presiona el botón **MENU** que se le encuentra en el control remoto. Dentro de las opciones que se despliega, se selecciona la denominada **Guía de Programación**.



**Figura 5- 54.** Lista de los múltiples programas

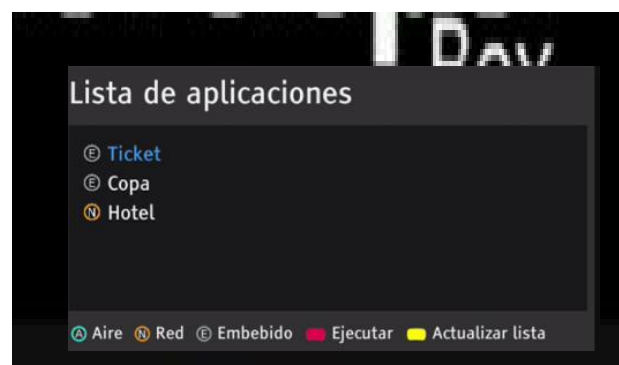
Fuente: EITV

Esta opción de EPG permite visualizar la variedad de programas embebidos dentro de una misma transmisión. Como se indica en la figura 5-54, para la transmisión de la denominada EMISSORA XYZ, se presentan los múltiples programas, una breve descripción y el momento de su transmisión.

#### 5.4.5 Visualización de los Contenidos Interactivos

Para adquirir los contenidos interactivos en el decodificador, se presiona el botón **MENU** que se le encuentra en el control remoto. Dentro de las opciones que se despliega, se selecciona la denominada **GINGA**.

Como se puede visualizar en la Figura 5-55, esta opción permite visualizar las aplicaciones disponibles que han llegado al dispositivo, estos contenidos pueden ser adquiridos por la interfaz de aire, por red o embebido en el decodificador:



**Figura 5- 55.** Lista de aplicaciones para contenidos interactivos

Fuente: EITV



## Resumen de capítulo

El capítulo cinco, abordó la creación de los archivos de configuración necesarios para la generación de la información a transmitir (video, audio y datos) de acuerdo a la alternativa recomendada al final del capítulo cuatro. Por lo tanto se detalló cada parámetro de software o hardware para satisfacer mecanismos de codificación, paquetización, generación del flujo de transporte, modulación, recepción y la inclusión de: multiprogramación, Guía de Programación Electrónica (EPG) y contenido interactivo dentro de un flujo de transporte. Este capítulo puede ser utilizado como un manual o guía de usuario para elaborar y configurar parámetros en cada etapa involucrada en la transmisión y recepción de una señal digital.

2013

# CAPÍTULO 6

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





El capítulo seis, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, redacta las conclusiones obtenidas al final del proyecto de tesis, así como también las recomendaciones y sugerencias para trabajos futuros.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Del Diseño de laboratorio de TV. Digital se concluye que:

- De acuerdo al análisis de los requerimientos técnicos para satisfacer las necesidades de: Multiprogramación, Guía de Programación Electrónica (EPG) y Contenidos Interactivos, las tres soluciones analizadas en el capítulo cuatro son viables. Pero la alternativa basada en el servidor Villageflow es la solución que más ventajas técnicas presenta, ya que además permite realizar nuevas investigaciones en otros campos como IPTV, Close Caption, entre otros.
- De acuerdo al análisis económico para la implementación de un laboratorio de TV. Digital y a las limitaciones en presupuesto, se puede concluir que de las tres alternativas, la solución basada en una implementación entre software y hardware es la alternativa viable, ya que al utilizar un software Open Source, reduce los costos de implementación.
- Para la modulación de la señal es importante seleccionar un dispositivo que además de cumplir con todos los parámetros de modulación para el estándar ISDB-Tb, presente un software para gestión del Transport Stream (ts). Un ejemplo de ello es el software StreamXpress, el cual trabaja con tarjetas moduladoras de la marca DekTec.
- Se puede concluir que para el diseño de un laboratorio de TV digital es importante que el dispositivo decodificador (Set Top Box) sea de desarrollo, ya que al presentar esta característica, se puede tener un



control sobre todos los parámetros para la recepción de contenidos interactivos, y Guía de Programación Electrónica (EPG).

De los parámetros técnicos para la generación, transmisión y recepción de una señal digital, se concluye que:

- La alternativa basada en software y hardware analizada en los capítulos cuatro y cinco, cumple con los parámetros establecidos en el estándar brasileño-japonés ISDB-Tb, con excepción de la codificación de video, ya que el software OpenCaster todavía no está desarrollado para que el video se codifique con MPEG-4, por este motivo se codificó con la Norma MPEG-2 establecido en el estándar japonés ISDB-T.
- El estándar ISDB-Tb permite la transmisión de múltiples programas en el ancho de banda de los 6 MHz los cuales pueden ser de hasta cuatro o seis programas dependiendo de la calidad de video a la cual se los vayan a transmitir, ya sea en SD, HD o LD.
- Para la generación de contenidos interactivos por medio de la solución elegida basada en software y hardware, es necesario generar un carrusel de Objetos que se encargue del envío cíclico de los archivos con extensión .ncl.
- Es importante que para la generación de un flujo de transporte por medio de la utilización del software OpenCaster, se realice los ajustes del PCR (Program Clock Reference), para de esta manera evitar que la llegada de los paquetes de información al Set Top Box sea imprecisa.



## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda explotar las funcionalidades que presta el software OpenCaster relacionadas a la adquisición de contenidos fuente (audio, video) por medio de una red LAN, con la finalidad de contar con una programación automática de contenidos.
- Se recomienda aprovechar todas las funcionalidades que presta el decodificador de desarrollo en cuanto a canal de retorno y contenidos interactivos, ya que por este medio se debe adquirir información para el sistema recomendador.
- Para una segunda versión del proyecto o para nuevos proyectos financiados en el campo de la televisión digital, se recomienda la adquisición del servidor VILLAGEFLOW contemplado en la tercera alternativa de diseño para el laboratorio de TV digital (sección 4.3). Esta adquisición ofrece un mayor avance tecnológico debido a ventajas como: compatibilidad con herramientas para el análisis y monitorización del flujo de transporte TS, protocolos de comunicación TCP/IP, comercialización de los servicios desarrollados en el middleware Ginga, entre otros.
- Mediante la solicitud de proformas para el equipamiento del laboratorio de televisión digital (secciones 4.1.4, 4.2.4 y 4.3.7) se ha establecido un primer contacto con proveedores nacionales e internacionales dedicados a la distribución de equipamiento. Por tanto, sería recomendable organizar un seminario de TV digital para que algunos proveedores nacionales puedan compartir experiencias desde el punto de vista comercial.
- Debido a la creciente demanda de contenidos interactivos que presentarán los radiodifusores de televisión digital, sería recomendable desde ahora formar un grupo de investigación en la Universidad de Cuenca dedicado al desarrollo de aplicaciones interactivas.



### 6.3 Trabajos Futuros

Como consecuencia de la presente tesis, se genera una gran variedad de posibilidades para nuevas investigaciones en la línea de la televisión digital, A continuación se indican algunos de los posibles temas a investigar:

- Transmisión de contenidos de televisión digital a través de la red de internet, servicio conocido como IPTV.
- Análisis técnico, económico y regulatorio para la creación de un canal de televisión digital con una cobertura para todo el campus Universitario.
- Desarrollo de servicios interactivos enfocadas al ámbito social, como por ejemplo tele-educación, tele-medicina, etc.
- Análisis técnico y social para brindar seguridad en la prestación de servicios bancarios a través de la televisión digital.



## Bibliografía

- [1] M. MSc, PhD Espinoza Mejia, «Aplicación de Tecnologías Semánticas para Disminuir la Sobrecarga de Información,» Cuenca, Ecuador, 2012.
- [2] D. MSc. Ing.Ab Alulema, «Ginga Ecuador,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.ginga.org.ec>. [Último acceso: Noviembre 2012].
- [3] A. Preta, «Nuevos sistemas de financiación y convergencia tecnológica,» de *Oferta de la Televisión Digital Internacionalización y regionalización de los contenidos*, Valencia, 1999, pp. 105-126.
- [4] Ministerio De Industria, Energía Y Turismo , «Television Digital Terrestre,» Gobierno de España, [En línea]. Available: <http://www.televisiandigital.es/>. [Último acceso: Noviembre 2012].
- [5] Comisión designada por la Superintendencia de Telecomunicaciones, «INFORME PARA LA DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN ECUADOR,» Quito, 2010.
- [6] BestBuy Tv digital por cable, «BestBuy España,» 2010. [En línea]. Available: <http://espanol.bestbuy.com/site/Electronics-Promotions/Cable-TV-vs-Satellite-TV/pcmcat237800050010.c?id=pcmcat237800050010>. [Último acceso: Noviembre 2012].
- [7] Digital Video Recording, «High Definition (HD) Options for Digital Video Recording (DVR),» 2011. [En línea]. Available: <http://dvr.about.com/od/dvrs/a/hddvr.htm>. [Último acceso: Noviembre 2012].
- [8] Investigadores de EUIT de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid, «ingeniatric,» Gobierno de España-Ministerio de Ciencia e Innovación, 2011. [En línea]. Available: <http://ingeniatric.euitt.upm.es/index.php/multimedia/infografias/item/703-c%C3%B3mo-funciona-la-televisi%C3%B3n-digital-terrestre-tdt>. [Último acceso: Noviembre 1212].
- [9] Eveliux, «Redes, Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información,» [En línea]. Available: <http://www.eveliux.com/mx/el-abc-de-la-television-digital-parte-1.php>. [Último acceso: Noviembre 2012].
- [10] Advanced Television Systems Committee, «ATSC Mobile/Handheld Digital Television Standard, Part 1 - ATSC Mobile Digital System,» Washington, D.C., 2009.



- [11] Advanced Television Systems Committee, «ATSC Mobile/Handheld Digital Television Standard, Part 2 – RF/Transmission System Characteristics,» Washington, D.C., 2009.
- [12] DVB-T, «Frame Structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2),» 2008.
- [13] Association of Radio Industries and Businesses (ARIB), «Características del sistema ISDB-T».
- [14] Association of Radio Industries and Businesses (ARIB), «Anexo-AA, Contenidos técnicos y estructura del sistema ISDB-T».
- [15] Yasuro TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #1 Introducción,» 2007.
- [16] ITU-T, «Recommendation H.222.0: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems,» 2006.
- [17] School of Electronic Engineering Beihang University, «The technical Analysis on the China National Standard for Digital Terrestrial TV Broadcasting,» Beijing, 2008.
- [18] Digital Tv News, «DTMB (DMB-T/H) – Digital Terrestrial Multimedia Broadcast – GB 20600-2006; DMB-T+ADTB-T – News,» [En línea]. Available: [http://www.digitaltvnews.net/content/category/region/middle-east/bahrain/?category\\_name=dmb-th](http://www.digitaltvnews.net/content/category/region/middle-east/bahrain/?category_name=dmb-th).
- [19] CONATEL, «RESOLUCIÓN RTV-286-11-CONATEL-2012,» QUITO, ECUADOR, 2012.
- [20] N. O. Pisciotta, «Sistema ISDB-Tb (Primera Parte),» de *Sistema ISDB-Tb*, Córdoba, Argentina , 2010, pp. 1-47.
- [21] A. Zambrano, «Introducción a la TV Digital Interactiva y Ginga.ar,» Buenos Aires, Argentina, 2012.
- [22] Yasuo TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #4 Antecedentes técnicos de la recepción parcial de 1 segmento (One Seg),» 2007.
- [23] Yasuo TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #2 Estructura/Características of ISDB-T,» 2007.
- [24] JDS Uniphase Corporation, MPEG-2 Reference Guide to Digital Video Technology Testing, and Monitoring, 2008.
- [25] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15602-2: Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação - Parte 2: Codificação de áudio,» 2008.



- [26] A. López Martín, Ingeniería de Ondas - Formatos de Audio Digital, 2002.
- [27] Profesores ELO, «Algoritmos de Compresi',» [En línea].
- [28] O. Estape, «Octavi Estape's Computer Vision site,» 2008. [En línea]. Available: [http://www.activovision.com/octavi/doku.php?id=colospace\\_explorer](http://www.activovision.com/octavi/doku.php?id=colospace_explorer). [Último acceso: Diciembre 2012].
- [29] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15602-1: Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação - Parte 1: Codificação de vídeo,» 2008.
- [30] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15603-3: Televisão digital terrestre — Multiplexação e serviços de informação (SI) — Parte 3: Sintaxes e definições de informação estendida do SI,» 2008.
- [31] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15603-2: Televisão digital terrestre – Multiplexação e serviços de informação (SI) - Parte 2: Estrutura de dados e definições da informação básica de SI,» 2008.
- [32] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15606-1: Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital - Parte 1: Codificação de dados,» 2008.
- [33] ITU-T TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, «H.222.0 SERIES H: AUDIOVISUAL AND MULTIMEDIA SYSTEMS Infrastructure of audiovisual services – Transmission multiplexing and synchronization,» 2006.
- [34] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15603-1: Televisão digital terrestre — Multiplexação e serviços de informação (SI) - Parte 1: SI do sistema de radiodifusão,» 2008.
- [35] Yasuo TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #5 Sistema Multiplex e información de Servicio,» 2007.
- [36] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15602-3: Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação - Parte 3: Sistemas de multiplexação de sinais,» 2008.
- [37] Digital Broadcasting Experts Group - DiBEG, «DiBEG ISDB-T,» [En línea]. Available: <http://www.dibeg.org/>. [Último acceso: Diciembre 2012].
- [38] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15601: Televisão digital terrestre — Sistema de transmissão,» 2008.
- [39] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15604: Televisão digital terrestre



— Receptores,» 2008.

- [40] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15606-2: Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital - Parte 2: Gíngua-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações,» 2008.
- [41] AALP digital engineering , «EPG: Electronic Program Guide,» Bologna, 2011.
- [42] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR15607-1: Televisão digital terrestre – Canal de interatividade - Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software,» 2008.
- [43] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15606-5: Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital - Parte 5: Gíngua-NCL para receptores portáteis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações,» 2008.
- [44] VideoSwitch; Ing. Maury, Roberto; Ing. Blazquiz, Carlos; , «Equipamiento para Estación de TV Digital ISDB-Tb,» Buenos Aires, 2010.
- [45] DekTec, «DTU-215 USB-2 VHF/UHF Modulator,» 2011.
- [46] EiTv, «Entretenimento e Interatividade para TV Digital,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.eitv.com.br/devbox.php>. [Último acceso: Enero 2013].
- [47] OMB, «OMB BROADCAST,» 2002. [En línea]. Available: <http://www.omb.com/>. [Último acceso: Enero 2012].
- [48] Exchange-Rates, «Exchange-Rates,» 2012. [En línea]. Available: <http://es.exchange-rates.org/HistoricalRates/A/EUR/08-10-2012>. [Último acceso: Diciembre 2012].
- [49] Ecuatronix / Lcda. Natalie Fortuny, «ecuatronix,» 2010. [En línea]. Available: [info@ecuatronix.com.ec](mailto:info@ecuatronix.com.ec). [Último acceso: Octubre 2012].
- [50] TELEVIEW, «Premium USB DTV Modulator TVB597A,» 2011. [En línea]. Available: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dGVsZXZpZXcuY29tfHByb2R1Y3RzfGd4OjU3NDVkdZDNIODAzODNiYzI>. [Último acceso: Febrero 2013].
- [51] ADVICOM, «Advicom,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.advicom.ec/>. [Último acceso: Enero 2013].
- [52] VILLAGE island Software, «VILLAGEFLOW,» Tokyo, 2011.
- [53] VILLAGE island Software, «VILLAGEFLOW Gui guide,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.village-island.com/VFWiki/VF/doku.php/vfgui>. [Último acceso: Enero



2013].

- [54] AALP digital engineering, «Avalpa Broadcast Server v3.0,» 2014.
- [55] Lifia, «OpenCaster para SATVD-T,» La Plata, 2011.
- [56] Yasuo TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #7 Esquema de Servicio/ Recepción/ Facilidades para las televisoras,» 2007.
- [57] Yasuro TAKAHASHI - DiBEG, «Seminario Técnico de ISDB-T en Argentina: Sección #3 Sistema de transmisión,» 2007.
- [58] R. R. Andrade Duarte, «EiTV DeveloperBox Set-top Box para Desarrollo en el Ginga - Manual de Usuario,» Jardin Paraiso, 2012.
- [59] F. A. Sandoval A., «Comparación de Estándares de TDT, Puntos de vista técnico y socio-económico,» [En línea]. Available: [http://www.slideshare.net/blog\\_fralbe/8-comparacin-de-estndares-de-tdt](http://www.slideshare.net/blog_fralbe/8-comparacin-de-estndares-de-tdt). [Último acceso: Diciembre 2012].
- [60] Associação Brasileira de Normas Técnicas, «ABNT NBR 15606-3: Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital - Parte 3: Especificação de transmissão de dados,» 2008.
- [61] Profesores ELO, «Algoritmos de Compresión de Video Teoría y Estándares,» 2011. [En línea]. [Último acceso: Diciembre 2012].



## GLOSARIO

<b>8-VSB:</b>	<i>8 level - Vestigial Side Band.</i> Banda Lateral Vestigial de 8 niveles.
<b>ABNT:</b>	Asociación Brasileña de Normas Técnicas.
<b>AC-3:</b>	<i>Audio Codec-3.</i> Codificación de Audio versión 3.
<b>ARIB:</b>	<i>Association of Radio Industries and Businesses.</i> Asociación de Industrias y Negocios de Radio.
<b>ATSC:</b>	Advanced Television Systems Committee. Comisión de Sistemas de Televisión Avanzada.
<b>BAT:</b>	<i>Bouquet Association Table.</i> Tabla de asociación de rama.
<b>BW:</b>	<i>Band Width.</i> Ancho de banda.
<b>CAT:</b>	<i>Conditional Access Table.</i> Tabla de acceso condicional.
<b>COFDM:</b>	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex.</i> Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Codificadas.
<b>COFDM-BST:</b>	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplex – Band Segmented Transmission.</i> Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Codificadas en Banda Segmentada.
<b>DCT:</b>	<i>Discrete Cosine Transform.</i> Transformada Discreta de Coseno.
<b>DiBEG:</b>	<i>Digital Broadcasting Experts Group.</i> Grupo de Expertos en Transmisión Digital.
<b>DIUC:</b>	Departamento de Investigación de la Universidad de Cuenca.
<b>DQPSK:</b>	<i>Differential Quadrature Phase Shift Keying.</i> modulación por desplazamiento de cuadratura diferencial de fase





<b>DTMB:</b>	<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting.</i> Difusión digital multimedia terrestre.
<b>DTS:</b>	<i>Decoding Time Stamp.</i> Decodificación de marca de fecha.
<b>DVB-T:</b>	<i>Digital Video Broadcasting - Terrestrial.</i> Difusión de Video Digital – Terrestre.
<b>DVR:</b>	<i>Digital Video Recorder.</i> Grabador de video digital
<b>EIT:</b>	<i>Event Information Table.</i> Tabla de información de evento.
<b>EPG:</b>	<i>Electronic Program Guide.</i> Guía de Programación Electrónica.
<b>ES:</b>	<i>Elementary Stream.</i> Flujo elemental
<b>HD:</b>	<i>High Definition.</i> Alta Definición.
<b>HD-DVR:</b>	<i>High Definition - Digital Video Recorder.</i> Grabador de video digital de alta definición.
<b>HDTV:</b>	<i>High Definition Television.</i> Televisión de Alta Definición
<b>IPTV:</b>	<i>Internet Protocol Television.</i> Televisión Digital IP.
<b>IRD:</b>	<i>Integrated Receiver Decoder.</i> Decodificador receptor integrado.
<b>ISDB-T:</b>	<i>Integrated Service Digital Broadcasting –Terrestrial.</i> Televisión digital terrestre
<b>ISDB-Tb:</b>	<i>Integrated System for Digital Broadcast, Terrestrial Brazilian version.</i> Sistema Integrado para Difusión Digital Terrestre versión Brasileña.
<b>ISO/IEC:</b>	Organización Internacional para la Estandarización y la Comisión Electrotécnica Internacional.
<b>ITU:</b>	<i>International Telecommunication Union.</i> Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>LAN:</b>	<i>Local Area Network.</i> Red de Área Local.
<b>LATM:</b>	<i>Low Overhead Audio Transport Multiplex.</i> Multiplexación de transporte para audio de baja calidad.
<b>LCD:</b>	<i>Liquid Cristal Display.</i> Pantalla de cristal líquido.
<b>LDTV:</b>	<i>Low Definition Television.</i> Televisión de baja definición estándar.



<b>LNB:</b>	<i>Low Noise Block.</i> Bloqueo de Bajo Ruido.
<b>LOAS:</b>	<i>Low Overhead Audio Stream.</i> Flujo de audio de baja calidad.
<b>MIDDLEWARE:</b>	Plataforma para el desarrollo de aplicaciones interactivas.
<b>MPEG:</b>	<i>Moving Picture Experts Group.</i> Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento.
<b>NIT:</b>	<i>Network Information Table.</i> Tabla de información de red.
<b>NTSC:</b>	<i>National Television System Committee.</i> Comisión Nacional de Sistemas de Televisión.
<b>OFDM:</b>	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplex.</i> Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
<b>ONE-SEG:</b>	Resolución para dispositivos móviles.
<b>PAT:</b>	<i>Program Association Table.</i> Tabla de asociación del programa.
<b>PCR:</b>	<i>Program Clock Reference.</i> Referencia al reloj del programa.
<b>PES:</b>	<i>Packetized Elementary Stream.</i> Paquetización del flujo elemental.
<b>PMT:</b>	<i>Program Map Table.</i> Tabla del mapa de programa.
<b>PTS:</b>	<i>Presentation Time Stamp.</i> Presentación de marca de fecha.
<b>QAM:</b>	<i>Quadrature Amplitude Modulation.</i> Modulación de Amplitud en Cuadratura.
<b>QPSK:</b>	<i>Quadrature Phase Shift Keying.</i> Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura.
<b>RRT:</b>	<i>Rating Region Table.</i> Tabla de tasa regional.
<b>RST:</b>	<i>Running Status Table.</i> Tabla de estado de ejecución.
<b>SBTVD:</b>	Sistema Nipo-Brasileño de Televisión Digital Terrestre.
<b>SD:</b>	<i>Standard Definition.</i> Definición Estándar.
<b>SDT:</b>	<i>Service Description Table.</i> Tabla de descripción de servicio.
<b>SDTV:</b>	<i>Standard Definition Television.</i> Televisión de definición estándar.



<b>SET TOP BOX:</b>	Decodificador para la señaala digital de televisión.
<b>SFN:</b>	Single Frequency Network
<b>ST:</b>	<i>Stuffing Table</i> . Tabla de invalidación.
<b>STT:</b>	<i>System Time Table</i> . Table de tiempo del sistema.
<b>SUPERTEL:</b>	Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.
<b>TDS:</b>	<i>Time Domain Synchronous</i> . Sincronismo en el dominio del tiempo.
<b>TDT:</b>	Televisión Digital Terrestre.
<b>TOT:</b>	<i>Time Offset Table</i> . Tabla de desfasamiento de tiempo.
<b>TRIPLE PLAY:</b>	Empaquetamiento de servicios de voz, banda ancha y televisión.
<b>TS:</b>	<i>Transport Stream</i> . Flujo de transporte.
<b>TVDi:</b>	Televisión Digital Interactiva.
<b>UHF:</b>	<i>Ultra High Frequency</i> . Frecuencias ultra altas.
<b>VCT:</b>	<i>Virtual Channel Table</i> . Tabla de canal virtual.
<b>VHF:</b>	Very High Frequency. Frecuencias muy altas.



## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

#### **VILLAGEFLOW**

- A1:           CARACTERISTICAS DE LA PLATAFORMA VILLAGEFLOW
  
- A2:           ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA VILLAGEFLOW
  
- A3:           VENTAJAS DE LA PLATAFORMA VILLAGELOW

## **A 1 CARACTERISRICAS DE LA PLATAFORMA VILLAGEFLOW**

Las características de esta plataforma permiten alcanzar altos niveles de integración, flexibilidad y bajo costo de funcionamiento en la difusión de una señal de televisión digital. Además permite contar con un nivel eficiente de desarrollo para aplicaciones del middleware Ginga.

### **A 1.1 Flexibilidad de los módulos de software**

Esta característica permite a la plataforma alcanzar una máxima interoperabilidad entre la interfaz de software y el hardware instalado en la etapa de Entrada I/F (H/W), brindando así un procesamiento eficiente en la salida para operaciones en tiempo real.

### **A 1.2 Beneficios de espacio y bajo costo de funcionamiento**

Mediante la utilización de la plataforma contenida en un servidor, se puede disminuir el espacio físico que normalmente ocupa un Rack completo HE (High Efficiency) de un sistema radiodifusor. Además, permite una fácil conexión mediante sus interfaces (ASI, SPI, TS sobre IP, entre otras). Y brinda una implementación de bajo costo para la personalización de sub-sistemas que almacenan copias de seguridad del sistema de transmisión principal (back up).

A continuación se indican los módulos que constituyen el formato de sistema de esta plataforma, tal como se indica en la figura , todos estos módulos se encuentran almacenados en un solo servidor con lo que se consigue la disminución de espacio físico.

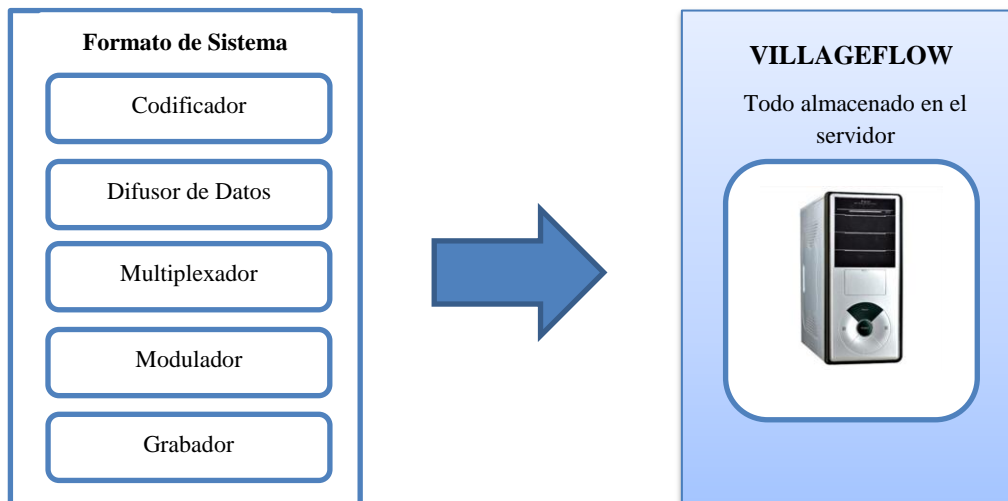


Figura A1-1: Módulos que incluye la plataforma VILLAGEFLOW

### A 1.3 Facilidad de Integración

Esta plataforma brinda facilidad de integración y compatibilidad para aplicaciones y sistemas HE (High Efficiency), mismo que se ilustra en la figura. Esta integración puede admitir bloques basados en hardware y software según requerimientos específicos. Además de brindar servicios como:

- Una avanzada Interfaz web remota de usuario (VFGUI)
- Soporte SNMP (Protocolo Simple de Administración de Red) que facilita el intercambio de información entre los elementos.
- Ajuste de control de archivos XML con FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos)

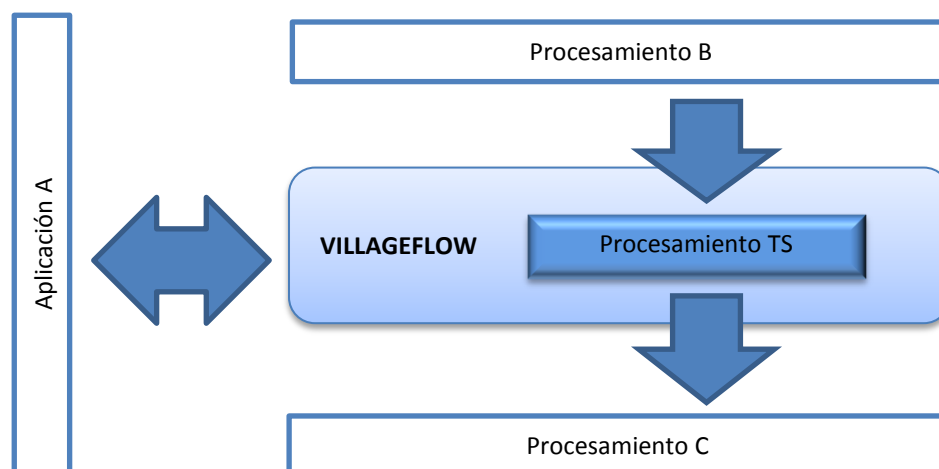


Figura A1-2: Módulos que incluye la plataforma VILLAGEFLOW

## A 1.4 SDK (Source Development Kit) abierto para desarrollo y personalización

La plataforma emplea una interfaz grafica de usuario (GUI) que incluye ejemplos de códigos y herramientas para reportes gráficos. Además, el servidor cuenta con pantallas LED que indican el estado actual de proceso y controles detallados de cada función.

Para el bloque de procesamiento del flujo de transporte (TS) se cuenta con el código de ejemplo tanto para la etapa de entrada como la de salida. A continuación se indica un esquema para el desarrollo de software de aplicación y de su módulo de proceso.

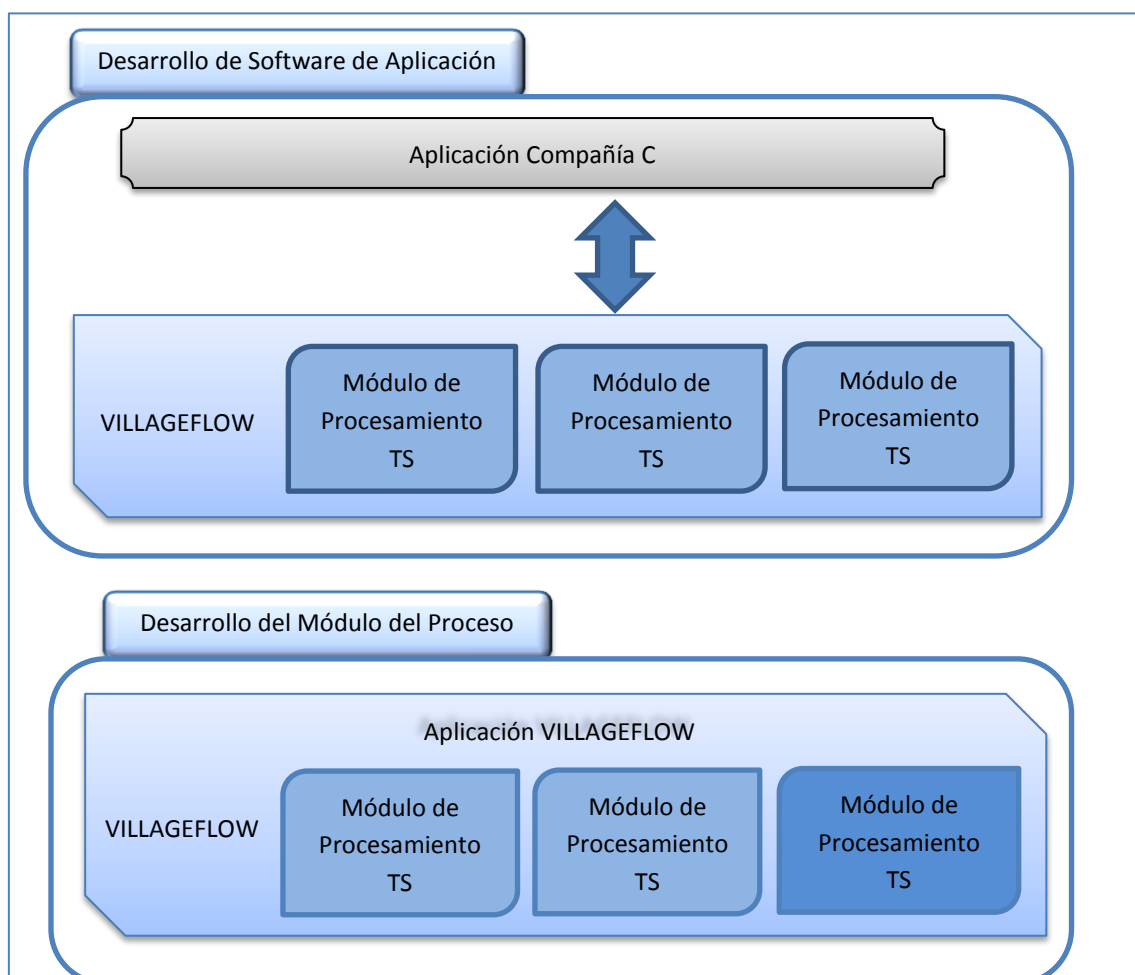


Figura A1-3: Esquema para el desarrollo de software de aplicación y módulo de proceso

## A 2 Estructura de la plataforma

La estructura de la Plataforma de Software para el Multi-procesamiento de Radiodifusor se basa en capas las cuales son: Capa de aplicación, Capa de Bloque (Brick) y la Capa Base-SDK.

### A 2.1 Capa de Aplicación

En esta capa se encuentran diferentes tipos de aplicativos como:

- Aplicaciones para la interfaz gráfica de usuario (GUI)
- Servicios y aplicaciones de consola
- Aplicaciones Web
- Aplicaciones personalizadas



Figura A 2-1: Capa de Aplicación de la plataforma

### A 2.2 Capa de Bloque (Brick)

Esta capa es la encargada de la función de procesamiento TS, donde cada bloque es un módulo único para cada señal de entrada, de proceso y de salida del radiodifusor digital.

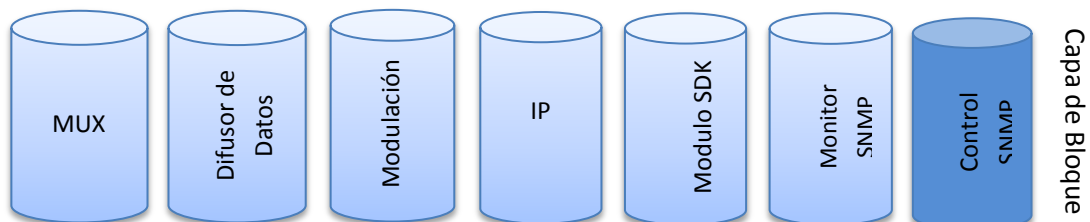


Figura A 2-2: Capa de Bloque



### A 2.3 Capa Base-SDK

Esta capa es la encargada del procesamiento la Plataforma de Software para el Multi-procesamiento de Radiodifusor (VILLAGEFLOW)

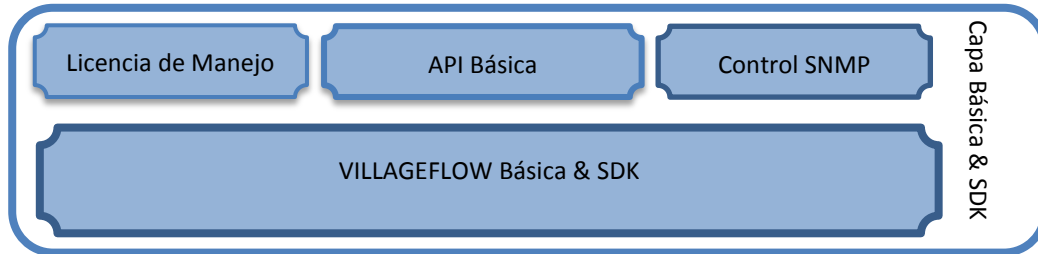


Figura A 2-3: Capa de Bloque

## **A 3 Ventajas de la plataforma VILLAGEFLOW**

### **A 3.1 Análisis y monitoreo del flujo de transporte**

Una de las ventajas que brinda esta plataforma es que permite el análisis y monitoreo del flujo de transporte TS, específicamente permite las siguientes funciones:

- Análisis de los paquetes TS
- Análisis de la tasa de muestreo de TS por cada servicio, según la PID
- Análisis de broadcast de datos
- Análisis PSI/SI
- Análisis PCR que hace referencia al retardo respecto a la sincronización del sistema receptor.
- Monitorización del flujo de transporte

### **A 3.2 Protocolos de comunicación**

Otra ventaja de este módulo es que permite la utilización de diferentes protocolos de comunicación como: UDP (Unicast y Multicast), TCP/IP (Unicast) y RTP (para adaptadores DekTec) además permite la configuración de elementos como la dirección IP y puertos a utilizar.

### **A 3.3 Comercialización de los servicios**

La tercera de las ventajas de esta plataforma es que permite comercializar varios servicios de la transmisión de una señal digital de televisión para dispositivos fijos, móviles y portátiles. Además puede ofrecer servicios adicionales como televisión IP y sistemas de validación de datos para del flujo de transporte (TS), entre algunos de estos ejemplos de comercialización tenemos:

### A 3.4 Sistema de Radiodifusor local de televisión digital

Este sistema permite contar con una señal de televisión digital local que puede ser visualizada en televisores comunes o en grabadores HDD recibiendo dicha señal mediante una antena estándar, un cable coaxial o una red IP. Este sistema es usado comúnmente para la señalización digital como en: aeropuertos, espacios públicos, etc. Y también para difusiones internas como en hoteles, escuelas y compañías. Este tipo de servicio comercial requiere de los siguientes módulos:

- Codificador para alta definición HDTV
- Codificador para definición estándar SDTV
- Soporte PSI para canales locales
- EPG para esquema de programaciones y grabaciones
- Modulación OFDM

A continuación se indica el esquema para la prestación de servicios de difusión de televisión digital para sistema terrestre, satelital y por cable.

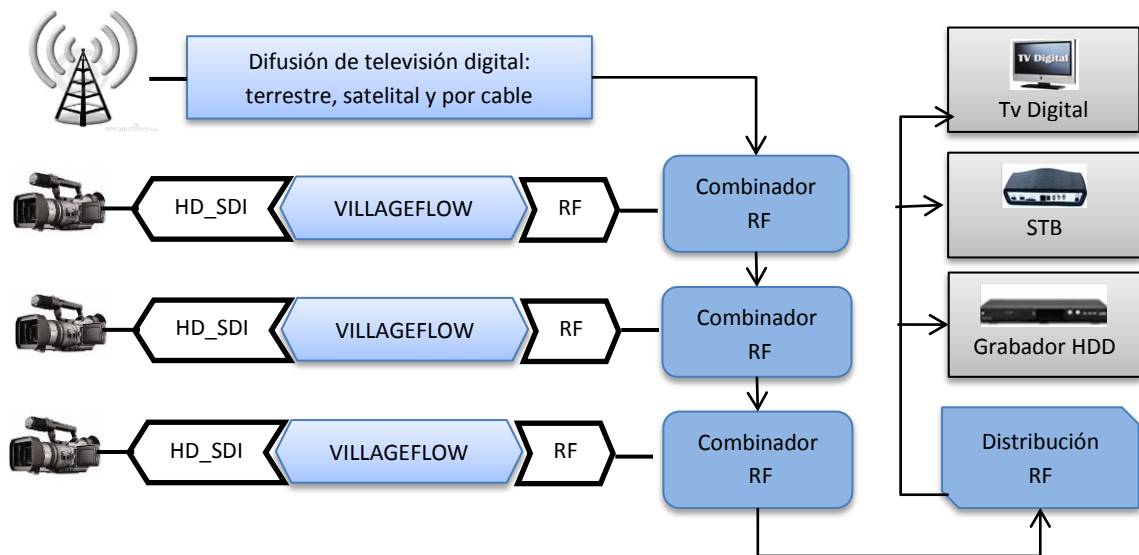


Figura A 3-1: Esquema para la comercialización de un sistema de radiodifusión

### A 3.5 Sistema de difusión local para televisión móvil

Permite al usuario difundir su propio programa móvil de TV para un área limitada. Esta plataforma representa un nuevo método de difusión y es usada generalmente en museos, estadios y otros lugares públicos.

Este tipo de servicio comercial requiere de los siguientes módulos:

- Codificador One-seg para TV móvil
- Soporte PSI para canales locales
- Transmisión de datos del difusor en forma de carrusel
- Modulación OFDM

### **A 3.6 Sistemas de transmisión IPTV e IPTV híbrida**

Esta plataforma permite transmitir el video desde una localización remota a través de una red IP o una señal digital modulada la cual viaja a través de la interfaz de aire. Este tipo de servicio comercial requiere de los siguientes módulos:

- Codificador para definición estándar SDTV
- Codificador One-seg para TV móvil
- Soporte PSI para canales locales
- Transmisión de datos del difusor en forma de carrusel
- Salida de flujo de transporte TS sobre IP
- Modulación OFDM

### **A 3.7 Sistema de validación de datos TS**

La plataforma obtiene las actuales características de los actuales sistemas de radiodifusión y permite una completa señalización de la señal antes de ser transmitida por la interfaz de aire. Este sistema de validación es usado para la creación de datos para el difusor y probar las configuraciones de nuevos servicios. Este tipo de servicio comercial requiere de los siguientes módulos:

- Codificador para alta definición HDTV
- Codificador One-seg para TV móvil
- Soporte PSI para canales locales
- Transmisión de datos del difusor en forma de carrusel
- Salida DVB-ASI
- Modulación 64 QAM y OFDM