

**ARQUITECTURA PARA LA PLANIFICACIÓN DINÁMICA DE SERVICIOS Y
CONTENIDOS MULTIMEDIA DE T-LEARNING**



Monografía

GABY EDILMA ZEMANATE RENGIFO

JOHAN EDGAR TIQUE RAMÍREZ

Director: PhD. José Luis Arciniegas Herrera

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Grupo de Ingeniería Telemática - GIT
Línea de Investigación en Servicios Avanzados de Telecomunicaciones
Popayán, Febrero 2012.**

“El hombre que se levanta es más grande que el que nunca ha caído”
Concepción Arenal

*Agradezco a Dios por bendecirme y ponerme en el camino
de personas tan especiales e incondicionales,
mi familia Gloria Rengifo, Luis Zemanate y hermanos
que me han apoyado en el transcurso de mi carrera.
A Johan Tique por su comprensión y perseverancia
manifestada durante el tiempo de trabajo.
Gaby Edilma Zemanate Rengifo*

*Agradezco a Dios por bendecir a mi familia y ayudarnos
en los momentos más críticos; igualmente, agradezco a mi familia,
mis abuelos, mis padres y mi hermano
por su apoyo y comprensión en todas las etapas de mi vida,
especialmente en esta etapa, donde me convierto en profesional.
Johan Edgar Tique Ramírez*

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro director, PhD. José Luis Arciniegas, por la oportunidad que nos brindó al aceptar guiarnos en todo el proceso de finalización de nuestra etapa como profesionales; igualmente, agradecemos la confianza que depositó en nosotros al hacernos activamente partícipes del proyecto STCAV. A nuestro amigo, Ing. Juan Pablo Amaya, por asesorarnos en varias ocasiones en procesos de difícil solución, y por último a nuestros amigos con quienes compartimos esta valiosa etapa de nuestra vida.

TABLA DE CONTENIDO

1. MOTIVACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 MOTIVACIÓN	3
1.4 GENERALIDADES DE LA PLATAFORMA DE TDi.....	3
1.4.1 Cadena de TDi.....	3
1.4.2 Estándares y Tecnologías Usadas.....	4
1.4.3 Estándar de TD para Colombia.....	7
1.4.3.1 Generalidades MHP	7
1.5 ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE GRADO	8
1.6 CONCLUSIONES	10
2. ESTADO DEL ARTE	11
2.1 INTRODUCCION	11
2.2 Definiciones	11
2.2.1 Parrilla de Programación:.....	11
2.2.2 Planificación:.....	11
2.2.3 Servicio de TDi:.....	11
2.2.5 Contenidos Multimedia de TDi:	12
2.2.6 T- Learning.....	13
2.2.7 Programa de TV:.....	13
2.3 Herramientas Software para la Planificación Dinámica	13
2.3.1 MHP (Multimedia Home Plataform).....	13
2.3.2 Arquitectura Extremo a Extremo para Distribución de Contenidos	14
2.3.3 Plataforma para la Distribución de Contenidos con soporte para MHP	15
2. 4 MPEG-2 Estándar para la Radiodifusión	15
2.4.1 Tablas de Información (PSI) de MPEG-2.....	16
2.5 DVB.....	17
2.6 Transmisión y Sincronización de datos y aplicaciones MHP.....	18
2.6.1 Sincronización de Aplicaciones con el contenido audiovisual mediante eventos de flujo DSM-CC.....	20

2.6.2 Do-It-Now:.....	21
2.6.3 Scheduled Stream Events.....	21
2.7 TRABAJOS RELACIONADOS.....	21
2.8 CONCLUSIONES	22
3. ESPECIFICACION DE LA SOLUCIÓN	23
3.1 INTRODUCCION	23
3.2 Propósito.....	23
3.2.1 Características Iniciales	23
3.2.2 Declaración de Requisitos	24
3.2.2.1 Descripción de Actores	24
3.2.2.2 Requisitos Funcionales	24
3.2.2.3Requisitos No Funcionales.....	25
3.3 Modelado del Negocio	26
3.3.1 Modelo de Casos de Uso de Negocio.....	26
3.3.2 Diagrama de Actividades	27
3.3.4 Modelo de Casos de Uso del Sistema	28
3.4 Conclusiones.....	29
4. Arquitectura Software del Planificador de Contenidos Multimedia y servicios de T-Learning	30
4.1 Introducción.....	30
4.2 Subsistemas y funcionalidades críticas.....	30
4.2.1 Gestor de contenidos y servicios:	30
4.2.2 Adaptador de contenidos multimedia:	31
4.2.3 Repositorio de contenidos multimedia y servicios: i.....	31
4.2.4 Gestor de programas interactivos para TDi:.....	31
4.2.5 Planificador dinámico de programas de TDi:.....	31
4.2.6 Gestor de usuarios:.....	31
4.2.7 Despliegue dinámico del servicio de TDi:.....	31
4.2.8 Distribuidor del servicio de TDi:.....	31
4.2.9 Consumidor dinámico del servicio de TDi:	31
4.3 Arquitectura planteada	32

4.3.1 Vista de despliegue.....	32
4.3.1.1 Nodo de Repositorio de Contenidos y Aplicaciones.....	32
4.3.1.2 Nodo Difusor	33
- Agente y Mediador de Control:	33
- Generador de Flujos:	33
- MUX de contenidos y aplicaciones:	33
4.3.1.3 Plataforma LiveStream.....	33
4.3.1.4 Plataforma de Gestión Remota	33
- Servidor de Transcodificación:	33
- Servidor de Base de Datos:	34
- Servidor PARTENON:	34
4.3.1.5 Cliente de Gestión Remota	34
4.3.1.6 Nodo de Base de Datos	34
- Base de Datos de Contenidos Multimedia:	34
- Base de Datos de Aplicaciones:.....	34
- Base de Datos PARTENON.....	34
- Base de Datos de Usuario:	34
4.3.1.7 Operador de Red.....	34
4.3.1.8 Usuario de TDi	34
4.3.2 Vista de componentes.....	34
4.3.2.1 Repositorio de contenidos y aplicaciones	36
- Contenido Multimedia:	36
- Eventos de televisión:	36
- Aplicación Interactiva:	36
- Imagen:	37
4.3.2.2 Plataforma de gestión remota	37
- Servidor de Base Datos	37
- Servidor Transcode:.....	37
4.3.2.3 Difusor.....	40
- Gestor Dinámico del Servicio de TDi	43
4.3.2.4 Base de Datos.....	44

4.3.2.5 Servidor Live TV	46
4.3.2.6 Usuario de TV	46
4.3.2.7 Cliente Web.....	46
4.3.3 Esquema de interacción entre componentes críticos.....	47
4.3.3.1 Interacción en la gestión de contenidos y aplicaciones.....	47
4.3.3.2 Interacción en la gestión de programas	48
4.3.3.3 Interacción en la gestión de parrilla.....	50
4.3.3.4 Interacción en el Difusor.....	50
4.4 Componentes de edición y composición de elementos multimedia y aplicaciones interactivas.....	52
4.4.1 Edición de contenidos multimedia.....	53
4.4.2 Mapa de interactividad	53
4.5 Modelo de datos (descripción de la base de datos).....	54
4.6 Modelo de construcción de aplicaciones.....	55
4.6.1 Arquitectura.....	55
4.7 CONCLUSIONES	56
5. Prototipo: Planificador dinámico de contenidos y servicios multimedia para un entorno de t-learning.....	58
5.1 Introducción.....	58
5.2 Instancia del Modelo De despliegue.....	58
5.3 Instancia del Modelo de componentes.....	60
5.3.1 Servidor de Audio/Video	60
5.3.2 Servidor de difusión	61
5.3.3 Servidor de información	64
5.3.4 Servidor de aplicaciones	65
5.3.4.1 Servidor EVA.....	66
5.3.4.1.1 Adaptación de contenidos en HD:	68
5.3.4.1.2 Edición del contenido basado en su descriptor:.....	68
5.3.4.1.3 Creación de un evento multimedia basado en su descriptor:	69
5.3.4.2 Servidor de base de datos	71
5.3.4.3 Servidor WEB.....	72

5.3.4.4 Servidor PARTENON	74
5.3.5 Cliente de Gestión Remota	75
5.3.5.1 Gestión gráfica de usuarios.....	76
5.3.5.2 Gestión gráfica de programas de televisión	76
5.3.5.3 Gestión gráfica de parrilla	77
5.3.6 Usuario TDi	78
5.4 Conclusiones	79
6. CASO DE ESTUDIO	82
6.1 Introducción.....	82
6.2 Vista Funcional.....	82
6.2.1 Pruebas de caja negra	82
6.2.2 Descripción del escenario de prueba	83
6.2.2.1 Escenario de prueba 1.....	83
6.2.2.2 Escenario de prueba 2.....	83
6.3 Identificación de la Matriz de Descripción Funcional (MDF) y Matriz de Requerimientos Funcionales (MRF)	83
6.3.4 Resultados de las pruebas funcionales.....	84
6.3.4.1 Tiempos de respuesta del sistema.....	84
6.3.4.2 Sincronización de contenidos y aplicaciones.....	87
6.3.4.2.1Despliegue del servicio de votación.....	87
6.3.4.2.2 Sincronización de contenidos y aplicaciones.....	87
6.3.4.2 Transmisión en tiempo real	90
6.3.4.2 Prueba de Códec	91
6.4 Análisis y conclusiones de las pruebas funcionales	91
7. CONCLUSIONES	93
7.1 CONCLUSIONES GENERALES	93
7.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	95
7.3 APORTES	96
7.4 RECOMENDACIONES	98
7.5 TRABAJOS FUTUROS	99
Bibliografía.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Cadena de TDi	4
Figura 1. 2 Flujos de transporte MPEG-2 [30].....	6
Figura 2. 1 Diagrama de Composición de un Servicio	12
Figura 2. 2 Arquitectura de la Plataforma MHP [39].....	14
Figura 2. 3 Arquitectura EDiTV [40].....	15
Figura 2. 4 Tablas de información DVB-MPEG2	18
Figura 2. 5 Pila de Protocolos para el Canal de Difusión	19
Figura 2. 6 Capas del Carrusel de Objetos DSM-CC	20
Figura 3. 1 Diagrama de casos de uso del negocio	26
Figura 3. 2 Diagrama de actividades.....	27
Figura 3. 3 Diagrama de casos de uso del sistema.....	28
Figura 4. 1 Modelo de Abstracción para el sistema.....	31
Figura 4. 2 Modelo de despliegue del sistema	32
Figura 4. 3 Vista de componentes del sistema.....	35
Figura 4. 4 Estructura de un programa de televisión.....	36
Figura 4. 5 Estructura lógica del Gestor de Control.....	40
Figura 4. 6 Fases operativas del agente del despliegue del servicio de TDi.....	42
Figura 4. 7 Empaquetado de una fuente de Audio y Video	43
Figura 4. 8 Multiplexación de Flujos de TS en un solo TS	45
Figura 4. 9 Diagrama de secuencia para la gestión de contenidos.	47
Figura 4. 10 Diagrama de secuencia de la gestión de aplicaciones.....	48
Figura 4. 11 Diagrama de secuencia para la gestión de programas.	49
Figura 4. 12 Diagrama de secuencia para la gestión de parrilla.....	50
Figura 4. 13 Diagrama de secuencia de la interacción interna del Difusor.....	51
Figura 4. 14 Diagrama de secuencia del comportamiento dinámico del despliegue de aplicaciones.....	52
Figura 4. 15 Mapa de Interactividad	53
Figura 4. 16 Diagrama entidad relación de la base datos.	54
Figura 4. 17 Modelo de construcción de aplicaciones.....	55
Figura 5. 1 Modelo de despliegue del prototipo.....	59
Figura 5. 2 Diagrama de componentes del prototipo.....	60
Figura 5. 3 Componentes del servicio de streaming	61
Figura 5. 4 Estructura Servidor dinámico de Play-out	62
Figura 5. 5 Base de datos del prototipo.....	65
Figura 5. 6 Estructura de EVA.....	66
Figura 5. 7 Estructura del Servidor EVA.....	67
Figura 5. 8 Proceso de adaptación de contenidos.	68
Figura 5. 9 Estructura del elemento de edición.	69

Figura 5. 10	Proceso de edición de contenidos.....	69
Figura 5. 11	Entidades del proceso de creación de un evento multimedia	70
Figura 5. 12	Proceso de composición a partir del mapa de interactividad	70
Figura 5. 13	Estructura del ProcessItem	71
Figura 5. 14	Estructura del servidor web	73
Figura 5. 15	Estructura del servidor PARTENON.....	74
Figura 5. 16	Interfaces gráficas para la gestión de usuarios.	76
Figura 5. 17	Proceso de creación de objetos de aprendizaje por interfaz gráfica. 77	
Figura 5. 18	Proceso de creación de un paquete de aprendizaje	77
Figura 5. 19	Estructura de la gestión de aplicaciones.	79
Figura 5. 20	Diagrama de flujo de la gestión de aplicaciones.	79
Figura 6. 1	Esquema de prueba [54]	83
Figura 6. 2	Histórico de rendimiento con cuatro usuarios	85
Figura 6. 3	Histórico de rendimiento con tres usuarios	85
Figura 6. 4	Histórico de rendimiento con dos usuarios.....	86
Figura 6. 5	Histórico de rendimiento con cuatro usuarios	86
Figura 6. 6	Despliegue del servicio de votación	87
Figura 6. 7	Programación de servicios	88
Figura 6. 8	Servicio desplegado	88
Figura 6. 9	Servicio desplegado	88
Figura 6. 10	Servicio desplegado	89
Figura 6. 11	Tiempo de despliegue de servicios	89
Figura 6. 12	Equipo para Live Streaming	90
Figura 6. 13	Transmisión en tiempo real	90
Figura 6. 14	Razón de tiempo de duración y tiempo de adaptación.....	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 2. 1 Descripción de los PSI	17
Tabla 2. 2 Descripción del Sistema	18
Tabla 5. 1 Especificación de las características del los equipos del modelo de despliegue.....	60

LISTA DE ACRONIMOS

AIT: Application Information Table

AJAX: Asynchronous JavaScript And XML

APIs: Application Programming Interface

AVI: Audio Video Interleave

BIOP: Broadcast Inter-ORB Protocol

CNTV: Comisión Nacional de Televisión

CORBA: Common Object Request Broker Architecture

CPU: Central Processing Unit

DSM-CC: Digital Storage Media Command and Control

DVB: Digital Video Broadcast

ES: Elementary Stream

HD: High Definition

HDMI: High-Definition Multimedia Interface

HTML5: HyperText Markup Language, version 5

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

IMS LD: IMS Learning Design

JAVA EE: Java Platform, Enterprise Edition

JS: JavaScript

JSON: JavaScript Object Notation

MHP: Multimedia Home Platform

MPEG: Moving Picture Experts Group

MPEG-TS: Moving Picture Experts Group- Transport Stream

NFS: Network File System

NIT: Network Information Table

ORB: Object Request Broker

PMT: Path Map Table

PVR: Personal Video Recorder

RPC: Remote Procedure Call

SCORM: Sharable Content Object Reference Model

SDT: Service Description Table

SE: Stream Event

STB: Set Top Box

STCAV: Servicios de T- learning para el Soporte de una Comunidad Académica Virtual

TDi: Televisión Digital Interactiva

TDT: Televisión Digital Terrestre

WEB: World Wide Web

XML: eXtensible Markup Language

CAPITULO I

1. MOTIVACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo contiene los conceptos necesarios para comprender y delimitar el entorno y despliegue del proyecto de grado. Está dividido en cuatro secciones: la primera expone el planteamiento del problema, la segunda sección presenta la motivación de la investigación y los aportes del trabajo de grado. Finalmente, la sección 3 expone las generalidades de las tecnologías que soportan el presente trabajo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El comportamiento tecnológico mundial sigue una tendencia creciente en la mayoría de las áreas del conocimiento, específicamente en las de telecomunicaciones y la telemática, esto ha generado un aumento en el número de servicios de interacción humano-máquina, por ejemplo: las redes sociales, los foros, las wikis, entre otros [1]. Un sistema que está siendo mejorado es el despliegue del servicio de televisión¹. Hace algunos años este sistema era completamente analógico, ahora, el tratamiento de las señales a transmitir es generado en forma digital, optimizando así, muchas de sus características [2].

El sistema de televisión digital (TD), contempla los siguientes aspectos: compresión y codificación de audio y video, transmisión y sincronización de datos, video y aplicaciones, multiplexación y transporte, codificación del canal y modulación [3]. Estos, hacen que el servicio de televisión sea más eficiente y con mayores prestaciones hacia el usuario.

Asimismo, la TD ha incorporado características de interactividad dentro de su sistema, adaptando servicios informáticos albergados localmente o en la nube, con el despliegue de flujos de audio y video de alta definición propios de la televisión, enriqueciéndolos así, con diversas aplicaciones para el usuario, esta unificación es llamada Televisión Digital Interactiva (TDi) [4].

La TDi ha generado la apertura de un abanico de posibilidades orientados hacia un nuevo sistema en el cual pueden establecerse soluciones comerciales, académicas, empresariales, entre otras. Así, con el fin de ampliar y mejorar los métodos de educación a distancia, las soluciones académicas sobre la TDi son indudablemente un campo a explotar, este concepto es conocido como T-Learning y está enfocado al campo de la educación virtual, generando a través del TV un aprendizaje interactivo e individualizado, complementario al que puede ofrecerse por medio de un computador [5].

Adicionalmente, la interactividad ha dado un vuelco total a la televisión tradicional y ha hecho posible pensar en nuevos contenidos y servicios a desplegar en este medio de

¹Servicio de televisión: servicio que soporta la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia que emplea un mecanismo de difusión.

difusión, incorporando funciones avanzadas de comunicaciones, haciendo al usuario final un elemento activo, quien logra modificar e incidir en la normal programación de los diferentes eventos asociados a la emisión de un canal de televisión, consumiendo además, diversos servicios soportados sobre la plataforma de TDi como los presentados en [6].

No obstante, el despliegue² de contenidos multimedia y servicios en TDi requiere cambios considerables a nivel de infraestructura y de software en comparación con el generado para la televisión analógica; los actuales desarrollos especifican un avance significativo en la planificación de contenidos secuenciales en la plataforma de TD, esto es conocido como parrilla³ de televisión; sin embargo, del análisis de la información existente es posible observar que los avances son basados en proyectos privativos⁴ o en otros casos, la usabilidad de los mismos es pobre debido a que su interfaz es poco amigable y están basados en comandos por consola, presente en la mayoría de proyectos de código abierto como en [7-9].

Asimismo, los trabajos realizados en herramientas para el soporte de parillas de TD, capaces de sincronizar servicios interactivos con los contenidos multimedia desplegados, está en proceso de construcción y son pocos los desarrollos en esta área en lo que en el contexto nacional refiere; estos, son evidenciados en los proveedores del servicio de televisión tales como: DirecTV, Telmex, Une y Telefónica. Igualmente ocurre en el entorno mundial, donde existen proyectos robustos asociados al despliegue del servicio de TDi, pero no es posible encontrar plataformas que permitan el despliegue dinámico de dicho servicio, de esta forma, la sección 2 presenta el análisis de estos proyectos.

La planificación dinámica del servicio de TDi le otorga al usuario final (televidente interactivo) la capacidad de influir sobre la programación de la parrilla en tiempo de ejecución, presentando así, un sistema flexible y capaz de soportar entornos que necesiten funcionalidades de retroalimentación sobre el contenido mostrado; este concepto esencial en entornos de aprendizaje como argumenta [10].

Igualmente, la programación de los contenidos de un canal de televisión es una labor que ha sido delegada al programador de parrilla, actor dentro de la cadena de TDi que organiza y planea la programación del canal durante un periodo de tiempo; con la introducción de la TD ha sido enriquecido de la forma de hacer contenidos usando diferentes elementos multimedia y además asociando a estos servicios adicionales.

Es así como el rol del programador de parrilla ha evolucionado; el modelo de negocio asociado a un usuario final activo que interactúa con el servicio de televisión desplegado, modifica la forma de la construcción y presentación de los programas de televisión, y es por tanto requerido un sistema de TDi que permita el despliegue de contenidos multimedia sincronizados con servicios interactivos.

²Despliegue: término usado en este contexto, para indicar el proceso de ejecución y presentación del servicio de TDi al usuario final.

³Parrilla: herramienta que despliega, controla y monitorea la programación horaria de los contenidos en televisión.

⁴Proyectos privativos (como servicio): proyectos en calidad de servicio, cuyo enfoque es comercial y solo es posible adquirir su funcionalidad a través de su compra, de esta forma su código fuente esta solamente reservado para la empresa que lo desarrolla.

1.3 MOTIVACIÓN

Teniendo en cuenta la incorporación de la TDi como nuevo sistema de comunicación [11]; la importancia de este proyecto de investigación está fundamentada, en facilitar el la planificación y el despliegue dinámico de contenidos multimedia enriquecidos con servicios telemáticos sobre dicha plataforma.

Asimismo, el contexto de este trabajo son los ambientes educativos, brindando la posibilidad de ampliar las opciones de los entornos de aprendizaje actuales, lo anterior basándose en la televisión como un catalizador cultural y un sistema que tiene un nicho de mercado extenso y bien establecido, diferenciado de otras plataformas como la internet o la telefonía móvil, en características como su antigüedad y la forma como se despliegan sus servicios asociados; estos aspectos le brindan a este sistema una gran cantidad de usuarios que reconocen, usan y aceptan su modo de operación; de esta forma, [12] presenta estadísticamente el consumo del servicio de televisión en Colombia, el cual es superior al 95 % dentro del 85,3 % de la población colombiana que tiene acceso a este servicio.

La inclusión de nuevas formas de aprendizaje en un sistema en proceso de adaptación como lo es la TDi, requiere revisar similitudes y diferencias en un nivel técnico y cultural, en comparación con otras plataformas donde pueden soportarse dichos entornos; así, [13] presenta el contraste en el despliegue de t-learning con el de e-learning [14], siendo este último, uno de los conceptos más difundidos de la educación a distancia a través de internet.

Así, la arquitectura propuesta para este trabajo, retoma la generación de contenido multimedia educativo para fines de t-Learning, analizada en anteriores proyectos de investigación como [11, 15], y propone una solución para el despliegue y la ejecución del servicio de televisión, acompañada de servicios interactivos, que den soporte a entornos de aprendizaje sobre el usuario final.

Igualmente, este proyecto expone dentro de la planificación del servicio de televisión, un modelo para la sincronización y despliegue dinámico de contenidos con servicios interactivos propios para la TDi, concepto esencial para lograr la retroalimentación en los ambientes de aprendizaje.

1.4 GENERALIDADES DE LA PLATAFORMA DE TDi

Basados en la importancia de definir un marco conceptual inicial que contextualice y delimite el presente trabajo, a continuación están expuestas las nociones más significativas asociadas a la plataforma de TDi, especificando la cadena de dicha plataforma, los estándares y tecnologías más utilizadas y el estándar de TD para Colombia.

1.4.1 Cadena de TDi

El despliegue de los contenidos y servicios sobre la plataforma de TDi sigue una cadena generalizada compuesta por cuatro nodos, ilustrados en la figura 1.1 [16], al

inicio de la cadena está ubicado el nodo que representa al proveedor de contenidos y servicios, este alberga un repositorio de contenidos multimedia y aplicaciones que finalmente consumirá el usuario de la red de televisión; el segundo nodo hace referencia al difusor, el cual está compuesto de cuatro componentes: servidor de audio y video, servidor de carrusel de objetos, generador del sistema de información y el multiplexor (MUX), estos adaptan y multiplexa todos los flujos que contienen la información necesaria para desplegar el servicio de televisión, estos flujos son entregados al operador de red o tercer nodo dentro de la cadena, el cual toma dichos flujos y los adecúa a nivel físico (modulación y transmisión) para que puedan ser distribuidos por el canal de difusión al último nodo, el cual representa a los terminales de usuario, cada terminal está compuesto de un televisor (TV) y un Set Top Box (STB), este último dispositivo dota al usuario de un terminal con soporte de canal de retorno el cual es clave en el concepto de interactividad manejado por la plataforma de TDi [10].

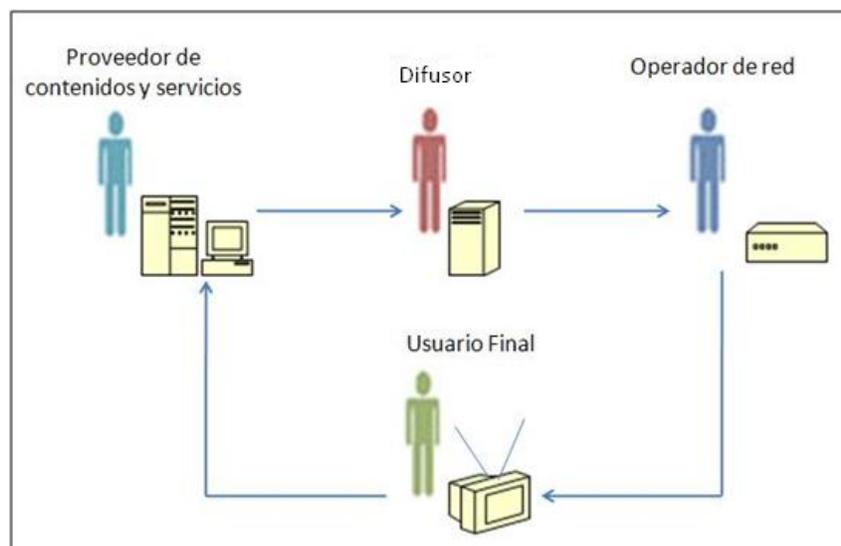


Figura 1.1 Cadena de TDi

1.4.2 Estándares y Tecnologías Usadas

Con el nacimiento de la televisión digital, también surgen especificaciones que definen parámetros, protocolos y formatos para el manejo de plataformas de TD [17], dentro de las que cada uno de los actores, escenarios y componentes de las mismas son abordados de diferente manera; de esta forma es posible encontrar cuatro grandes estándares masificados en el contexto mundial: ATSC estándar estadounidense [18], ISDB estándar japonés [19], DVB estándar europeo [20], y el DMTB estándar chino [21], para el desarrollo de la presente investigación es de interés la especificación DVB, debido a que fue el estándar de TDi adoptado por la CNTV para Colombia en el año 2008 [22].

DVB cuenta con una capa física, una capa de enlace de datos y un sistema de distribución que asocia diferentes técnicas de modulación. Al igual que establece una plataforma de integración de aplicaciones denominada MHP (Multimedia Home

Platform) con una interfaz genérica entre aplicaciones digitales interactivas y los terminales en que ejecutan las mismas [23]. Cuenta también con un flujo de transporte que es el encargado de transportar el flujo de eventos producto de la programación de parrilla y los servicios que dotan de interactividad a los contenidos. En cuanto a los datos y aplicaciones, estas serán enviadas en el denominado carrusel de objetos basado en los protocolos de comunicación asociados a DSMCC (Digital Storage Media Command and Control) [24]. Igualmente para gestionar⁵ y organizar los flujos multiplexados, MPEG/DVB ha definido varias tablas de información que forman el PSI (Program Specific Information) establecidas en el sistema MPEG-2 [25] y son complementadas por otras propuestas por DVB, formando un sistema de información más robusto conocido como SI que está especificado en la norma ETS 300 468 [26].

DVB define varias especificaciones de codificación de canal y modulación según sea el medio y la forma de transmisión del servicio de televisión, así podemos encontrar la especificación DVB-T para la difusión por onda terrestre [27], DVB-C para transmisión por cable [28], DVB-S para difusión por satélite [29], entre otros. Sin embargo, la codificación de la fuente en todos los anteriores casos sigue una adaptación del estándar MPEG-2, describiendo la estructura de la señal de entrada y salida denominada como flujos de transporte MPEG-2 (*transport stream: TS*).

Así, para la generación de un TS debe tenerse en cuenta una secuencia estructurada asociada a la formación de todos los flujos de transporte y de programas necesarios para el despliegue del servicio de televisión, lo anterior es presentado en la figura 1.2. Este diagrama muestra el proceso de cómo un contenido audiovisual es posteriormente convertido en TS [30].

El proceso inicia codificando independientemente el video y audio de los contenidos multimedia en un flujo elemental (*Elementary Stream: ES*), lo cual es conocido como capa de compresión, que comprime y codifica el video teniendo en cuenta la redundancia espacial y temporal de las imágenes, la correlación entre puntos cercanos y la menor sensibilidad del ojo humano a los detalles de las imágenes fijas. Asimismo para el flujo de audio son utilizados modelos psicoacústicos y enmascaramiento de frecuencia y de tiempo reduciendo así la cantidad de datos a transmitir.

El proceso siguiente es abstraído como capa de sistema, los ES obtenidos en el primer componente son empaquetados para crear un flujo elemental paquetizado (*packetized elementary stream: PES*), donde finalmente serán convertidos a TS por medio de un empaquetamiento nuevo y una multiplexación, adicional a esto es necesario crear un sistema de información relativa al servicio con el fin de lograr la integridad de los datos al efectuarse la transmisión.

⁵ Gestionar: concepto definido solamente sobre los procesos de control, planificación y monitoreo (Esta aclaración aplica igual para los términos gestor y gestionar).

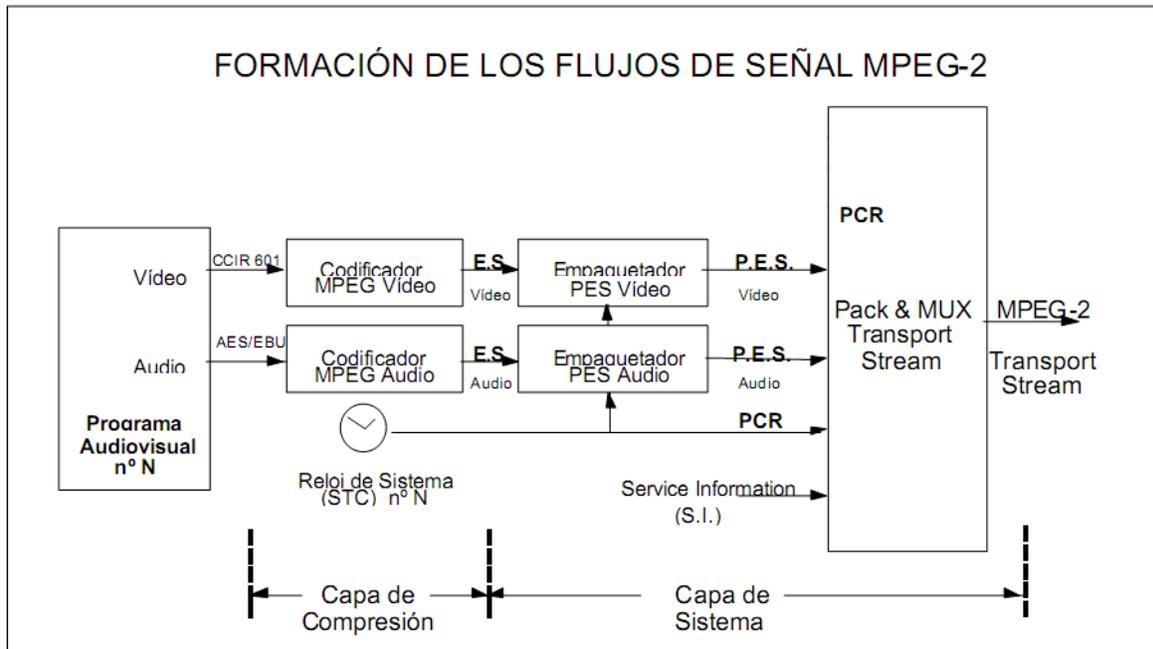


Figura 1. 2 Flujos de transporte MPEG-2 [30]

El servicio de información (*serviceinformation: SI*), está compuesto por nueve tablas definidas por los estándares MPEG-2 y DVB [25]. La tabla asociación de programas (PAT) describe para cada servicio que identificador tiene la respectiva tabla PMT, tabla de mapeo de programas (PMT) describe para un servicio todos los ES que lo componen indicando el tipo de cada uno, la tabla de información de red (NIT) ofrece una lista de TS que contiene la red y los parámetros necesarios para sintonizarlos, por último la tabla de acceso condicional (CAT) proporciona la información de cifrado necesaria para poder interpretar los ES recibidos en el STB, es así como todos estos elementos forman la información específica de programa (*programspecificinformation: PSI*).

Así, las cinco tablas restantes son especificadas para el despliegue propio del servicio de televisión especificado por DVB, de esta forma la tabla de asociación de bouquet⁶ lista los servicios incluidos en un bouquet, en este contexto un servicio es un conjunto de aplicaciones, flujos de video, audio y datos, ordenados de forma coherente para luego ser presentados al usuario; en resumen, un servicio es un canal de televisión (no confundir con los términos: servicio de información y servicio informático) [31]; asimismo, la tabla de descripción de servicio SDT ofrece información asociada a los servicios existentes en los TS, La tabla de información de eventos EIT proporciona los programas o eventos de televisión con sus horarios de aparición, la tabla de tiempo y fecha TDT lleva el tiempo de reloj universal (*universal Clock Time: UTC*) y por último la tabla de tiempo de compensación TOT, lleva el offset del sistema local. Esta descripción será ampliada en la sección 2.4 del presente documento.

⁶ Bouquet: agrupación Lógica de servicios o canales de televisión, propiedad de un mismo emisor.

1.4.3 Estándar de TD para Colombia

Después de casi dos años y medio de estudios asociados a la topografía del país, la tecnología soportada por el mismo y un análisis de impacto socio-económico; Colombia acogió el estándar europeo en su especificación DVB-T [22].

DVB-T está vigente desde el año 1997 y hasta la fecha ha vendido más de doscientos millones de receptores en más de cuarenta países, este es un sistema flexible y dinámico en cuanto al despliegue de servicios de televisión se refiere, cuenta con soporte de definición estándar de televisión (*Standard Definition Television: SDTV*) y alta definición de televisión (*High Definition Television: HDTV*), asimismo, cuenta con el soporte para aplicaciones interactivas basadas en DVB-MHP [32].

DVB-T define varias características técnicas que lo hacen un sistema bastante flexible: presenta varias opciones de modulación (QPSK, 16QAM Y 64QAM), posee cinco diferentes tasas de corrección de errores de envío FEC, brinda dos opciones de portadoras a 2 k y 8 K y puede operar en las bandas de canal de 6, 7 y 8 MHz con video en 50 o 60 Hz.

Esta especificación usa modulación por multiplexación de división de frecuencia ortogonal (OFDM) lo que le dota de valiosas herramientas para operar la frecuencia de la red; además DVB-T tiene la capacidad de hacer modulación jerárquica. Por medio de esta técnica es posible independizar dos flujos de datos y luego modularlos en una sola señal DVB-T, permitiendo establecer prioridades entre estos, las prioridades soportadas son HP y LP (High priority y lowpriority respectivamente).

Es así como en Bogotá, Colombia, el viernes 29 de enero del 2010 iniciaron las emisiones oficiales del servicio de televisión digital, aun en su versión de pruebas, este conto con los canales: Señal Colombia, Canal Institucional y Canal Uno, esta primera emisión oficial de la señal de Televisión Digital Terrestre (TDT) fue realizada desde la estación Calatrava, que cubre el norte, el occidente y parte del centro de esta ciudad [33].

1.4.3.1 Generalidades MHP

Para poder efectuar la integración y el despliegue de aplicaciones dentro del servicio de televisión es necesario el uso de un sistema mediador que habilite esta funcionalidad, es así como DVB adopta a MHP como la plataforma que satisface esta necesidad, de esta forma, Sun Microsystems y DVB están trabajando en una especificación completa y estandarizada que brinden soporte a los servicios y al diseño de aplicaciones sobre TDi; así, Sun Microsystems desarrolló JavaTV, el cual es un API para plataformas de TD, que incluye el modelo y ciclo de vida de la clase principal de la aplicación, el acceso al servicio de difusión y el acceso a la información del servicio; aunque no fue desarrollado específicamente para MHP, técnicamente puede ser adoptado por cualquiera de los estándares de TV actuales gracias a su portabilidad [23]. Así, MHP utiliza el modelo de aplicación de JavaTV como su núcleo central.

MHP define dos tipos de aplicaciones, DVB-J y DVB-HTML, las cuales deben estar escritas en JAVA y HTML respectivamente; JavaTV es un complemento para el diseño de aplicaciones DVB-J, sin embargo, estas aplicaciones pueden apoyarse en APIs definidas en la máquina virtual de desarrollo sobre JAVA, las cuales estarán

restringidas a la tecnología del dispositivo que las despliega, es decir, la versión de MHP que soporta el STB.

El módulo central de una aplicación DVB-J es conocido como Xlet, la cual hace parte del paquete JavaTV, esta permite que una fuente externa, en este caso el gestor de aplicaciones, inicie y detenga la aplicación de la cual forma parte, [23] realiza una descripción detallada del ciclo de vida de una aplicación DVB-J.

El concepto de aplicación en TD está asociado al contexto de servicio. MHP controla por medio del API JavaTV el contexto del servicio y proporciona los medios para la inicialización y cambio del mismo.

MHP incluye además un conjunto de APIs las cuales gestionan y controlan diversos recursos asociados a toda la plataforma de TDi. Como los son DAVIC, HAVi (“*Home Audio Video Interoperability*”) y las generadas por DVB [23]. Asimismo, La arquitectura de MHP está basada en un modelo de tres capas, las cuales relacionan los recursos, el software del sistema y las aplicaciones dentro de un contexto de ejecución, independiente de la plataforma hardware que lo implemente, generando flexibilidad sobre el despliegue de aplicaciones.

Así, nótese como el modelo de negocio de lo que fue llamado un sistema de comunicación unidireccional, ahora presenta una plataforma completamente interactiva en la que los usuarios pueden consumir servicios de valor agregado e incluso cambiar los contenidos a transmitir según sea su demanda, todo esto gracias a varios componentes robustos implementados tanto en transmisión como en recepción del servicio de televisión, donde existe un complejo pero eficiente sistema de información y una plataforma de interactividad utilizados para configurar automáticamente el receptor en los aspectos de decodificación, demultiplexación y despliegue de los múltiples flujos recibidos.

Lo anterior habilita nuevas estrategias de comunicación y abre la puerta a numerosos mercados (en áreas como las de aprendizaje, gubernamentales, juegos entre otras) y nuevas formas de interactuar con los anteriormente llamados usuarios pasivos de la televisión, integrando todo en una solo plataforma sin necesidad de hacer uso de otras como la telefonía fija y móvil.

1.5 ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE GRADO

El presente trabajo de grado está enmarcado dentro del proyecto STCAV: Servicios de T-Learning para el soporte de una Comunidad Académica Virtual, Cód. 1103 489 25425 de Colciencias, del que hacen parte la Universidad del Cauca con sus grupos de investigación: Grupo de Ingeniería Telemática – GIT, Grupo de Investigación Pedagogía y Currículo – GIPC, Grupo de Biotecnología, Calidad Medioambiental y Seguridad Agroalimentaria – BICAMSA y Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software – IDIS. La Universidad Autónoma de Occidente con sus grupos: Grupo de Investigación en Telemática e Informática Aplicada – GITI y Grupo de Investigación en Comunicación para el Desarrollo – GICD, y finalmente la Universidad de Oviedo con el Grupo de Investigación en Redes y Servicios Telemáticos – GIRST.

De esta forma, este proyecto complementa los objetivos planteados al proyecto STCAV, posibilitando que el planificador de programación sea dinámico. Además, está integrado a la arquitectura implementada del mismo.

Finalmente, la estructura de la monografía presenta la siguiente organización de secciones:

Capítulo 2: comprende los conceptos necesarios para comprender y delimitar el entorno y despliegue del proyecto de grado.

Capítulo 3: presenta la definición del propósito, las características y requisitos generales del sistema. Igualmente, identifica los casos de uso del modelo de negocio y del sistema.

Capítulo 4: Presenta la arquitectura software del planificador de contenidos multimedia de t-learning, reunidos en la especificación de subsistemas y funcionalidades críticas, continuando con la presentación de la arquitectura planteada y concluyendo con una descripción del proceso de interacción de cada uno de los nodos de la misma.

Capítulo 5: define los modelos de implementación asociados a la construcción del prototipo, el cual está soportado sobre la arquitectura propuesta en el capítulo 4.

Capítulo 6: validación de la arquitectura propuesta en el capítulo 4 para la planificación, control y despliegue dinámico de servicios y contenidos multimedia de t-learning, a través del prototipo implementado en el capítulo 5 y usando como caso de estudio la vinculación con el escenario de televisión digital terrestre definido en el proyecto STCAV.

Capítulo 7: Presenta las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuro del proyecto de grado.

Adicionalmente existen trece (13) anexos que complementan los temas tratados, estos presentan la siguiente organización:

Anexo A: Opencaster

Anexo B: Objetos de negocio y modelo de casos de uso extendidos

Anexo C: Modelo conceptual de la arquitectura para la planificación dinámica de contenidos multimedia y servicios de t-learning

Anexo D: Principios de adaptación de escenarios virtuales de aprendizaje en entornos de TDi.

Anexo E: Tecnologías del prototipo

Anexo F: Interfaces gráficas de usuario

Anexo G: Diagrama de clases del prototipo funcional

Anexo H: Identificación de la matriz de descomposición funcional y matriz de requisitos funcionales.

Anexo I: STCAV

Anexo J: Encuestas

Anexo K: Comparación de costos

Anexo L: Manual de instalación

Anexo M: Manual de usuario.

1.6 CONCLUSIONES

La plataforma de TDi ha surgido como una necesidad de prestar un mejor servicio a un segmento de mercado establecido por décadas de consumo; es así como, por medio del tratamiento digital de señales y de la vinculación de este sistema con la internet, esta plataforma puede soportar el despliegue de contenidos multimedia enriquecidos con servicios interactivos, abriendo la posibilidad de creación de nuevos modelos de negocio asociados a un sinnúmero de necesidades de la sociedad reflejadas en la educación, la salud, el entretenimiento, la seguridad, entre otras.

La migración del sistema analógico de televisión al de TDi requiere asumir el compromiso con un estándar que soporte y garantice la total operatividad del servicio de televisión para toda la región. Colombia apoyado en evaluaciones geotécnicas y socio-económicas, asume DVB-T como su estándar; así, la presente investigación toma las características técnicas y condiciones de despliegue de este, para soportar el desarrollo de la misma.

La TDi provee soporte para el despliegue de servicios interactivos, estos asociados al canal de retorno presente en la cadena de TDi, brindan al usuario un modo de consumo alterno al presentado en un PC o un móvil, generando nuevos conceptos de interacción, como es el caso del t-learning.

A través de la TDi es posible ampliar los entornos de aprendizaje, de esta forma, debe tenerse en cuenta los servicios necesarios para desplegar un espacio educativo, basándose en un sistema que garantice la retroalimentación, concepto clave en este contexto.

Para garantizar un ambiente de aprendizaje con retroalimentación es necesario incluir el concepto de planificación dinámica dentro del entorno de despliegue, este hace referencia a la capacidad que tienen los usuarios finales de influir sobre el despliegue del servicio de televisión en tiempo de ejecución.

CAPITULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCION

La televisión digital (TD) ha iniciado una nueva modalidad de difundir y consumir televisión ha sido fruto de la evolución de la televisión analógica junto con el avance de las TIC (Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones), para convertirse en un escenario en el que convergen dos grandes sectores como lo son las telecomunicaciones y la informática [34].

Este capítulo aborda el nuevo sistema de planificación de servicios y contenidos multimedia en televisión digital, que involucra una serie de conceptos y definiciones necesarias para la contextualización del presente trabajo de grado.

2.2 Definiciones

Antes de conocer que es la planificación de contenidos y servicios multimedia en la plataforma de TDi, es necesario comprender algunos términos enmarcados en este contexto.

2.2.1 Parrilla de Programación: es la representación gráfica de las franjas horarias de un canal televisivo, en el que se planifican programas y servicios asociados a este. Es un elemento integrador de contenidos, tiene como función permitir una navegación intuitiva y consistente por parte del programador de parrilla [35].

2.2.2 Planificación: en el marco de un canal televisivo hace referencia al proceso de ordenar en una franja horaria contenidos audiovisuales y asociar a estas aplicaciones o servicios con una duración específica y una temática detallada, mediante el uso de herramientas software y hardware.

Existen dos tipos de planificación, la estática y la dinámica.

- **Planificación Estática:** corresponde a la programación de contenidos televisivos previamente seleccionados y dispuestos en un horario específico con una duración determinada. Este tipo de planificación no sufre variaciones en tiempo de ejecución. Característica por su rigidez.
- **Planificación Dinámica:** le otorga al usuario final ⁷(televidente interactivo) y al programador de parrilla, la capacidad de incidir sobre la programación de la parrilla en tiempo de ejecución, presentando así, un sistema flexible y capaz de soportar entornos que necesiten funcionalidades de retroalimentación sobre el contenido mostrado; este concepto es esencial en entornos de aprendizaje como argumenta [36].

2.2.3 Servicio de TDi: son producto de la convergencia de tecnologías y mercados, en el que un canal de tv, el usuario logra acceder a una amplia oferta de ocio, programación, emisiones personalizadas entre otras, que transforman el concepto de

⁷ Usuario final: sujeto que interactúa directamente con la parrilla de programación, conocido en el marco de la televisión, como televidente interactivo.

televisión de canales a televisión de servicios y contenidos. Por tanto un servicio de TDi corresponde a la integración de audio, videos, datos y aplicaciones disponibles para su posterior consumo por parte del televidente. A raíz de ello nacen los servicios de chat, foros, videos bajo demanda, teleeducación, etc. El grafico 2.1 presenta el diagrama de composición de un servicio de TDi.



Figura 2. 1 Diagrama de Composición de un Servicio

2.2.4 Aplicaciones de TDi: son las responsables de la interacción del televidente con los contenidos y servicios disponibles, permitiéndole ser parte activa de la programación, de satisfacer sus necesidades de información y entretenimiento. Bajo el concepto de aplicaciones de TDi están t-government, t-commerce, juegos en línea, aplicaciones de información como estado del tiempo, estado de las carreteras, aeropuertos, publicidad interactiva entre otras.

2.2.5 Contenidos Multimedia de TDi: son textos, imágenes, animaciones, sonido, video etc., adicionados a lo largo de la transmisión de un programa televisivo, los cuales deben cumplir con una serie de características y especificaciones técnicas para

un adecuado despliegue y previa visualización. Para la generación de este tipo de contenido existen una serie de especificaciones y recomendaciones [37].

2.2.6 T- Learning: considerado como la convergencia de la televisión interactiva y el e-learning para dar soporte a las actividades educativas y lograr una mayor penetración en la población en general, dada la gran accesibilidad a la tecnología de la televisión. Sin embargo, es claro que esta corriente cuenta con sus propias características distintivas y restricciones impuestas por el televisor y los STB como lo son los dispositivos de interacción, ya sea control remoto, teclados virtuales, entre otros [34].

En lo concerniente a los contenidos a desplegar en este medio, estos deben contar con una serie de características que promuevan el aprendizaje y sean atractivos y efectivos para cada usuario. Luego para la generación de contenido educativo para TDi se tiene [37] como referente, además de existir otra serie de recomendaciones.

2.2.7 Programa de TV: definido como el arreglo de contenidos multimedia que lleva asociado a él una serie de aplicaciones o servicios. Presenta un tiempo de inicio, duración, una temática y si el caso lo requiere una jornada de presentación.

2.2.8 Evento de flujo: suceso que modifica o enriquece un contenido multimedia en un momento específico, producto de la interactividad del televidente con la parrilla de programación.

2.3 Herramientas Software para la Planificación Dinámica

Los desarrollos realizados en herramientas para el soporte de parrillas de TD con características de interactividad está en proceso de construcción y son pocos los desarrollos en esta área en el contexto nacional, en lo referido al contexto internacional existen proyectos robustos, pero privativos, asociados al despliegue del servicio de TDi.

Bajo la anterior premisa, con el propósito de ampliar el abanico de posibilidades para la planificación de parrillas de TD y teniendo en cuenta las características de interactividad y el esquema enmarcado en el STCAV, dentro de este proyecto se utilizaran dos herramientas para la generación y gestión de la planificación dinámica de servicios y contenidos, descritas a continuación.

2.3.1 MHP (Multimedia Home Platform)

Con la concepción de la televisión digital nacen nuevas posibilidades técnicas, entre ellas la interactividad y el estándar MHP, que define una plataforma común para las aplicaciones interactivas de la televisión digital, independiente tanto del proveedor de servicios como del receptor de televisión utilizado. MHP o plataforma mediadora característica por ser un sistema de código abierto que proporciona interoperabilidad entre las diferentes aplicaciones y terminales [38].

Esta plataforma presenta una arquitectura en capas, con el fin de lograr sus objetivos de interoperabilidad y compatibilidad con versiones anteriores. La capa de aplicaciones (MHP Applications) representa todos los códigos software de aplicaciones MHP descargados y ejecutados en un terminal MHP. Estas aplicaciones pueden ser guías de programación electrónica (EPG), servicios de información, juegos, e-commerce, transacciones bancarias y cualquier aplicación, seguido de él, está ubicada la capa

software del sistema, una de las fuentes permitidas para suministrar una visión abstracta de la plataforma a las aplicaciones, que hace las veces de intercomunicador entre el hardware y las aplicaciones del nivel superior, en la parte de recursos finalmente se encuentran las fuentes MHP, que corresponden a fuentes de procesamiento, dispositivos de entrada, de salida, CPU y memoria gráfica [11].

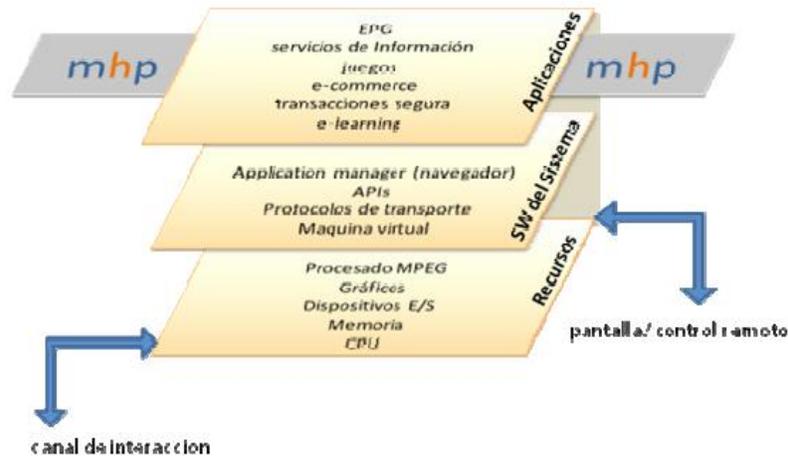


Figura 2. 2 Arquitectura de la Plataforma MHP [39]

2.3.2 Arquitectura Extremo a Extremo para Distribución de Contenidos

El desarrollo de esta arquitectura es la especificación de cada uno de los sistemas que involucran a los actores y escenarios de la cadena de TDi, mostrada en la figura 1 del capítulo anterior. Esta arquitectura adiciona una serie de componentes a la arquitectura usada en la televisión tradicional (véase figura 2.3) bajo la premisa que este nuevo servicio de interactividad requiere cierta información adicional de los contenidos a transmitir y un manejo diferente de los contenidos digitalizados.

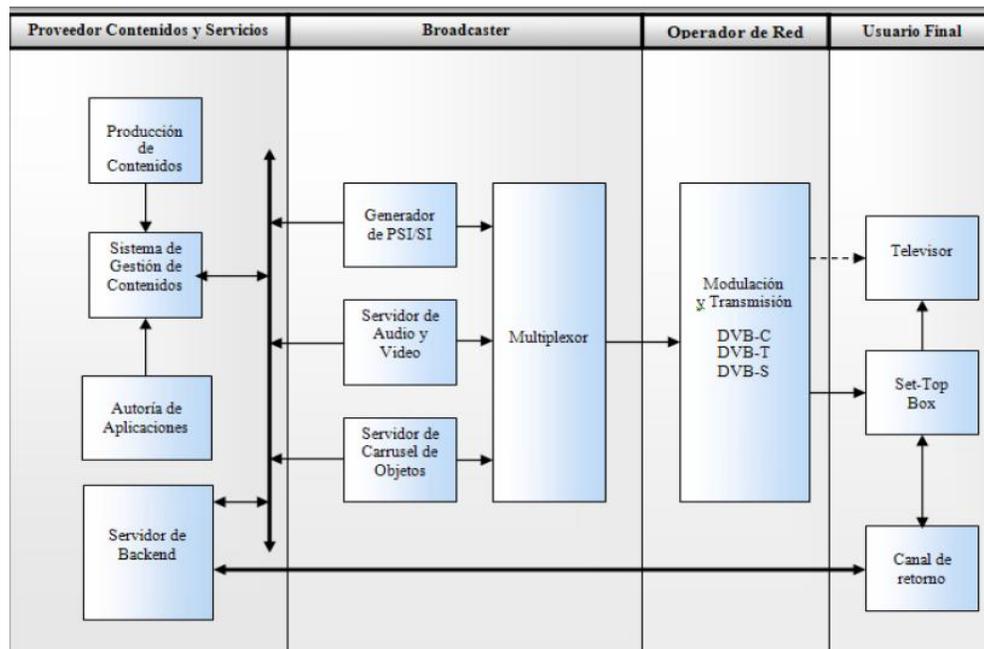


Figura 2. 3 Arquitectura EDiTV⁸ [40]

2.3.3 Plataforma para la Distribución de Contenidos con soporte para MHP

Una vez seleccionado MHP como mediador continúa el proceso de elección del tipo de plataforma a usar para la distribución de servicios y contenidos multimedia, más conocidos como sistema de Playout. Para dicho proceso existen varias opciones de servidores de Playout, entre ellos IRT MHP Production/Playout Server, Cardinal Playout Compac for MHP, Alticast Altisynchro DVB, Fraunhofer IMK MHO Playout System y OpenCaster, siendo el último de mayor interés dado a que será utilizado en el presente trabajo. Diríjase al Anexo A.

2. 4 MPEG-2 Estándar para la Radiodifusión

MPEG es un grupo de estándares utilizados para la codificación de televisión digital [41] que transmite la información como un flujo de datos MPEG-2, denominado flujo de transporte TS (Transport Stream), el cual transporta programas o servicios adicionales al audio y video. Este estándar define la forma de organización de estos últimos a fin de que el decodificador sea capaz de ordenar adecuadamente los TS y sepa cuándo debe presentar cada parte del programa. Para ello el estándar especifica la estructura del flujo de transporte, los mecanismos de transmisión y con ello garantiza la sincronización rápida y la corrección de errores en el decodificador.

En virtud de lo anterior, las tablas de Información PSI (Program Specific Information) son a continuación especificadas.

⁸ EDiTV: Educación virtual basada en televisión digital interactiva para apoyar procesos educativos a distancia.

2.4.1 Tablas de Información (PSI) de MPEG-2

Debido a que el televidente puede elegir entre varios programas contenidos en un solo flujo de transporte, el decodificador debe ser capaz de ordenar y acceder a los flujos de video, audio y datos asociados a un programa, mediante la utilización de las tablas de información, en el que cada TS presenta un identificador único PID [42].

Las tablas PSI son utilizadas como una tabla de contenidos, permitiendo navegar entre todos los PID recibidos. Debido a la naturaleza de los TS, se han definido un mínimo de intervalos de repetición de las tablas durante la emisión, para garantizar el máximo tiempo de acceso [42].

El siguiente cuadro describe de manera básica las tablas de información. Para mayor información vea el Anexo A.

Tabla de Información (PSI)	PID
<p>PAT (Tabla de Asociación de Programa): Directorio de los flujos de transporte, que proporciona el valor del identificador único (PID), para los paquetes que contiene la tabla de mapeo (PMT) asociada a cada programa. La PAT es la primera tabla a la que accede el decodificador cuando intenta localizar un programa con identificador único PID 0x0000, el cual le indica al decodificador donde encuentra ubicado cada programa en un flujo de transporte, mediante la tabla de Mapeo de Programas (PMT), es decir la PAT le dice al decodificador el valor del PID para los paquetes contenidos en cada PMT.</p> <p>El PAT puede contener también el valor del PID para los paquetes que contiene la tabla de información de red (NIT), la cual provee el acceso para otros flujos de transporte de la red.</p>	0X0000
<p>CAT (Tabla de Acceso Condicional): la sintaxis de MPEG-2 habilita al radiodifusor para transmitir propietariamente la información del acceso condicional a los flujos de transporte en forma de Mensajes de Gestión Autorizada (EMMs). EMMs actualiza la opción de suscripción o derecho de ver por pagar para cada suscriptor o para los grupos suscritos.</p> <p>La tabla de acceso condicional le indica al decodificador donde encontrar los EMMs en el flujo de transporte, listados de acuerdo a los valores de PID de los paquetes que contienen cada EMM.</p>	0x0001
<p>PMT (Tabla de mapeo de Programa): Cada PMT literalmente mapea un programa específico, listando los valores del PID para los paquetes que contienen los componentes de audio, video y datos de un programa. Con esta información, el decodificador puede fácilmente localizarlo, decodificarlo y desplegar los contenidos de un programa.</p> <p>La PMT también indica el valor del PID para un mensaje de control autorizado (ECM). El ECM suministra al decodificador las llaves necesarias para descodificar el audio y video para un programa.</p>	Ubicada en PAT

<p>NIT (Tabla de Información de Red): proporciona información con respecto a la red sobre la cual varios flujos de transporte residen. Esta tabla esta especificada, pero no definida, por MPEG-2. Casi siempre es definida por DVB.</p>	
---	--

Tabla 2. 1 Descripción de los PSI

2.5 DVB

Mientras las tablas PSI de MPEG-2 habilitan al decodificador para descifrar los programas en un simple flujo de transporte, estas no proveen suficiente información para soportar los flujos de transporte de numerosos programas y servicios habilitados en una toda una red de televisión digital. El estándar DVB define una serie de tablas, llamadas tablas de Información del Servicio (SI), que extienden la capacidad del sistema MPEG-2 de tal manera que el decodificador puede recibir y decodificar cualquier número de flujos de transporte que contienen programas y servicios para una red de televisión digital.

Las tablas SI también proporcionan información de la Guía Electrónica de Programación (EPG), la cual muestra al televidente una descripción de todos los actuales y próximos eventos, junto con su tiempo de inicio y duración.

Los paquetes que contienen las tablas SI, también son identificadas por un número de PID, que se relacionan en la siguiente tabla, junto con una breve descripción [43].

Tablas de Información del Sistema	PID
<p>NIT (Tabla de Información de Red): esta tabla muestra la organización física de la red y sus características</p>	0x0010
<p>TDT (Tabla de Tiempo y Fecha): proporciona el presente tiempo UTC (Co-ordinated Universal Time)</p>	0x0014
<p>SDT (Tabla de Descripción del Servicio): Define los servicios habilitados en la red e identifica el proveedor de servicios, definiendo un servicio como la secuencia de eventos que pueden ser difundidos como parte de un horario.</p> <p>Se tienen dos tipos de SDTs, la “Actual” y “Otros”, requeridas por DVB. El SDT “Actual” describe el servicio habilitado en el flujo de transporte actual siendo accedido por el televidente, mientras el SDT “Otro” describe servicios habilitados en todos los otros flujos de transporte en la red.</p>	0x0011
<p>EIT (Tabla de Información de Eventos): define todos los eventos en la red, junto con su descripción, tiempo de inicio y duración. Esta es fundamental, en la creación de la guía electrónica de programación (EPG). Define todos los eventos en la red, incluyendo su descripción, tiempo de inicio y duración. De acuerdo con MPEG, un evento es una colección de flujos elementales con una base de tiempo común establecida para iniciar, y finalizar al mismo tiempo. Refiriéndose a eventos como “Programas de TV”.</p> <p>Se cuenta con diferentes tipos de EITs que pueden ser transmitidos simultáneamente: el EIT “Presente”, el EIT “Siguiete” y el EIT</p>	0x0012

“Programado”. El primero de estos, describe los eventos actualmente transmitidos por el canal de difusión en el flujo de transporte accedido por el televidente, mientras el EIT siguiente proporciona información acerca del próximo evento a difundir en el mismo flujo de transporte. EIT Programado, describe los eventos programados para ser transmitidos.	
BAT (Tabla de Asociación de Bouquet): describe el servicio habilitado en un bouquet dado, o grupo de servicios que pueden ser comprados como un simple producto. Es una tabla opcional.	0x0011
RST (Tabla de Estado de Ejecución): actualiza el estado del tiempo de los eventos cuando se producen cambios de horario en la programación, de tal manera que no retransmite toda la información de una tabla cuando solo parte de esta ha tenido cambios en su contenido. Tabla opcional	0x0013
TOT (Tabla de Tiempo Compensado): suministra información relacionada con la hora y la fecha y si es necesario, las diferencias horarias de algunas zonas respecto la zona de referencia.	0x0014
TF (Tabla de Relleno): esta tabla inhabilita las secciones restantes de una tabla donde una sección ha sido sobrescrita, manteniendo la integridad del número de campo de la sección.	0x0010 para 0x0014

Tabla 2. 2 Descripción del Sistema

A continuación se presenta la figura 2.4 a modo de resumen de las tablas mencionadas en los ítems anteriores.

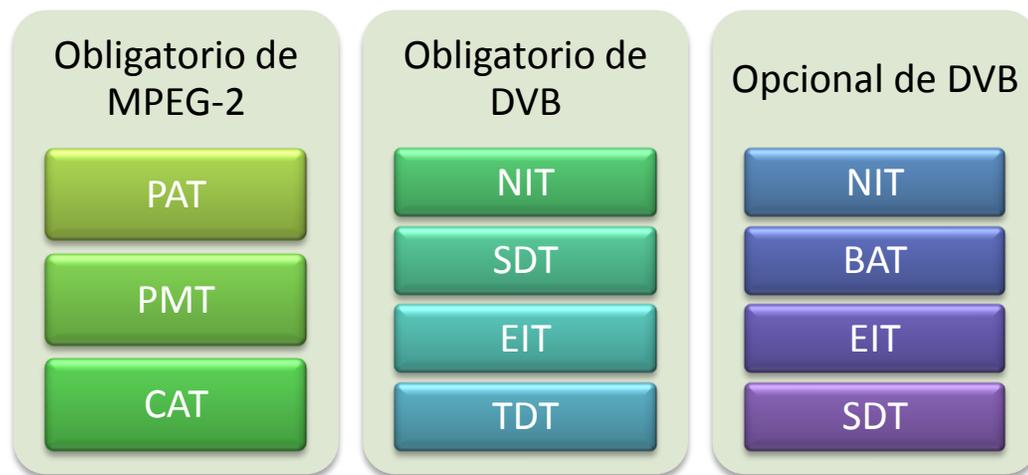


Figura 2. 4 Tablas de información DVB-MPEG2

2.6 Transmisión y Sincronización de datos y aplicaciones MHP

La transmisión de datos y eventos por un canal de difusión es realizada en forma de carrusel, de tal manera que todos los datos son transmitidos periódicamente, uno de tras de otro hasta que todos hayan sido difundidos [44]. Dicho mecanismo hace uso de un stack de protocolos como lo indica la figura 2.5.

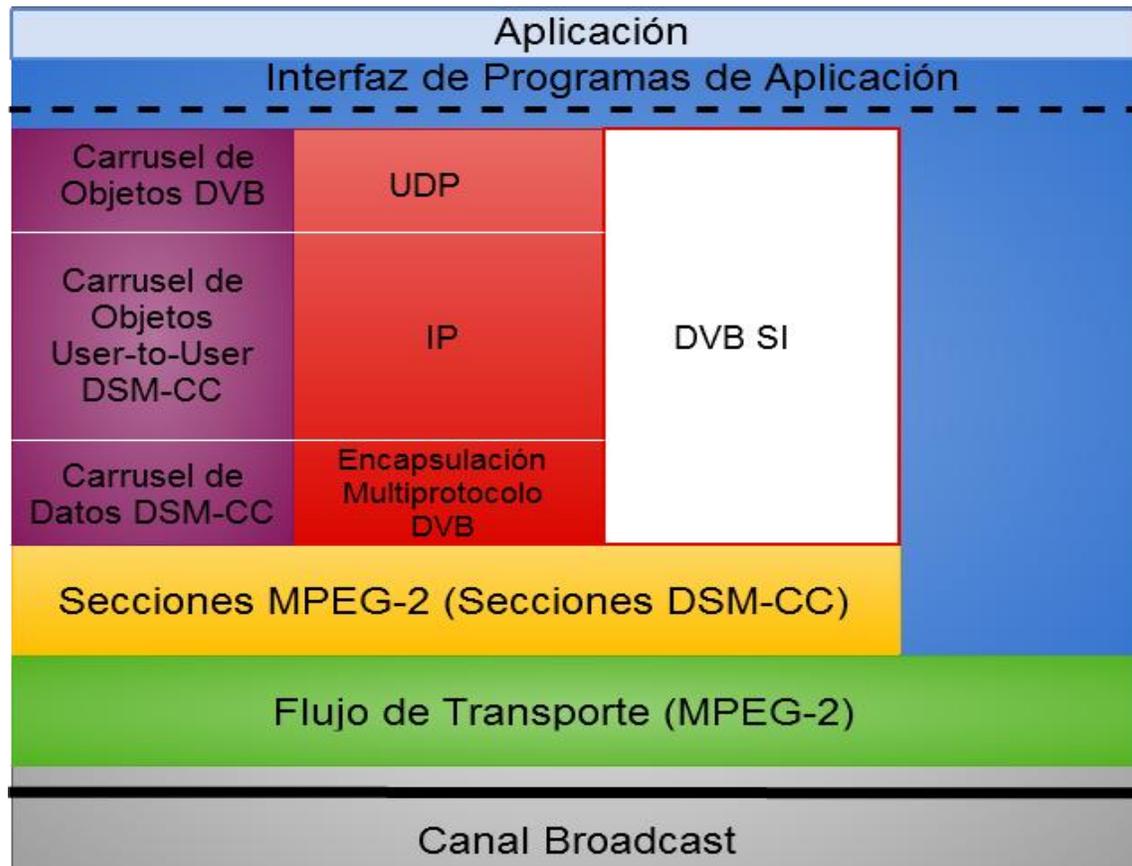


Figura 2. 5 Pila de Protocolos para el Canal de Difusión

Bajo el mismo el mecanismo descrito el protocolo DSM-CC (Digital Store Media-Command and Control), publicado por la ISO/IEC dentro del estándar MPEG-2 parte 6 [44] difunde las aplicaciones interactivas, soportando dos clases de carrusel para la transmisión de datos. Un carrusel de objetos y un carrusel de datos, el carrusel de objetos DSM-CC amplía el carrusel de datos DSM-CC añadiendo los conceptos de archivo, directorio y flujo, con unas funcionalidades parecidas a los sistemas de archivos convencionales [44]. Los carruseles de objetos también están basados en la estructura Object Request Broker (ORB) definida por CORBA (Common Object Request Broker Architecture), es decir, todos los objetos en el carrusel de objetos se transmiten vía un canal de difusión como mensajes BIOP (Broadcast Inter-ORB Protocol) dentro de un carrusel de datos DSM-CC [45]. Un carrusel de objetos puede transportar los siguientes tipos de mensajes:

DSM::File: representa los archivos.

DSM::Directory: representa los contenedores lógicos para un conjunto de mensajes o referencias de archivos en un directorio.

DSM::Stream: es una referencia a un flujo MPEG-2, a un único programa o a uno o varios flujos elementales.

DSM::ServiceGateway: identifica el directorio raíz del carrusel de objetos, de modo que solo existe uno en cualquier carrusel de objetos.

BIO::StreamEvent: describe un conjunto de puntos de sincronización (eventos de flujo) en el flujo.

El carrusel de objetos DSM-CC está formado por tres capas como lo muestra la figura 2.6 [46]. En parte superior, la **capa del carrusel de objetos**, están visibles los objetos DSM-CC User-to-User como los archivos y directorios. En la capa intermedia, **capa del carrusel de datos**, los objetos son transportados en módulos que representan a un contenedor de datos. Los módulos fragmentados en bloques son transmitidos vía canal de difusión como secciones en la carga útil de un mensaje DownloadDataBlock (Bloque de Datos de Descarga). Estos DownloadDataBlock conforman la capa inferior y viajan en los paquetes del flujo de transporte.

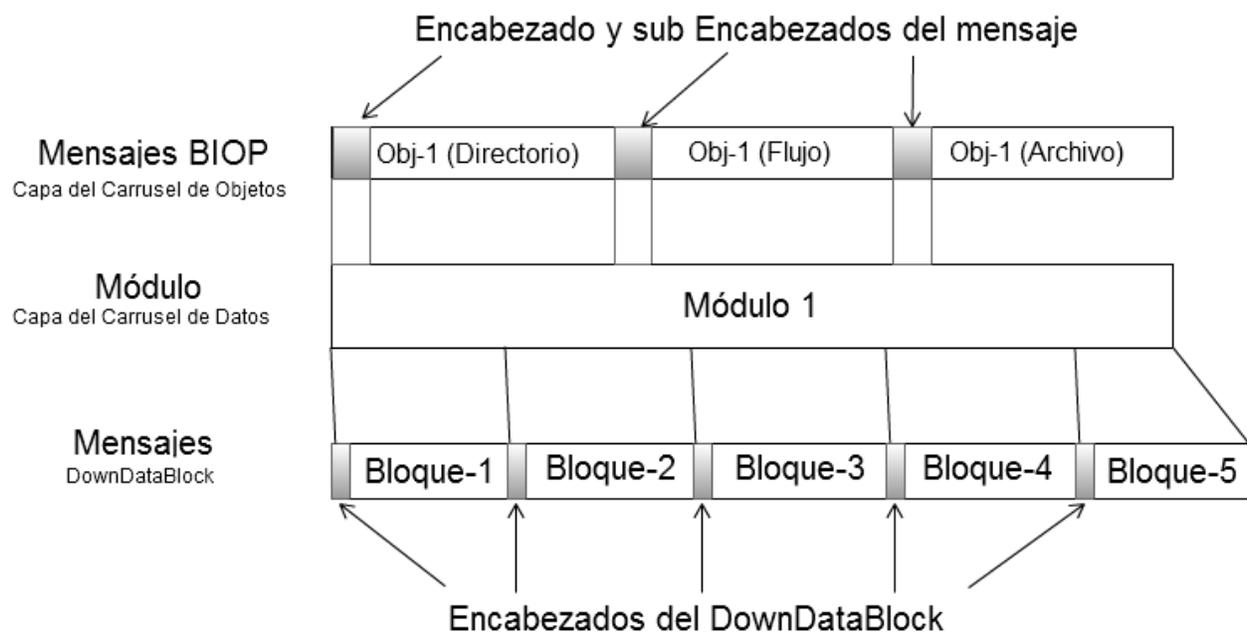


Figura 2. 6 Capas del Carrusel de Objetos DSM-CC

2.6.1 Sincronización de Aplicaciones con el contenido audiovisual mediante eventos de flujo DSM-CC

La importancia del manejo de eventos en un sistema debe su protagonismo al proceso de sincronización de programas. Para conseguir este objetivo MHP utiliza los flujos de eventos, que corresponden a un paquete de datos que es enviado por el radiodifusor al terminal para entregarlo a la aplicación MHP. Estos flujos de eventos pueden contener una cantidad limitada de contenidos de la aplicación, proporcionando información adicional. Los flujos de eventos y su contenido son entregados al Xlet gracias al mediador.

Hay dos tipos de flujo de eventos definidos en MHP:

- Tipo “Haz lo ya” (Do-it-now): que son entregados inmediatamente al Xlet
- Tipo “Programado” (Scheduled): que son planificados en un instante determinado en el terminal.

A continuación serán descritos con más detalle.

2.6.2 Do-It-Now: un flujo de eventos (SE, stream event) Do-It-Now es usado para proporcionar una señal tan rápida como sea posible de la central de comunicaciones a la aplicación MHP. Si un terminal MHP recibe este tipo de SE, debe entregarlo inmediatamente a la aplicación. Los Do-It-Now son eventos enviados puntualmente que no son retransmitidos si el terminal MHP los pierde, por ello el terminal debe hacer un especial esfuerzo para asegurar una buena recepción de éstos. El beneficio de los Do-It-Now, es su utilización fácil para sincronizar las aplicaciones con los eventos. Si algo sucede en un programa televisivo que necesita ser mostrado en una aplicación MHP en poco tiempo, un SE Do-It-Now puede crearse y enviar rápidamente a la aplicación. La principal desventaja de estos SE es que pueden ser afectados por el retardo variable atribuible al canal.

2.6.3 Scheduled Stream Events: los SE programados han sido creados antes de que el evento empiece y son entregados una o varias veces al terminal MHP. Los terminales toman estos SE y los almacenan hasta el momento programado de ejecución. La ventaja de estos SE es que pueden ser creados y proporcionados al terminal en grupo. Este sistema tolera mucho mejor tanto los retardos de los SE como las perdidas. Los SE programados solo pueden usarse con contenidos ya pregrabados, ya que el tiempo exacto del contenido multimedia debe conocerse con cierto tiempo de antelación para crear las marcas de tiempo (time stamps).

La pronta transmisión de los SE programados es problemático para la aplicación MHP, la cual requiere conocer dicha información en el momento preciso.

2.7 TRABAJOS RELACIONADOS

Los trabajos en televisión digital relacionados a continuación son muestra de los posibles servicios que este medio masivo de comunicación permite desplegar, y sobre el que existen nuevas modalidades de difusión para convertirse en un dispositivo de interactividad. Así en [47], bajo una plataforma de TDi se tienen una serie de herramientas de interactividad que enriquecen el contenido televisivo, automatizan la producción y emisión de contenidos programados por el televidente. En [48] presentan la línea de negocio de activa multimedia, un abanico de organizaciones desarrolladoras de servicios y aplicaciones a medida de cada usuario. En [49] corresponde a una plataforma que permite la gestión, suministro y creación de aplicaciones y servicios interactivos avanzados multimedia, donde el centro y mando se sitúa en el usuario y no en la tecnología ni en el suministrador del servicio o canal televisión. Cabe resaltar que este tipo de herramientas también han sido desarrolladas para dispositivos móviles, PC, PVR entre otros. [50] describe una herramienta desarrollada por la empresa Avalpa, una plataforma de televisión interactiva constituida por un conjunto de herramientas de código abierto para generar, procesar y multiplexar flujos de transporte (TS) basados en MPEG-2. En [51] se tiene un enfoque educativo, que fomenta la

educación virtual en escenarios descentralizados que la Universidad del Cauca brinda. Estos programas están llamados a incluir componentes virtuales que apoyen y mejoren el proceso educativo, que fomenten el conocimiento y la inclusión de nuevas tecnologías en la sociedad. Dentro de este marco hemos mencionado herramientas y proyectos para el despliegue y la planificación TDi, sin embargo sólo el último de ellos está bajo los lineamientos del T-learning, enfoque sobre el que se desarrolla el presente trabajo dado que contempla el despliegue dinámico de contenidos multimedia y servicios de T-learning fundamentadas en el estándar de televisión adoptado por la CNTV para Colombia [52].

2.8 CONCLUSIONES

La introducción de la tecnología digital representa una gran innovación cuyas repercusiones abarcan una extensa gama de servicios y aplicaciones en los más diversos campos: comercio, entretenimiento, gobierno, educación entre otros, en tal punto que los programas televisivos y su mecanismo de despliegue presentan de igual modo cambios representativos que hacen de este un medio datado de interactividad

La interactividad es un mundo en desarrollo y sus posibilidades son ilimitadas, además, que supone un cambio en el papel del telespectador frente a la televisión, dado a que ya no es un medio de información unidireccional. Frente a esta inclusión de la interactividad nacen nuevos modelos de servicios y aplicaciones que enriquecen el contenido multimedia.

Para el despliegue y consumo de contenidos y aplicaciones interactivas de TDi es habitual encontrar en el mercado dispositivos finales (STB, TV) con componentes hardware heterogéneos, es por esta razón indispensable la utilización de un mediador de aplicaciones como MHP, el cual logra tener un enfoque funcional independiente, que trabaja adecuadamente en toda clase de equipos finales de TDi.

Considerando que los contenidos multimedia en la televisión digital interactiva estarán enriquecidos con aplicaciones MHP surge la necesidad de sincronización de este tipo de elementos a través de las tablas de información del sistema indicadas desde por DVB, MPEG2

CAPITULO III

3. ESPECIFICACION DE LA SOLUCIÓN

3.1 INTRODUCCION

Con el objetivo de lograr una adecuada especificación el presente trabajo de grado presenta la definición del propósito, las características y requisitos generales del sistema. Continúa con la identificación de los casos de uso del modelo de negocio, describe sus objetos y estructura un diagrama de actividades, mientras que las entidades del modelo del sistema son obtenidas de los datos que fluyen en este último. Para terminar presenta un modelo de caso de uso extendido que describe cada caso de uso del sistema.

3.2 Propósito

El presente trabajo de investigación tiene como propósito definir una arquitectura de referencia que permita gestionar, planificar y desplegar programas televisivos, como extensión a los entornos de aprendizaje. Así, los capítulos I y II establecieron un marco conceptual dedicado al estudio teórico de plataformas, mediadores y estándares que hacen posible el soporte tecnológico de la arquitectura a plantear. Como expuso la sección 1.3, este trabajo aporta un avance tecnológico en el área de las telecomunicaciones y la telemática a nivel institucional y regional, facilitando el despliegue dinámico de contenidos multimedia enriquecidos con servicios telemáticos, soportado sobre el sistema de televisión digital adoptado para el país; dicho sistema es estructurado sobre un entorno remoto amigable basado en la web, incorporando como valor agregado, el componente de interactividad en entornos de aprendizaje.

Teniendo en cuenta que los usuarios del servicio de televisión en el contexto nacional en el que está enmarcado este proyecto es muy alto, se busca tomar la gran acogida cultural del consumo de este servicio con sus nuevos aspectos de despliegue de contenidos en alta definición y servicios interactivos establecidos en la TDi para contribuir a la generación de nuevos espacios de aprendizaje abarcando a un gran segmento de población nacional.

Finalmente este proyecto servirá de apoyo para futuros proyectos de investigación asociados con el contexto de T-Learning y el despliegue de la TDi.

3.2.1 Características Iniciales

- Las características técnicas más significativas de la arquitectura a proponer en este trabajo de investigación implican los dos primeros nodos de la cadena de TDi mencionada en la sección 1.4.1 del capítulo I, el primero referencia al proveedor de contenidos y aplicaciones, en donde analizarán y diseñará un gestor remoto gráfico de aplicaciones y contenidos multimedia, contextualizados sobre entornos de aprendizaje, este brindará soporte para agregar nuevos elementos dentro de la plataforma, buscarlos, eliminarlos, editar y establecer su meta-información.
- En el segundo nodo, el difusor, diseña un componente para la generación y manipulación en tiempo de ejecución de los flujos de transporte MPEG-2,

definidos en el estándar DVB, permitiéndole controlar los paquetes y la información ubicada dentro del servicio TDi.

- Asimismo, contará con un integrador de contenidos (basado en interfaz web) de: video, imágenes y audio, los cuales serán sincronizados sobre un mapa de interactividad asociado a la parrilla del canal de televisión digital para formar los programas de dicho servicio. Igualmente, este componente presentará una herramienta la cual sugiere un modo de organización de los elementos (aplicaciones y contenidos) dentro de la línea de tiempo del mapa de interactividad mejorando la presentación y el consumo que efectúa el usuario final sobre los contenidos enriquecidos con servicios interactivos en entornos de aprendizaje.

3.2.2 Declaración de Requisitos

La definición de las necesidades del sistema es un proceso indispensable para la ejecución de un proyecto, a fin de identificar los requisitos que el sistema debe cumplir para satisfacer las necesidades de los usuarios finales y que los actores internos del sistema logren desarrollar adecuadamente su rol. Es por ello que esta sección presenta la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la arquitectura del sistema.

Inicialmente describiremos los actores del sistema para continuar con los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

3.2.2.1 Descripción de Actores

- **Gestor de contenido y aplicaciones:** es el encargado de cargar, editar y eliminar los contenidos multimedia y las aplicaciones que serán utilizados por la plataforma para generar los programas de televisión.
- **Generador de programa:** Es el encargado de crear el programa de televisión el cual implica la integración de contenido multimedia con las aplicaciones, este estará basado en una plantilla soportada por la plataforma.
- **Programador de parrilla:** Actor que organiza de forma horaria el orden de cada programa a transmitir.
- **Usuario final:** quien consume el servicio de TDi, interactúa con el contenido multimedia y las aplicaciones programadas.

3.2.2.2 Requisitos Funcionales

- Permitir al generador de programas subir a la plataforma un contenido multimedia, editar y almacenarlo en el repositorio de contenidos
- Permitir la planificación de programas en una determinada franja horaria para su posterior transmisión
- Permitir al generador de programas adicionar aplicaciones interactivas al contenido multimedia y almacenar dichos programas en el repositorio
- Permitir al generador de programas adicionar o eliminar contenidos en el repositorio de contenidos
- Permitir al generador de programas, gestionar el repositorio de contenidos vía web

- Permitir al planificador de parrilla acceder al repositorio de contenidos a través de la web
- Permitir al planificador de parrilla distribuir sincrónicamente los contenidos a través de la red de televisión
- Modificar la transmisión de la parrilla de televisión en tiempo de ejecución
- Soportar la transmisión Live Streaming⁹
- Permitir al usuario final (televidente) consumir los contenidos y aplicaciones asociados al mismo

3.2.2.3 Requisitos No Funcionales

- Los programas deben tener una duración máxima de 30 minutos
- La GUI debe garantizar completa operatividad en distintas resoluciones gráficas manejadas por HD (720p y 1080p), con una relación de aspecto 16:9.
- Garantizar la gestión de cuentas de usuarios para el uso del sistema.
- El despliegue de la parrilla de televisión debe hacerse mediante una interfaz gráfica, libre de comandos.
- Permitir al gestor de contenidos utilizar diferentes tipos de formatos (AVI, MPEG, MPEG4, FLV Player) de los contenidos multimedia.
- El sistema solución está basado en herramientas software libre.
- Proporcionar la documentación pertinente para el uso del sistema.

⁹Live Stream: flujo de video capturado en directo a través de un dispositivo de captura de imágenes y audio para su posterior transmisión

3.3 Modelado del Negocio

3.3.1 Modelo de Casos de Uso de Negocio

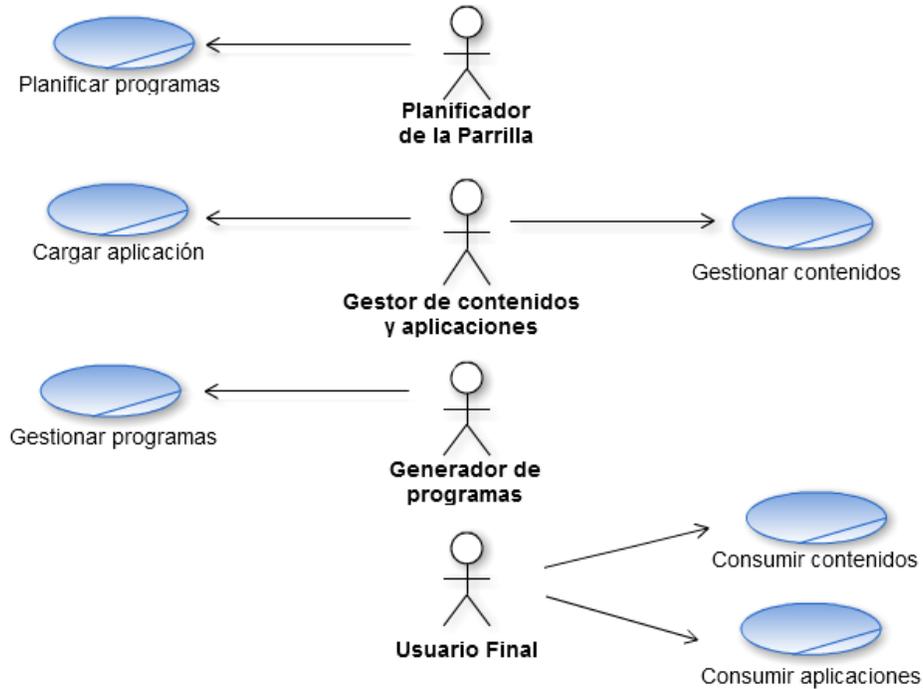


Figura 3. 1 Diagrama de casos de uso del negocio

La sección B.1 del anexo B especifica el modelo de objetos del negocio en los escenarios gestión de contenidos y aplicaciones, gestión de programas, planificación de parrilla y consumo de contenidos y aplicaciones.

3.3.2 Diagrama de Actividades

La figura 3.2 describe el diagrama de actividades del sistema.

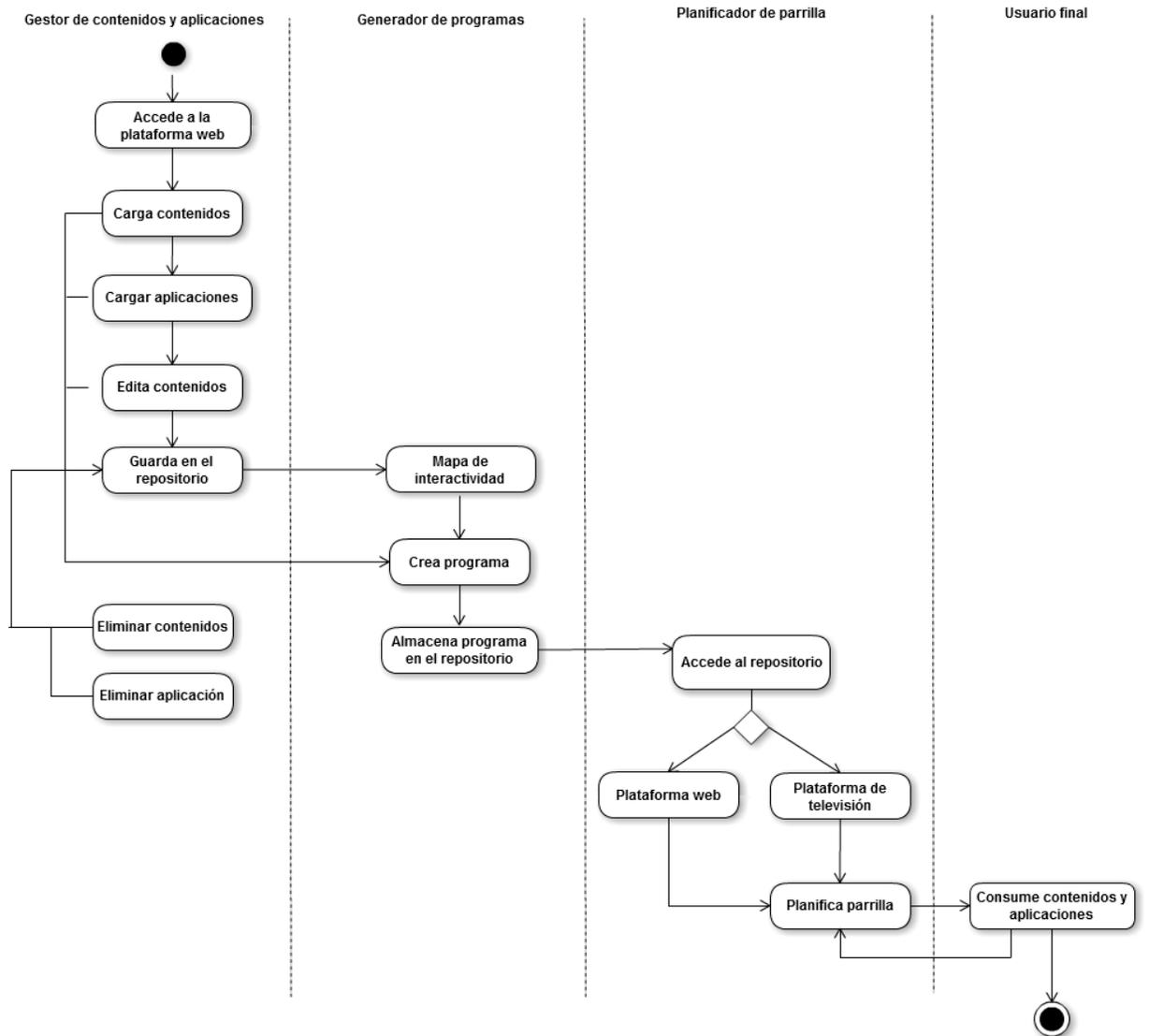


Figura 3. 2 Diagrama de actividades

3.3.4 Modelo de Casos de Uso del Sistema

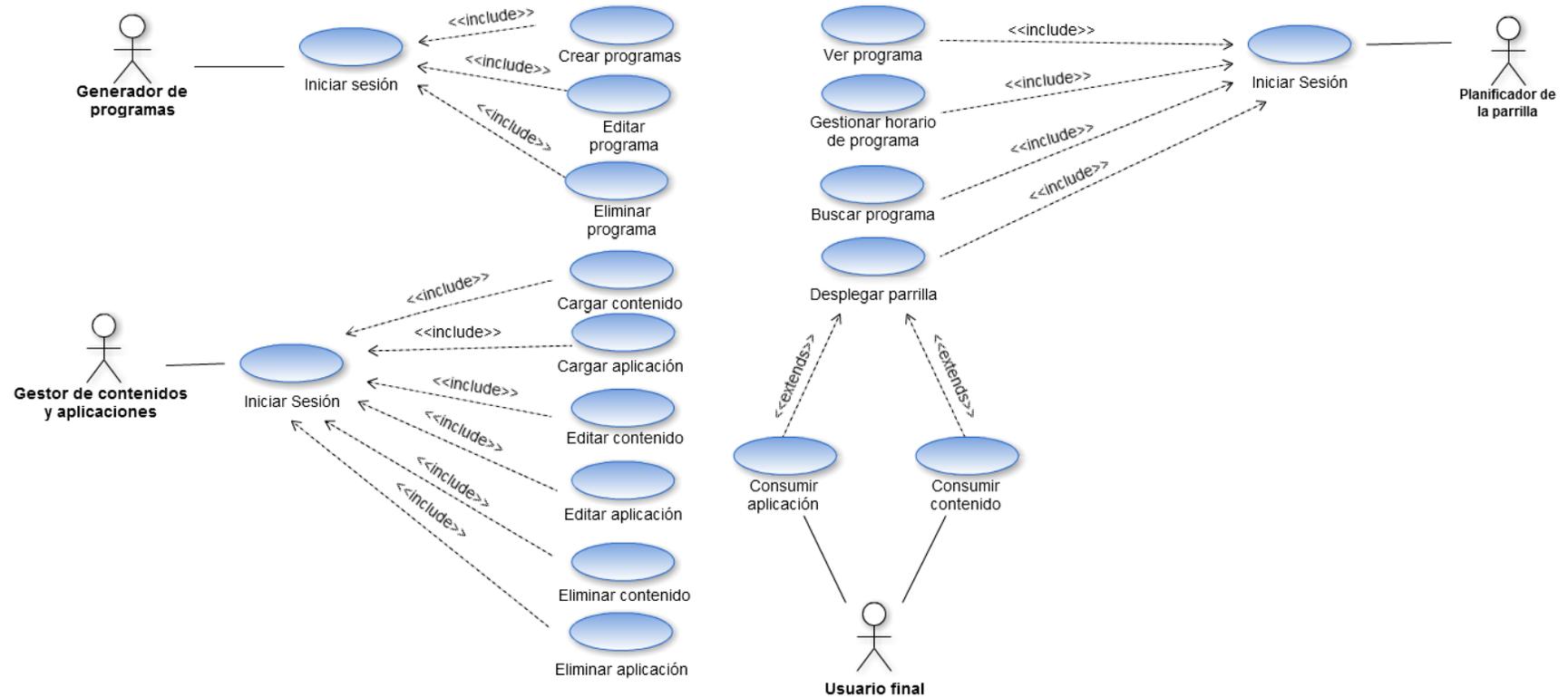


Figura 3. 3 Diagrama de casos de uso del sistema

La sección B.2 del anexo B presenta los modelos de caso de uso extendido.

3.4 Conclusiones

La definición de un modelo casos de uso es parte esencial en el proceso de diseño e implementación de la arquitectura especificada en el capítulo 4; debido a que con este, son identificados los actores y sus respectivas funcionalidades, las cuales serán posteriormente asociadas a la definición de componentes de la arquitectura.

Así, la descripción de los actores que intervienen en el proceso de planificación y despliegue del servicio TDi, es producto del análisis del esquema de la cadena que soporta el mismo, la cual es especificada en la sección 1.4.1. De esta forma, son identificados tres actores de gestión (Gestor de contenidos y aplicaciones, gestor de programas y gestor de parrilla) y un actor de consumo (Usuario final), estos estarán presentes en todas las funcionalidades del sistema.

El diagrama de la sección 3.3.3 presenta la secuencia de actividades para la construcción y planificación de un programa de televisión que vincula mediante una línea de tiempo la acción y el actor que la realiza.

CAPITULO IV

4. Arquitectura Software del Planificador de Contenidos Multimedia y servicios de T-Learning

4.1 Introducción

Este capítulo presenta la arquitectura software del planificador de contenidos multimedia de T-learning, reunidos en subsistemas y componentes así: el primero de ellos denominado subsistemas y funcionalidades críticas, que define cada uno de los componentes que hacen parte de la cadena de TDi, continuando con la presentación de la arquitectura planteada, la cual contempla una vista de despliegue y componentes de la misma y una descripción del proceso de interacción de cada uno de los nodos y finalmente algunas conclusiones del capítulo.

4.2 Subsistemas y funcionalidades críticas

El sistema de planificación está distribuido a lo largo de toda la cadena de TDi presentada en el capítulo 1, de esta forma, soportándose en un nivel de abstracción funcional alto plantea subsistemas basados en componentes albergados en cada uno de los nodos de la cadena mencionada; es así como sobre estos existen dos escenarios de interacción.

El escenario 1 soporta la forma y el orden de despliegue de todos los contenidos y aplicaciones asociados al servicio de televisión, encapsulando al proveedor de contenidos y servicios, difusor y operador de red, asimismo, este incorpora un componente de acceso remoto sobre los dos primeros componentes de la cadena, el cual permite una interacción más flexible entre los actores de dicho escenario y el sistema.

El escenario 2 permite el consumo de los servicios ofrecidos por parte de los subsistemas del escenario 1, de tal manera que habilita el concepto de intervención por parte del usuario final en los distintos niveles de interactividad soportados por los servicios desplegados, niveles especificados en [11].

Así la figura 4.1 presenta los subsistemas identificados en cada uno de los escenarios y el despliegue de los mismos a lo largo de la cadena de TDi. A continuación los subsistemas son descritos.

4.2.1 Gestor de contenidos y servicios: encapsula las funcionalidades de cargado, edición de meta-información¹⁰, edición de contenido, búsqueda y eliminación de los elementos atómicos¹¹ implicados en el servicio de TDi (contenido multimedia y aplicaciones).

¹⁰ Meta-información: administrar la información solicitada por una ficha del contenido multimedia que especifica título, descripción, fuente y etiquetas.

¹¹Elementos atómicos: se refiere a los contenidos multimedia y aplicaciones interactivas, en su estado más simple e indivisible.



Figura 4. 1 Modelo de Abstracción para el sistema

4.2.2 Adaptador de contenidos multimedia: para brindar flexibilidad e integridad a los contenidos cargados por el actor implicado, este componente proporciona un sistema de adecuación de los formatos, códec, dimensión y aspecto de los elementos multimedia asociados.

4.2.3 Repositorio de contenidos multimedia y servicios: indexa y almacena todos los elementos atómicos previamente cargados y adaptados; así, brinda soporte de contenido a los programas del servicio de televisión.

4.2.4 Gestor de programas interactivos para TDi: genera, edita y elimina los programas de televisión basado en un mapa de interactividad (explicado en la sección 4.5.1.) que relaciona sincrónicamente contenidos multimedia con aplicaciones interactivas.

4.2.5 Planificador dinámico de programas de TDi: soporta la definición dinámica de los tiempos de emisión de despliegue de los programas de televisión relacionados con la parrilla del servicio de TDi.

4.2.6 Gestor de usuarios: encapsula las funcionalidades básicas de gestión (añadir, editar y eliminar) de los usuarios de la plataforma de gestión remota definidos en la especificación de la solución (definido en el capítulo 3): gestor de contenidos y servicios, gestor de programas y el planificador de parrilla.

4.2.7 Despliegue dinámico del servicio de TDi: interpreta, genera y multiplexa todos los flujos implicados en el servicio; igualmente soporta la modificación en tiempo de ejecución de las aplicaciones interactivas, aportando características de dinamismo asociadas al programa de televisión a transmitir.

4.2.8 Distribuidor del servicio de TDi: adecúa todos los flujos implicados en el servicio para ser transmitidos por onda terrestre o cable siguiendo el estándar DVB adoptado para Colombia.

4.2.9 Consumidor dinámico del servicio de TDi: soporta la demultiplexación y decodificación de los flujos del servicio recibidos; asimismo habilita una plataforma de

interactividad que despliega y habilita el consumo de las aplicaciones en tiempo real.

4.3 Arquitectura planteada

La arquitectura propuesta está estructurada en nodos lógicos y físicos que soportan la interacción de los subsistemas y funcionalidades críticas del planificador de contenidos multimedia descritos bajo dos vistas para un mejor entendimiento; una vista de despliegue que comprende los nodos que forman la topología hardware que soporta el sistema y una vista de componentes que explica en detalle cada uno de los módulos que hacen parte de la arquitectura y la interacción de los mismos. Consúltense el anexo C que especifica el modelo conceptual de la arquitectura a desarrollar.

4.3.1 Vista de despliegue

La vista de despliegue tiene en cuenta la funcionalidad de cada uno de los nodos físicos, basados en los requisitos internos de los subsistemas mencionados al inicio de este capítulo. Así, el diagrama presentado en la figura 4.2, representa los componentes físicos y las relaciones entre los mismos.

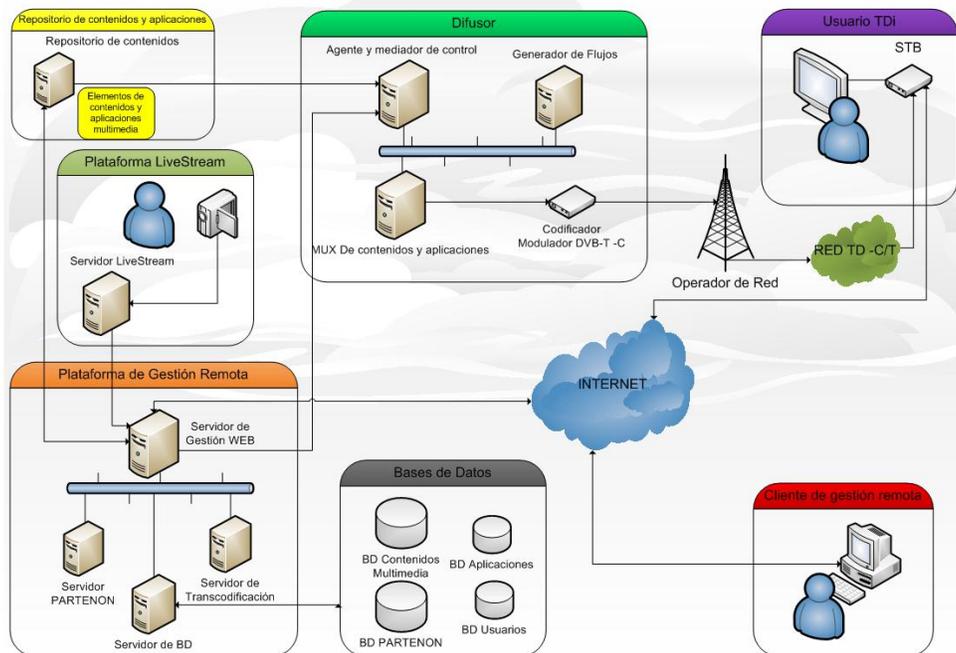


Figura 4. 2 Modelo de despliegue del sistema

4.3.1.1 Nodo de Repositorio de Contenidos y Aplicaciones

Este componente es el encargado de albergar los contenidos y las aplicaciones listas para transmitir; estas, han sido previamente gestionadas desde la plataforma de gestión remota y referenciada en un servidor de base de datos el cual se especifica en la sección 4.3.1.6.

4.3.1.2 Nodo Difusor

Es una entidad compuesta por una serie de componentes que adicionan a los flujos de audio y video las aplicaciones, para después realizar la emisión del servicio de televisión hasta el operador de red mediante la ejecución de varios procesos como la encapsulación de tramas, la multiplexación de contenidos y servicios en un flujo de transporte y la adición de nuevos campos de señalización para posteriormente ser codificados. Los componentes que hacen posible dicho proceso, son:

- **Agente y Mediador de Control:** se comporta como una interfaz entre los servidores que interactúan directamente con los actores del sistema y los componentes gestores de flujos, este provee abstracciones de funcionalidades como la generación de TS, la creación del carrusel de objetos y la especificación de las tablas de información a partir de servicios que pueden ser consumidos desde los servidores adyacentes.
- **Generador de Flujos:** es quien efectúa el proceso de codificación y adecuación de las tramas asociadas al contenido y aplicaciones a transmitir basándose en la reglamentación sugerida por la CNTV en Colombia [12].
- **MUX de contenidos y aplicaciones:** es el que genera la primera etapa de la emisión del servicio de televisión, este multiplexa los flujos que le son entregados desde el generador de flujos y los convierte en uno solo, para luego entregárselos al operador de red, a través del codificador DVB-T-C.

4.3.1.3 Plataforma LiveStream

Este componente es el encargado de generar flujo de video capturado en directo a través de un dispositivo de captura de imágenes y audio, para después enviarlo a través de un servicio con soporte de *Video Streaming* al difusor y pueda ser desplegado en el servicio de TDi.

4.3.1.4 Plataforma de Gestión Remota

La plataforma de gestión remota, soporta todo el sistema gráfico y lógico asociado al escenario uno: carga y edición de contenidos y aplicaciones, creación y edición de eventos y finalmente planificación de la parrilla. Dicha gestión remota ha sido distribuida en los cuatro servidores que hacen parte de este nodo.

- **Servidor de Gestión WEB:** este componente hace posible la gestión de contenidos, aplicaciones, programas y parrilla de programación a través de la web.

Agrupar todas las funcionalidades soportadas en la interfaz gráfica con la que interactúan directamente los actores del escenario uno: el gestor de contenidos y aplicaciones, el gestor de programas y el gestor de parrilla. De esta forma, este servidor ejecuta las funcionalidades de la “*plataforma de gestión remota*”, así, este encapsula los siguientes componentes:

- **Servidor de Transcodificación:** este componente es el responsable de la adecuación y redimensionamiento de los contenidos disponibles para la plataforma.

- **Servidor de Base de Datos:** este componente gestiona las consultas hacia la base de datos de toda la información almacenada en ella: meta-información e índices de los contenidos multimedia, aplicaciones y usuarios.
- **Servidor PARTENON:** componente responsable de la interpretación los descriptores de información y edición obtenidos desde el gestor gráfico de programas y de parrilla; a partir del cual logra realizar la generación y planificación de la parrilla de televisión.

4.3.1.5 Cliente de Gestión Remota

Es el nodo que involucra el gestor de contenidos y aplicaciones, actor que logra acceder vía web a la plataforma de gestión remota.

4.3.1.6 Nodo de Base de Datos

Almacena la meta-información correspondiente a los contenidos, aplicaciones, programas, eventos y usuario gestionados dentro del planificador, para el soporte del servicio de TDi. Este nodo presenta las siguientes secciones:

- **Base de Datos de Contenidos Multimedia:** almacena la información de los contenidos multimedia disponibles en el repositorio de contenidos.
- **Base de Datos de Aplicaciones:** almacena la información de las aplicaciones interactivas disponibles en el repositorio de contenidos y aplicaciones.
- **Base de Datos PARTENON:** almacena información propia del servicio de gestión de los programas interactivos y de la planificación de parrilla, la cual incluye todos los elementos necesarios para hacer la edición gráfica: colores, fuentes de texto, imágenes prediseñadas, adicional a esto, en ella se guarda la meta-información de los programas y eventos de televisión generados.
- **Base de Datos de Usuario:** relaciona los usuarios que logran acceder al planificador de parrilla, para el proceso de gestión, planificación y despliegue de contenidos y aplicaciones.

4.3.1.7 Operador de Red

Es quien suministra la infraestructura tecnológica de televisión digital para la distribución del servicio de TDi a los usuarios finales.

4.3.1.8 Usuario de TDi

Permite que un usuario pueda ver los programas generados y desplegados por el nodo de difusión, enviados a través de una red DVB-T/C e interactuar con ellos, mediante el canal de retorno.

4.3.2 Vista de componentes

Considerando la arquitectura como un conjunto de componentes funcionales, esta sección presenta una vista en capas de los nodos asociados haciendo énfasis sobre sus partes constituyentes y el comportamiento de los mismos. Así, la figura 4.3, describe cada uno de los componentes implicados en el sistema.

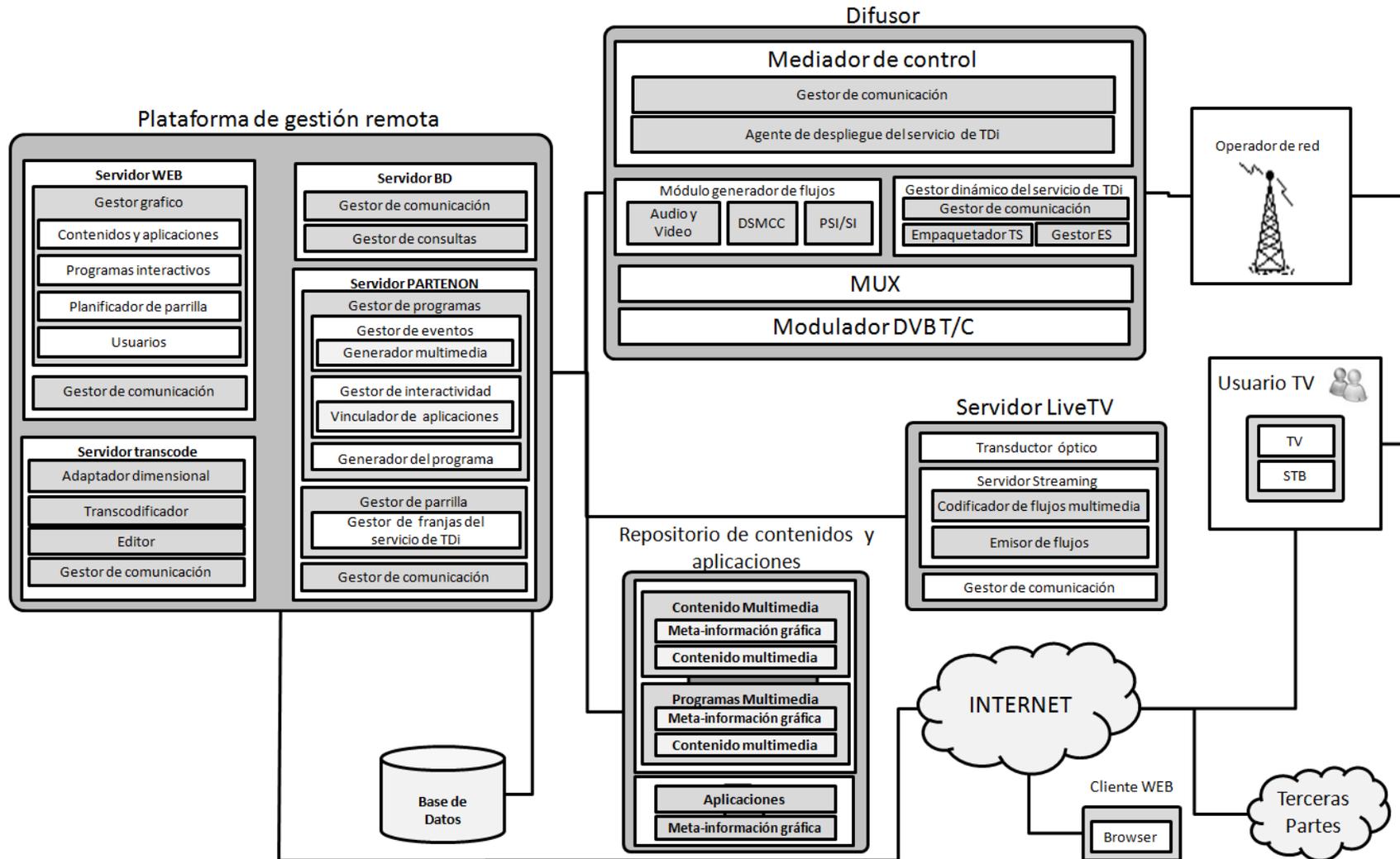


Figura 4. 3 Vista de componentes del sistema

4.3.2.1 Repositorio de contenidos y aplicaciones

Almacena jerárquicamente los elementos atómicos, tanto audiovisuales como aplicaciones, implicados en la transmisión del servicio de televisión. Así, el presente sistema incluye las siguientes denominaciones de elementos atómicos:

- **Contenido Multimedia:** elemento audiovisual que es cargado por el gestor de contenidos y aplicaciones; este, ha sido sometido a un proceso adaptivo asociado a su dimensión, formato y códec. Este proceso es llevado a cabo de forma automática, y es empezado inmediatamente después de haber sido cargado al sistema, por el “Servidor Transcode” referenciado en el nodo “Plataforma de gestión remota”.
- **Eventos de televisión:** este concepto está relacionado con la estructura jerárquica que compone un programa de televisión, de esta forma, la figura 4.4 presenta los elementos lógicos involucrados en esta jerarquía.



Figura 4. 4 Estructura de un programa de televisión

Un programa de televisión encapsula toda la información necesaria su descripción y tiempo de despliegue y vincula una serie de eventos de televisión los cuales presentan una función similar de un capítulo o sección dentro de la estructura de un libro.

De esta forma, un evento de televisión encapsula su información relacionada a su descripción junto al contenido multimedia y las aplicaciones asociadas; es así como la estructura lógica de un programa no asocia directamente elementos multimedia, por el contrario, estos son vinculados a través de los eventos de televisión.

De este modo, un programa puede vincular el número de eventos de televisión que requiera; así, los elementos multimedia asociados a los eventos mencionados serán almacenados dentro del repositorio de contenidos y aplicaciones.

- **Aplicación Interactiva:** corresponde al grupo de archivos compilados, empaquetados y consumidos desde la plataforma del cliente; de acuerdo a su funcionalidad, esta podrá ser clasificada dentro de distintos niveles de interactividad. Su tiempo de despliegue será gestionado por el gestor de

programas quien vincula aplicaciones interactivas a eventos de televisión a partir del mapa de interactividad.

Debido al soporte de la plataforma cliente a través del canal de retorno con conexión a la nube, las aplicaciones pueden consumir servicios especializados generados por terceras partes, construidos propiamente por herramientas de autoría para la generación de aplicaciones aptas para un fin en particular dentro de los entornos de TDi entre las que se tienen Alticomposer, Cardinal, Ortikon, SCOCreator, MHPGen especificados en [11].

- **Imagen:** es la meta-información gráfica utilizada para describir o identificar visualmente a los elementos explicados anteriormente.

4.3.2.2 Plataforma de gestión remota

Es el nodo más importante asociado a la gestión de contenidos y aplicaciones, de programas de televisión y de la planificación de parrilla. Sus componentes son detallados a continuación:

- **Servidor de Base Datos:** es un mediador de las principales consultas habilitadas para la gestión de la información almacenada en la base de datos del sistema, este servidor interpreta y controla el sistema soportado por el motor de base de datos de la plataforma, independientemente del lenguaje utilizado por el motor mencionado.

Así, este desacopla la funcionalidad del sistema de las operaciones de gestión de la información, convirtiendo un lenguaje propio de la base de datos a uno más general, utilizado por los servidores de la plataforma de gestión remota. De esta forma este servidor presenta los siguientes componentes:

- o **Gestor de consultas:** este componente soporta el control sobre las entidades generadas a partir de la estructura de la información definida en las base de datos del sistema, este control define las principales funciones de búsqueda, eliminación, edición y creación de datos sobre el sistema.
- o **Gestor de comunicación de Base de Datos:** soporta el intercambio de información generado por el gestor de consultas a través de un sistema de comunicación basado en protocolos de la web como HTTP (HyperText Transfer Protocol - Protocolo de Transferencia de Hipertexto).
- **Servidor Transcode:** está constituido por un conjunto de herramientas de procesamiento de video, capaces de soportar la edición de video en sus características de dimensión, codificación, tamaño, y generación de elementos audiovisuales a partir de los contenidos cargados por el gestor de contenidos y aplicaciones. Este servidor está conformado por los siguientes componentes:
 - o **Adaptador dimensional:** transforma las dimensiones de un contenido audiovisual a las requeridas para garantizar el despliegue normal¹² sobre el

¹²Despliegue normal (visualización): especifica una visualización de la imagen sin distorsión en comparación con el contenido original.

terminal del usuario final (televisor); estos requerimientos técnicos varían de acuerdo al dispositivo terminal del usuario, sin embargo, para garantizar las especificaciones de alta definición HDTV detalladas en [53] el contenido debe poseer una resolución de 720p en un formato panorámico de 16:9, lo cual implica que el elemento audiovisual tenga una dimensión de 1280 x 720 pixeles.

De esta forma, este componente tiene la capacidad de soportar el reajuste de las dimensiones de un contenido previamente cargado, para su normal utilización dentro del sistema, sin que esto implique la distorsión de la imagen del mismo causada por el cambio de relación de aspecto diferente a la del formato panorámico 16:9.

- **Transcodificador:** este componente brinda el soporte necesario para la reproducción normal¹³ del contenido multimedia enviado por el servicio de TDi al usuario final, de esta forma, debe garantizarse que el códec utilizado sea el adecuado para generar la correcta decodificación en la plataforma del usuario; por lo que, basados en las especificaciones de alta definición HDTV, el códec recomendado es MPEG-4/ AVC HP@L4 en video y AC3 Plus/DD Plus en audio, soportados en formato MPEG [53].

Así, este componente desempeña la función de transformar la codificación de audio y video de los contenidos multimedia previamente cargados a la plataforma, cumpliendo con los requisitos técnicos del sistema HDTV.

- **Editor:** soporta procesos de edición no lineal básica¹⁴ de los elementos multimedia previamente cargados por el gestor de contenidos y aplicaciones; este proceso es denominado proceso de post-producción del contenido audiovisual.

El proceso de edición que este componente desarrolla sobre el contenido implicado, está sujeto a las acciones que el gestor de contenidos y aplicaciones genere desde la plataforma gráfica especificada en el “*Servidor Web*”.

- **Gestor de comunicación Transcode:** habilita el canal de comunicación que transmite los mensajes de operación a los componentes que conforman el servidor; por medio de estos, este componente generaría las acciones de transcodificación y edición del contenido multimedia asociado.
- **Servidor PARTENON:** soporta los procesos implicados en la gestión de los programas de televisión y la planificación de la parrilla, estos involucran la generación, edición, actualización y eliminación de los elementos involucrados en dicha gestión. A continuación están especificados los componentes que constituyen este servidor:

¹³Reproducción normal: especifica una reproducción sincronizada del contenido multimedia sin cortes en la imagen o el audio, garantizando igual calidad a la de elemento original.

¹⁴Edición básica no lineal de video: edición realizada sobre un contenido previamente almacenado, contemplando composición, cortes, transiciones y superposiciones simples entre elementos multimedia, esta información es ampliada en [54]

- **Gestor de Programas:** encapsula los procesos de creación, edición y eliminación de los programas de televisión asociados a su jerarquía completa, detallada en el “*Repositorio de contenidos y aplicaciones*”. Así, este componente posee un generador del programa de televisión, un gestor de eventos y un gestor de interactividad.

El generador de programas crea, edita y elimina los programas de televisión en su estructura lógica, es decir, realiza la gestión de meta-información asociada, sin vincularse directamente con los eventos de televisión, de tal manera que el proceso de gestión de eventos logra ser independiente al generador de programas.

El gestor de eventos es quien interpretar la información audiovisual obtenida desde el mapa de interactividad para generar un nuevo contenido multimedia, basado en la unión de elementos audiovisuales que han sido cargados previamente. Asimismo, este subcomponente gestiona toda la meta-información necesaria para la descripción del evento de televisión.

El gestor de interactividad soporta la vinculación sincronizada de aplicaciones interactivas de TDi junto con el contenido multimedia asociado al evento de televisión y su planificación en tiempo de ejecución de la parrilla de programación bajo cierto lapso de antelación. La información de tiempo de duración y despliegue de las aplicaciones es obtenida desde el mapa de interactividad.

- **Gestor de Parrilla:** interpreta los cambios en los horarios de emisión generados en la parrilla gráfica soportada en la web, de esta forma, este componente actualiza la información de emisión asociada al programa de televisión implicado. Esta información encapsula el día y la hora de despliegue.

Así, el programa de televisión es la entidad planificada en una franja de programación en la parrilla, dejando a los eventos de televisión como unidades transitorias dentro de la normal ejecución del servicio de televisión.

El proceso de gestión de parrilla identifica un escenario, en el que programas de televisión y eventos residirán en un repositorio accedido vía web a fin de combinar y organizar un subconjunto de los contenidos almacenados y generar un nuevo contenido multimedia. Las situaciones a darse son variadas y, tal como es planteado darían lugar a nuevos contenidos a planificar en la parrilla de televisión.

- **Gestor de comunicación PARTENON:** habilita el soporte de comunicación necesario para llevar a cabo la ejecución operativa de los componentes de gestión de programas, eventos y de la parrilla del sistema.

- **Servidor Web:** Agrupa todas las funcionalidades soportadas en la interfaz gráfica con la que interactúan directamente los actores del escenario uno: el gestor de contenidos y aplicaciones, el gestor de programas y el gestor de parrilla. De esta forma, este servidor ejecuta las funcionalidades de la “*plataforma de gestión remota*”, y encapsula los siguientes componentes:

- **Gestor Gráfico:** provee el soporte necesario para el despliegue de toda la interfaz gráfica en el cliente WEB, soportando las interfaces de comunicación, el manejo y gestión de sesiones de usuario y el modelo gráfico de cada uno de los entornos implicados en el sistema: gestión de contenidos y aplicaciones, de programas, de parrilla y de usuarios.
- **Gestor de comunicación Web:** posee las interfaces de comunicación necesarias para llevar a cabo la ejecución funcional del sistema en el escenario uno, el soporte dinámico del despliegue de aplicaciones mientras el servicio de televisión está siendo consumido; así, este componente habilita el control de la plataforma desde la interfaz gráfica de usuario hasta los servidores adyacentes: transcode, PARTENON y de base de datos.

4.3.2.3 Difusor

Representa el núcleo del proceso de despliegue del servicio de televisión, en este, cada una de las funciones realizadas por los otros subsistemas logra ser sintetizada dando como resultado final un solo flujo de información, en el que viajan aplicaciones adicionales sincrónica y dinámicamente a los flujos de audio y video previamente planificados, para su posterior emisión hasta el terminal del usuario a través de la red de transmisión. Los componentes que hacen posible que la parrilla de programación sea transmitida y visualizada por el televidente, se describen a continuación:

- **Gestor de Control:** es el encargado de controlar los componentes adyacentes del difusor para el despliegue de un programa de televisión, generando un proceso de subordinación sobre el módulo generador de flujos, agente dinámico del servicio de TDi, MUX y el modulador DVB-T/C; Así, la figura 4.5 presenta la estructura lógica de este componente.

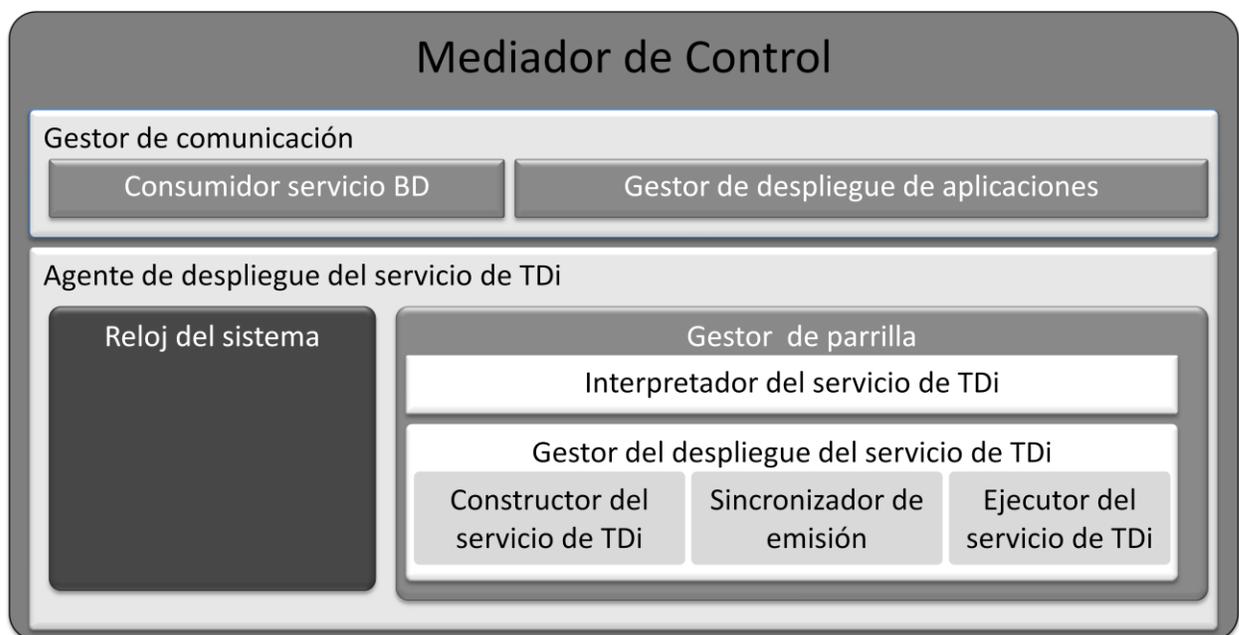


Figura 4. 5 Estructura lógica del Gestor de Control

- **Gestor de Comunicación Difusor:** habilita una capa de comunicación dentro del gestor de control, para dar soporte al intercambio de información entre la base de datos y el gestor de parrilla, módulo que será explicado en el siguiente ítem, el protocolo de la estructura de los datos intercambiados será detallado en la sección 4.3.4.

Igualmente este subcomponente provee una interfaz de comunicación para el soporte dinámico del despliegue de aplicaciones sobre la transmisión del servicio de televisión en tiempo de ejecución. Esto hace posible gestionar activamente la aparición de aplicaciones interactivas en el contenido que está siendo transmitido hasta el terminal del usuario.

- **Agente de despliegue del servicio de TDi:** entidad que soporta un proceso autónomo de despliegue del servicio de TDi basados en las características de: autonomía, capacidad social y reactividad.
 - Autonomía: es soportada en el análisis sincrónico y despliegue de funcionalidades de todo el proceso de planificación de los programas de TDi implicados en todo el servicio de TDi.
 - Capacidad social: referida a través del soporte de gestión de los componentes adyacentes del “difusor” mediante las funciones de coordinación y comunicación, de tal manera que garantiza la transmisión completa del servicio de TDi.
 - Reactividad: es soportada debido a la interpretación dinámica de los cambios dentro del contexto de despliegue del servicio de TDi, basándose específicamente en la asociación en tiempo de ejecución de las aplicaciones dentro de la normal transmisión del servicio de TDi.

Es así como el agente dinámico de despliegue del servicio de TDi está conformado por un reloj absoluto y un gestor de parrilla; el primer módulo representa un sistema de sincronización de la plataforma, basado en el reloj del entorno de despliegue, este es el responsable de que los horarios de emisión de cada programa del servicio de TDi sean coherentes y consistentes internamente.

Asimismo, el componente gestor de parrilla basa su funcionalidad en: un interpretador y constructor del servicio de TDi, un sincronizador de emisión y un ejecutor del servicio de TDi, los cuales soportan las fases de análisis de la información de despliegue, sincronización del tiempo de emisión y ejecución de la transmisión; estas determinan el comportamiento del agente, lo anterior es presentado en la figura 4.6



Figura 4. 6 Fases operativas del agente del despliegue del servicio de TDi

La fase de análisis de la información de despliegue toma en un tiempo determinando todos los datos asociados a la franja de televisión a ser transmitida, estos datos son analizados para generar una priorización de procesos de pre-despliegue, los cuales incluyen la construcción completa de todos los flujos implicados en el servicio de televisión (cada flujo es generado por los componentes adyacentes, módulo generador de flujos y agente dinámico del servicio de TDi). Asimismo, en esta etapa son detectadas en tiempo de ejecución, las actualizaciones en el servicio de TDi que están directamente implicadas sobre las aplicaciones del programa de televisión desplegado, una vez identificados estos sucesos la aplicación es insertada dinámicamente a la transmisión.

En la siguiente fase es consultada la hora y los minutos asociados a la franja de televisión implicada y el tiempo de emisión es establecido, debe estar sincronizado con el reloj del sistema.

Finalmente, en la fase de ejecución, son multiplexados todos los flujos implicados y a su vez modulados para habilitar la transmisión según el estándar DVB – T/C.

- **Módulo Generador de Flujo:** es el responsable de la segmentación y señalización de los bloques de información que describen un programa de televisión a desplegar. El realiza cada una de las tareas descritas a continuación:
 - o **Audio y Video:** se obtienen los flujos de audio y vídeo codificados son obtenidos y empaquetados en un flujo continuo de datos de tipo TS, para luego ser sincronizados y adecuados para su normal transmisión.
 - o **DSMCC:** es el encargado de proveer la manera de transmisión de los bloques de datos y aplicaciones vía un canal de difusión en forma de carrusel, de manera que solamente los objetos estrechamente relacionados viajen en un mismo módulo, junto con un flujo de eventos para la sincronización los cuales implican la generación de las tablas de información AIT, PMT y STE detalladas en la sección 2.4.1 y 2.5.
 - o **PSI/SI:** es quien genera las tablas de información básicas del servicio de TDi (PAT, SDT, NIT, PMT), que actúan como estructuras auxiliares para que el flujo

de transporte del servicio de TDi pueda ser señalado y decodificado en el receptor.

- **Gestor Dinámico del Servicio de TDi**

- o **Mediador de Comunicación:** habilita el control de las funcionalidades de este componente desde sistemas externos a través de una capa de comunicación.
 - o **Empaquetador TS:** es el módulo encargado de agrupar un flujo de información, ya sea, audio, video o datos en un flujo de transporte, con el fin de multiplexar varias secuencias de entrada, en un único canal de manera sincronizada. La figura 4.7 grafica el proceso de empaquetado de flujos de audio y video.

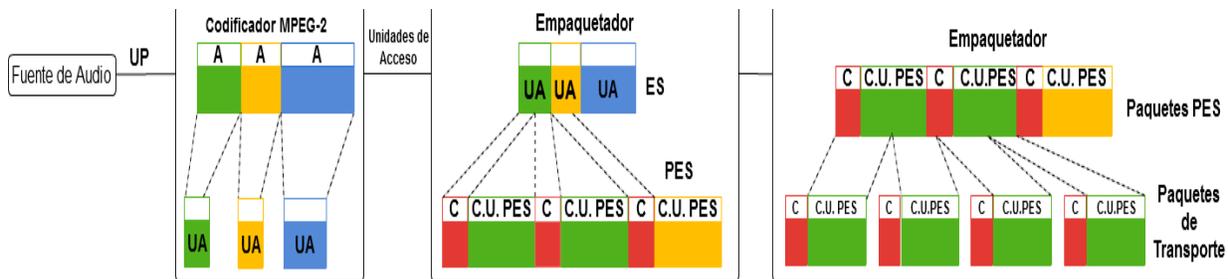


Figura 4. 7 Empaquetado de una fuente de Audio y Video

El tratamiento de los paquetes de audio y video no difieren en nada, por tanto el proceso de obtención de un flujo de transporte de video a partir de un flujo de video es similar al diagrama 4.7.

- o **Gestor SE:** soporta la inserción de aplicaciones interactivas de forma dinámica en la normal transmisión de un programa de televisión, basándose en eventos de flujo *DoItNow*, explicados en la sección 2.7.2 Este módulo permite la inclusión en tiempo de ejecución y programada de nuevos contenidos dentro de los eventos que está siendo actualmente desplegada en el servicio de TDi.

Para llevar a cabo esta funcionalidad, es necesario actualizar la tabla STE en tiempo de ejecución; asimismo, debe aplicarse un patrón específico de reconocimiento de eventos en el lado de las aplicaciones cliente, este será detallado en la sección 4.4.1.

- **Multiplexor:** para poder transmitir los diferentes TS generados en los componentes adyacentes (audio y video, DSMCC y PSI/SI), es necesario el proceso de multiplexación, con el fin de proporcionar un único TS al proceso de modulación.

Este proceso va seguidamente del empaquetado de TS, como lo indica la figura 4.8.

- **Modulador DVB-T/C:** es el bloque que realiza la adecuación entre la señal y el canal; dependiendo del medio de transmisión tenemos un esquema de modulación y una banda de frecuencia específica. Considerando una

transmisión por aire el esquema de modulación corresponde a OFDM, y por cable QAM-64.

4.3.2.4 Base de Datos

Servidor encargado de almacenar todos los datos asociados a: cuentas de usuario, meta-información de contenidos, aplicaciones, programas y de la parrilla de televisión, e igualmente información de configuración del sistema. La estructura del almacenamiento de los datos será detallada en la sección 4.5.

ARQUITECTURA PARA LA PLANIFICACIÓN DINÁMICA DE SERVICIOS Y CONTENIDOS MULTIMEDIA DE T-LEARNING

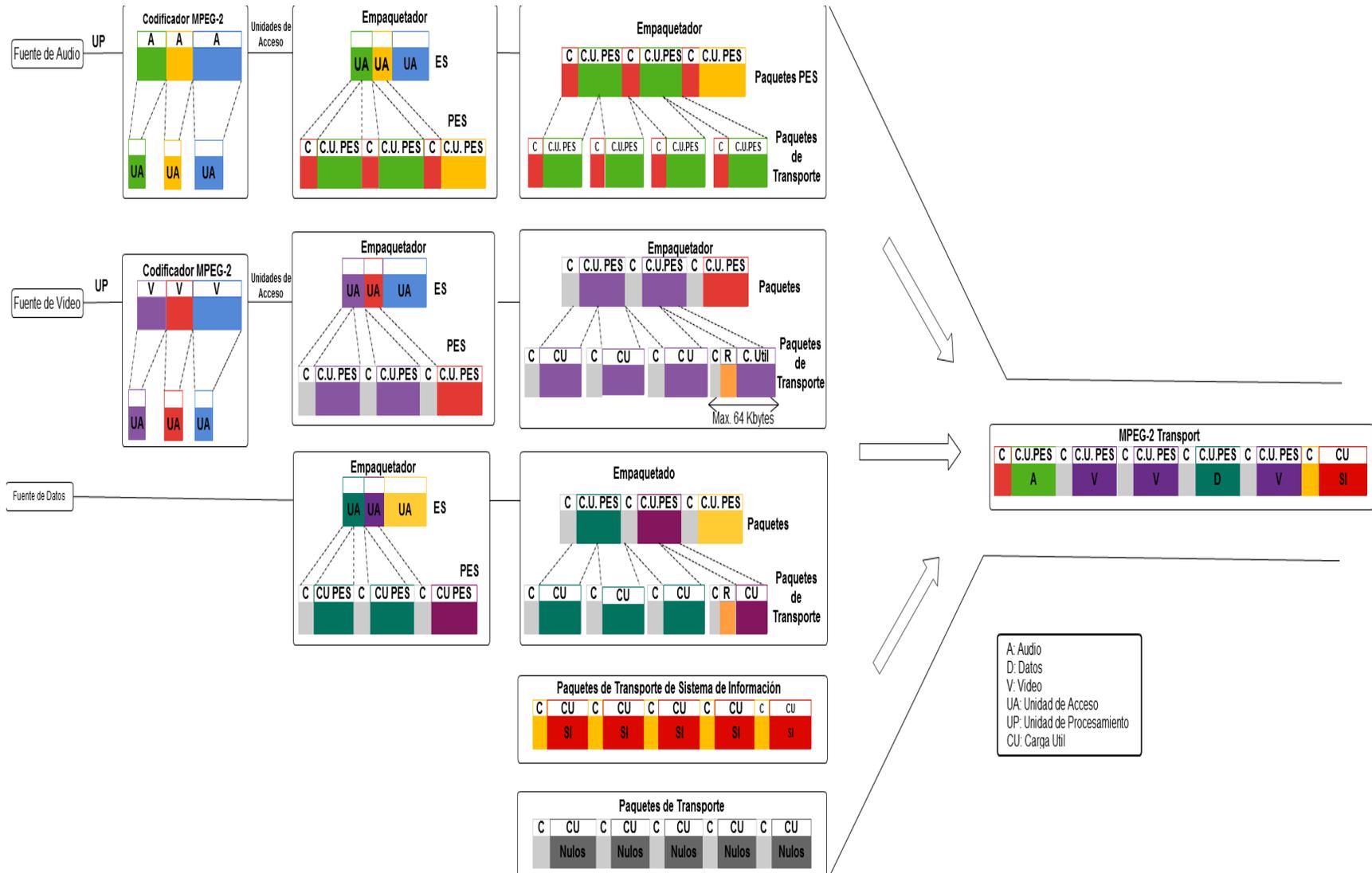


Figura 4. 8 Multiplexación de Flujos de TS en un solo TS

4.3.2.5 Servidor Live TV

- **Transductor Óptico:** componente hardware que captura una secuencia de imágenes y las convierte en señales digitales, más específicamente en una señal de video. Asimismo, este soporta el envío de la señal producida garantizando las especificaciones de alta definición HDTV.
- **Servidor Streaming:** toma la señal de video generada desde el transductor óptico, la adecua y la transmite a través de la red; asimismo, posee un sistema de descripción del servicio de streaming, habilitado para monitorear su estado de emisión y los detalles del canal de transmisión. Estos procesos lo llevan a cabo los siguientes componentes:
 - o **Codificador de Flujos Multimedia:** adecua la señal de video en formato, códec y dimensión, basándose en las especificaciones de alta definición HDTV.
 - o **Emisor de Flujos:** toma la señal de video ya adecuada y habilita un canal de multidifusión por el cual efectúa la transmisión de los flujos de audio y video.
 - o **Gestor de comunicación:** soporta el servicio de información del estado de la emisión y las especificaciones del canal de transmisión (dominio, puerto, información de seguridad, etc.).

4.3.2.6 Usuario de TV

Define la plataforma que soporta el despliegue y consumo del servicio de televisión generado desde el sistema en el escenario uno. A continuación son explicados los dispositivos que lo conforman:

- **TV:** dispositivo que despliega toda la información gráfica con la que el usuario final puede interactuar; [53] presenta un análisis del estado del arte correspondiente a la elección de la tecnología asociada a este terminal.
- **STB:** dispositivo encargado de recibir, interpretar y decodificar la señal del servicio de televisión, habilitando el adecuado consumo del mismo. Depende de las especificaciones de este, el soporte para el tipo de recepción el cual puede ser DVB-T (onda terrestre) o DVB-C (Cable); asimismo, este componente HW habilita el mediador soportado por la plataforma de usuario, albergando las librerías necesarias para la gestión del servicio de televisión y la gestión del canal de retorno, aspecto necesario para garantizar la interactividad del sistema.

4.3.2.7 Cliente Web

Abstracción funcional de la gestión remota del escenario uno por parte de los actores implicados en el mismo, este concepto dota de flexibilidad y movilidad al sistema permitiendo a los entes asociados, acceder de una forma simple, a las principales funciones de gestión de la plataforma, lo anterior es posible gracias al componente que se explica a continuación:

- **Explorador:** soporta la interpretación y despliegue de los elementos gráficos, lógicos y de inter-comunicación de la plataforma de gestión remota, abstraída en un terminal de usuario conectado a través de la red. Este componente habilita las librerías necesarias para dar soporte a toda la funcionalidad remota del sistema asociada al escenario uno.

4.3.3 Esquema de interacción entre componentes críticos

Para habilitar un sistema de comunicación coherente son establecidos los esquemas de intercambios de información entre los componentes críticos del sistema, deducidos según su aporte con los objetivos específicos de este proyecto. Igualmente las acciones que dan lugar a estas interacciones son especificadas a través de diagramas de secuencia presentados en las secciones 4.3.3.1-4.3.3.4.

4.3.3.1 Interacción en la gestión de contenidos y aplicaciones

La figura 4.9 presenta el esquema de interacción implicado en la adición de un contenido multimedia a la plataforma. Las acciones de edición de meta-información y eliminación no son tenidas en cuenta en este diagrama, debido a que el proceso para llevar a cabo dichas funciones es muy similar al presentado en este apartado.

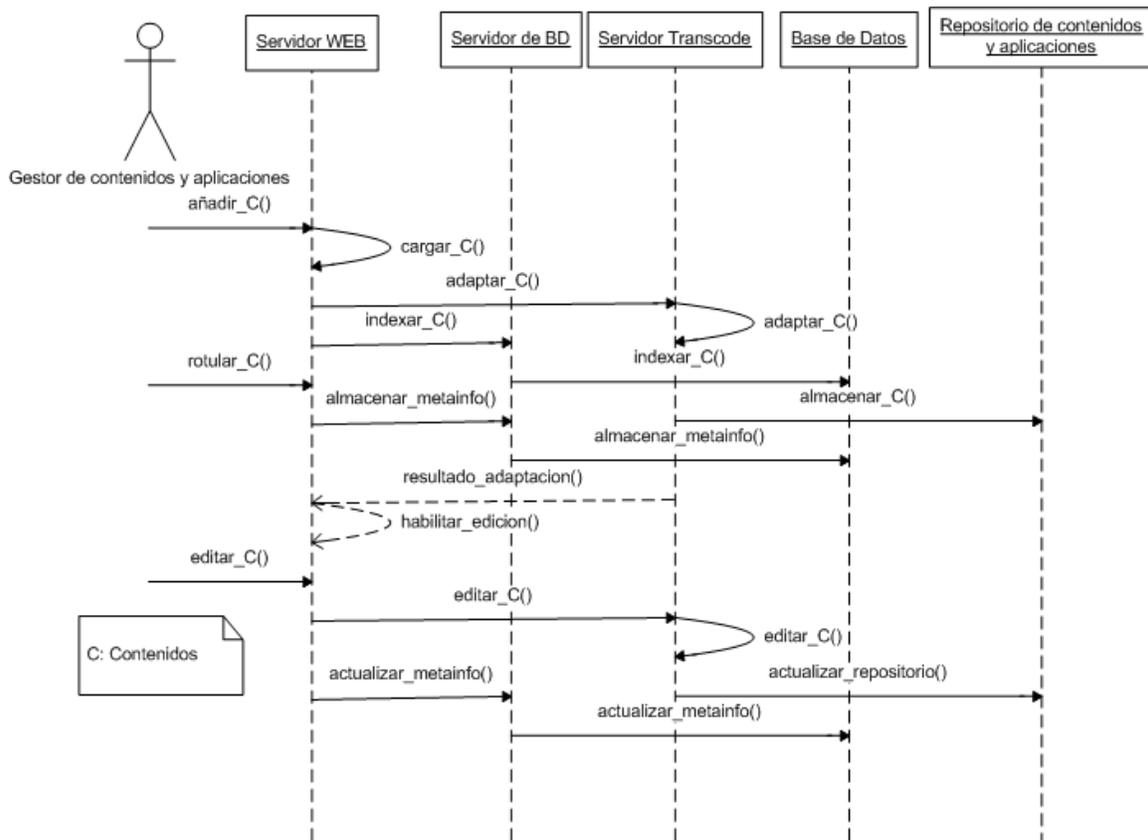


Figura 4. 9 Diagrama de secuencia para la gestión de contenidos.

Este proceso inicia con la petición de cargar un contenido a la plataforma por parte del gestor de contenidos y aplicaciones, esta función es soportada por el entorno grafico disponible en el “servidor web”, una vez este proceso ha terminado, el elemento es enviado y almacenado temporalmente en el dominio del “Servidor Transcode” para posteriormente adaptar y almacenar en el repositorio de contenidos y aplicaciones. Paralelamente este nuevo elemento es indexado en la base de datos con un registro único, a la espera de que el actor implicado rotule el contenido con la meta-información requerida.

Inmediatamente después el contenido puede ser editado, el soporte gráfico de esta funcionalidad corresponde a la funcionalidad del “servidor web” y el desarrollo de la edición no lineal es soportado en el “servidor transcode”. Una vez el proceso haya concluido, es actualizado el repositorio de contenidos y aplicaciones junto con la base de datos y la nueva información del elemento editado.

Asimismo, la figura 4.10 presenta el esquema de interacción asociado a la inserción de nuevas aplicaciones al sistema.

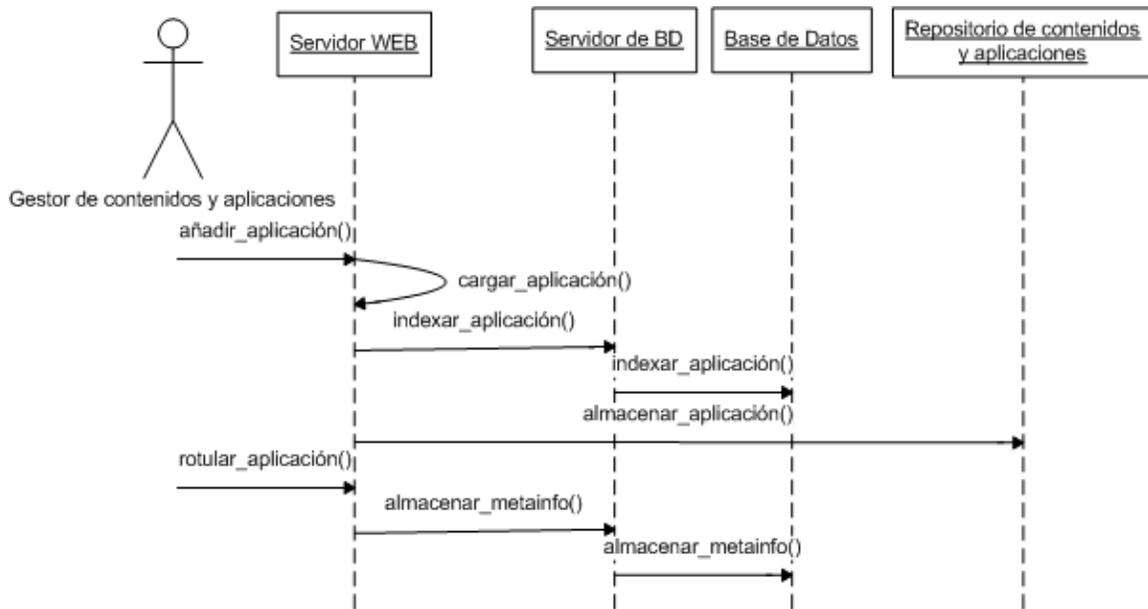


Figura 4. 10 Diagrama de secuencia de la gestión de aplicaciones.

Este proceso es similar al desarrollado para la adición de contenidos, siendo este menos complejo. La inserción de aplicaciones comienza a partir de una petición del gestor de contenidos y aplicaciones de añadir una nueva aplicación al sistema, una vez cargado, este deberá ser indexado y rotulado con la meta-información requerida.

4.3.3.2 Interacción en la gestión de programas

Este esquema comprende dos procesos: la creación de programas y la creación de eventos. Así, la creación de un programa comienza por petición del gestor de programas, quien inicia con la indexación y rotulación de un nuevo contenido multimedia ante la base de datos asociada. Una vez creado el programa inicia la

creación de los eventos, en este proceso debe rotularse el evento implicado, para posteriormente construirlo por medio del mapa de interactividad soportado en el “servidor web” y el “servidor PARTENON”, el resultado de este proceso es un evento multimedia (especificado en la sección 4.4.2) junto con una pila de aplicaciones¹⁵ (PA) asociados al mismo.

Los eventos multimedia son almacenados en el repositorio de contenidos y aplicaciones, y la pila de aplicaciones es referenciada al respectivo programa en la base de datos.

La figura 4.11 presenta este proceso; sin embargo, las acciones de edición y eliminación no son plasmadas, dado a que manejan un esquema similar a las funcionalidades contempladas en la misma.

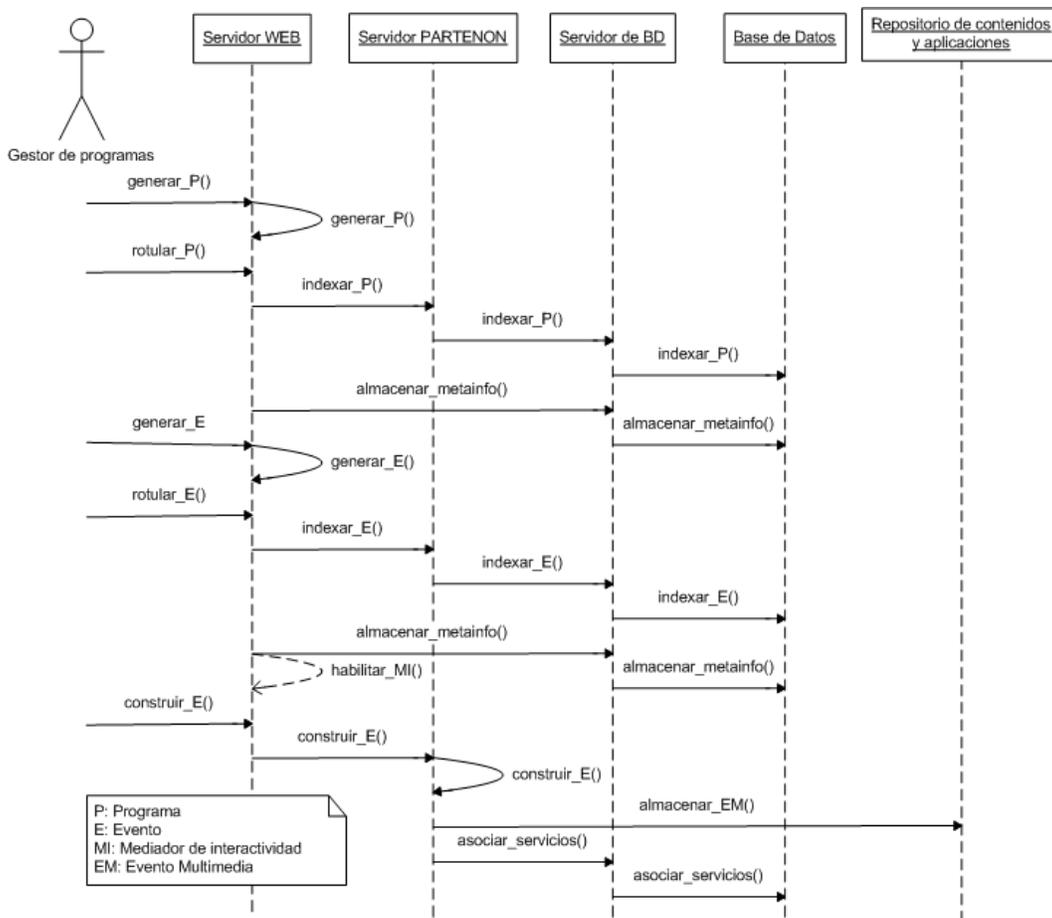


Figura 4. 11 Diagrama de secuencia para la gestión de programas.

¹⁵Pila de aplicaciones: conjunto de aplicaciones asociadas sincrónicamente a un contenido.

4.3.3.3 Interacción en la gestión de parrilla

La figura 4.12 presenta la interacción entre componentes asociados al proceso de planificación de la parrilla del servicio de TDi, este inicia con una petición del gestor de parrilla, seguido de ello desde la base de datos es importada toda la información de emisión de los programas de televisión planificados. Así, el gestor de parrilla puede modificar los horarios de emisión e incluso quitar un programa de la planificación semanal. Cada actualización sobre la parrilla esta soportada gráficamente en el “servidor web” y modifica de forma instantánea la base de datos.

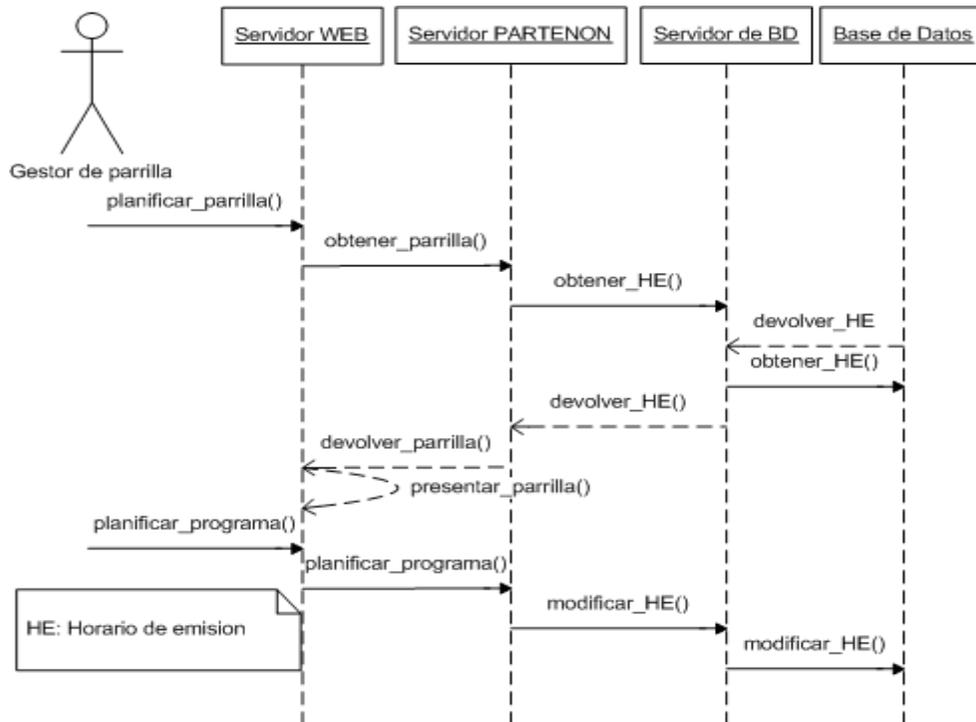


Figura 4. 12 Diagrama de secuencia para la gestión de parrilla.

4.3.3.4 Interacción en el Difusor

Como ha sido mencionado en los anteriores apartados este nodo representa el núcleo central del sistema, teniendo como ente principal al agente del despliegue del servicio descrito en la sección 4.3.2.3, entidad autónoma que gestiona todo el proceso de construcción y ejecución del servicio de TDi. Es así como este agente adapta su comportamiento a los cambios que ocurran en todo el sistema y los estructura dentro de la transmisión en tiempo de ejecución.

La figura 4.13 presenta el proceso de esta interacción, el cual inicia cuando el agente hace la petición de obtener información de la franja a transmitir, una vez obtenga la información asociada, analiza, organiza y estructura en bloques asociados a los tres flujos que están implicados en la transmisión del servicio de TDi (audio/video, datos y sistema de información).

En el bloque de audio/video está estructurada la información asociada a la ruta del contenido y al estado de sincronización de los flujos de audio y video; en el bloque de datos es generada una pila de aplicaciones o PA que contiene toda la información necesaria para poder desplegar aplicaciones asociadas a las contenidos, adicionalmente la PA es actualizada en tiempo de ejecución aportando dinamismo al sistema de despliegue. Finalmente el bloque del sistema de información contiene toda la información relevante del servicio de TDi (nombre del canal, identificadores, etc.).

Una vez estructurada toda la información esta es usada para construir todos los flujos asociados, para posteriormente multiplexarlos, modularlos y transmitirlos.

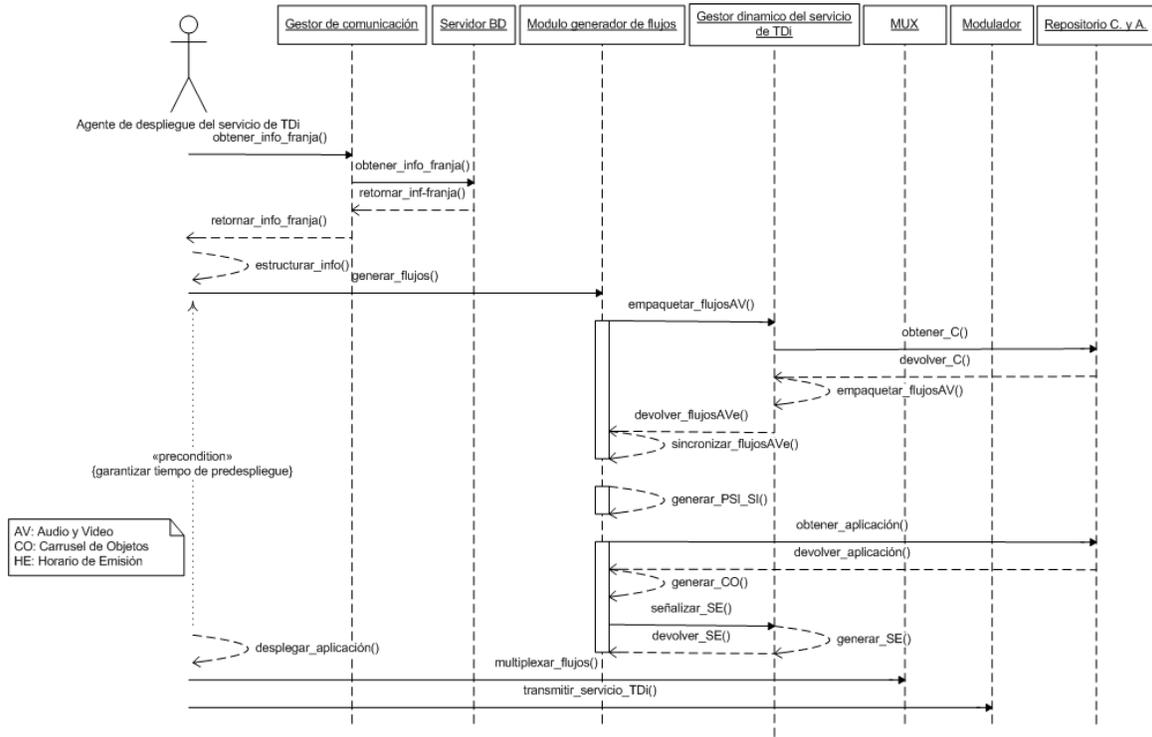


Figura 4. 13 Diagrama de secuencia de la interacción interna del Difusor

Para ilustrar el comportamiento del sistema ante la inserción o modificación de aplicaciones a los programas en emisión a través del servicio de TDi, la figura 4.14 presenta el esquema de los procesos involucrados en este proceso.

El agente dinámico de despliegue del servicio de TDi, analiza y estructura sincrónicamente los flujos de eventos (SE)¹⁶ necesarios para garantizar el despliegue de las aplicaciones en los tiempos en los cuales fueron programados. Para esto, la entidad recorre ordenadamente la PA que contiene la información suficiente de ejecución del SE, la cual activará la aplicación en el terminal del cliente.

¹⁶Flujo de Evento: referenciarse en el anexo A

Así, cuando se quiera realizar una modificación del tiempo de aparición de alguna aplicación de un programa en trasmisión, es necesario modificar la PA coherentemente¹⁷ de forma tal que cuando el agente lo interprete no ocurra ningún error de despliegue.

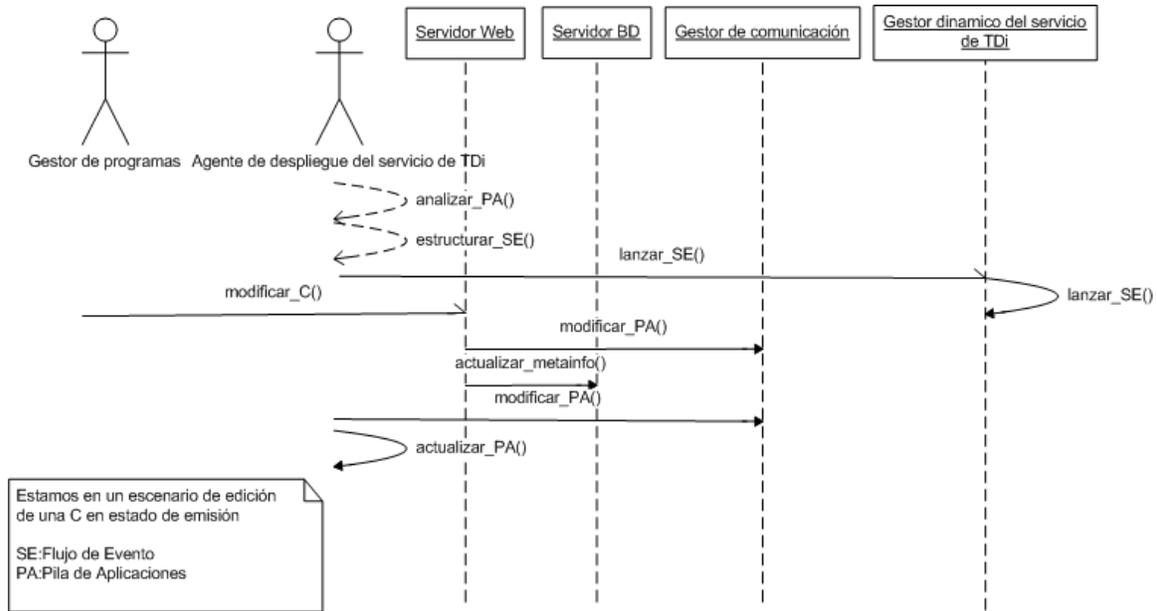


Figura 4. 14 Diagrama de secuencia del comportamiento dinámico del despliegue de aplicaciones

4.4 Componentes de edición y composición de elementos multimedia y aplicaciones interactivas

Basados en la cadena de TDi presentada en la sección 1.4.1, el proveedor de contenidos es el nodo que inicia el proceso de despliegue del servicio de televisión; de esta forma, esta sección presenta los conceptos para generar adecuadamente un contenido multimedia apto para el despliegue.

Así, debe tenerse en cuenta que el elemento multimedia que será desplegado en el servicio de televisión, es un evento, compuesto por contenidos multimedia asociados con servicios interactivos. A su vez, varios eventos hacen parte de un programa que es planificado desde la parrilla de televisión, detallado en la sección 4.3.2.1.

De esta forma, este apartado detalla los aspectos relacionados con la edición de los contenidos multimedia; igualmente, presenta el concepto de mapa de

¹⁷Modificación coherente de la PA: la PA guarda una estructura ordenada de la aparición de servicios en la línea de tiempo asociada al evento, al asociar, editar o desasociar una aplicación al evento, se debe garantizar que la PA quede ordenada según los tiempos de emisión de cada aplicación.

interactividad y la contextualización del término servicio, asociado a una aplicación.

4.4.1 Edición de contenidos multimedia

Como lo indica la sección 4.2.1, un contenido multimedia es vinculado al planificador como un elemento atómico; sin embargo, para ser considerado de este modo, es necesario que el contenido haya sido sometido a un proceso de adaptación, este especificado en el apartado 4.3.2.2, aun así, existe un proceso alternativo el cual permite modificar en audio y video el contenido previamente cargado, este proceso es llamado: edición de contenidos multimedia.

Esta edición soporta las siguientes funcionalidades:

- **Cortes del contenido:** soporte de generación de cortes del contenido en cualquier lugar de su línea de tiempo.
- **Composición de contenidos:** unión de varios contenidos para formar uno solo.
- **Transiciones de video simples:** efectos visuales entre los cambios bruscos de la edición asociada a la composición de contenidos.

4.4.2 Mapa de interactividad

Es un sistema de composición dinámica de contenidos multimedia y servicios interactivos para entornos de televisión; de este modo, el resultado obtenido a través del mapa de interactividad es un evento de televisión. Así, este está conformado por un evento multimedia sincronizado con servicios interactivos, este concepto es presentado en la figura 4.15.

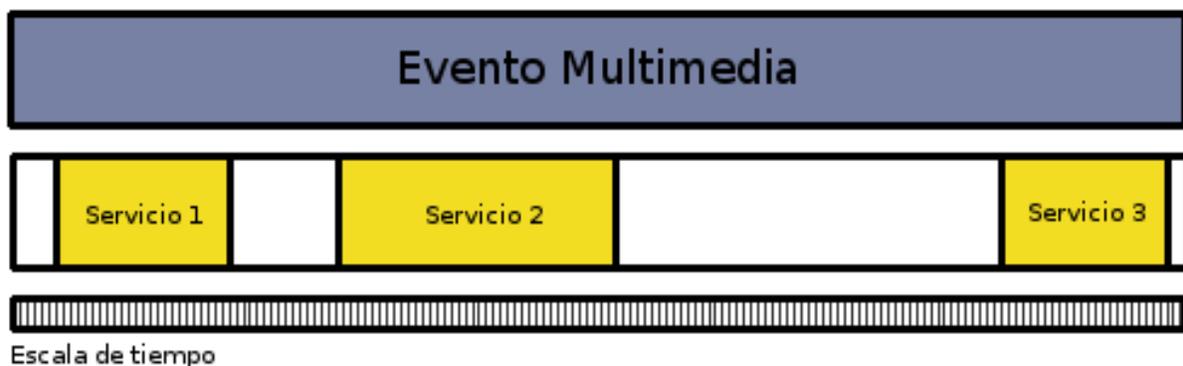


Figura 4. 15 Mapa de Interactividad

Un evento multimedia, es una composición de elementos atómicos audiovisuales similares en contenido temático, apoyado con superposiciones de texto y transiciones de video; así, esta composición genera una contextualización de una temática particular en un elemento multimedia.

Un servicio interactivo es una instancia de una aplicación previamente indexada en el sistema, de esta forma, la aplicación define una plantilla con los parámetros

editables de la misma; dando soporte a un modelo de creación de servicios dinámicos, especificado en la sección 4.6.

Así, el mapa de interactividad soporta la creación dinámica de servicios interactivos a partir de una aplicación específica, sincronizándolos a su vez con un evento multimedia. Esta sincronización es parametrizada con un tiempo de despliegue y una duración; de esta forma, cada servicio es almacenado en la PA especificada en la sección 4.3.3.2, al mismo tiempo que es vinculado a su respectivo evento.

4.5 Modelo de datos (descripción de la base de datos)

A continuación está especificado el modelo de datos estructurado en un diagrama entidad relación, presentado en la figura 4.16.

Este diagrama expresa las entidades con las inter-relaciones más relevantes para el sistema de información asociado a la base de datos del planificador. Igualmente, todas las entidades están mapeadas basándose en los conceptos abstraídos durante el presente capítulo.

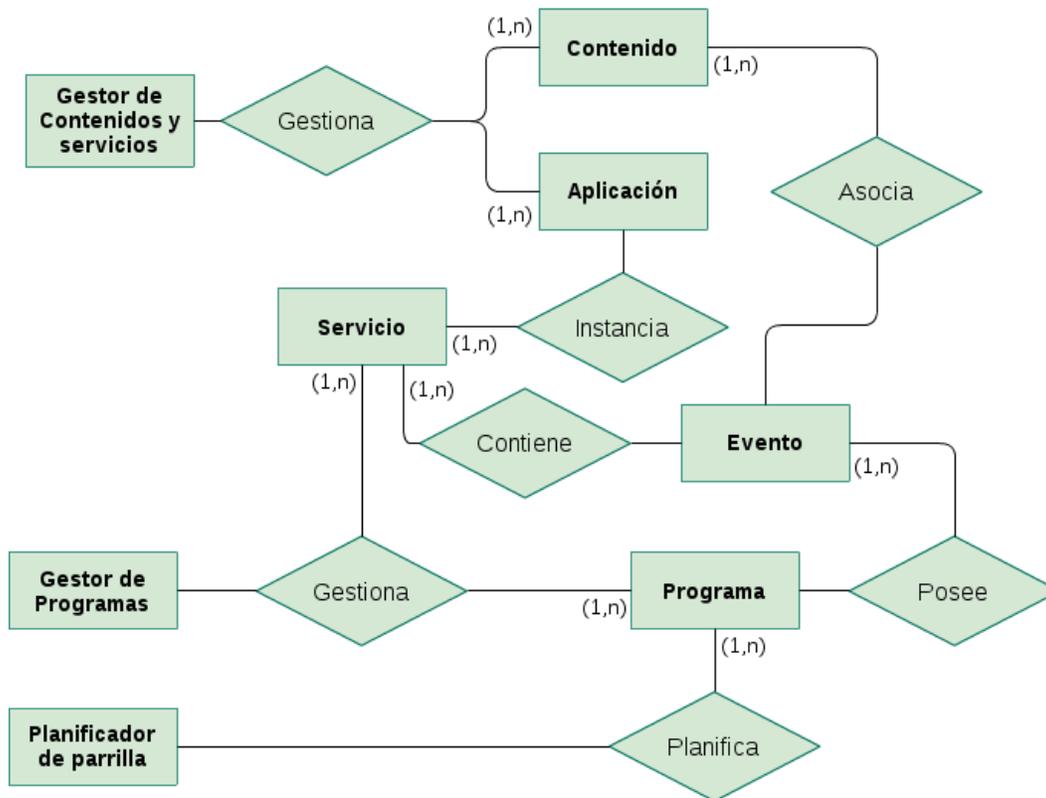


Figura 4. 16 Diagrama entidad relación de la base de datos.

4.6 Modelo de construcción de aplicaciones

Para garantizar el despliegue dinámico de las aplicaciones, es necesario elaborar un patrón de diseño¹⁸ de aplicaciones interactivas de TDi, que asocie el registro y reconocimiento de los SE por parte de las aplicaciones cliente, y asocie la gestión remota de las mismas desde la web.

Así, basados en el concepto de reutilización y desacople de componentes, es generado un modelo para la construcción y vinculación de aplicaciones interactivas para entornos de TDi; este contempla la generación de aplicaciones a partir de una plantilla previamente establecida de la misma. Este concepto abarca gran cantidad de posibles servicios interactivos ampliamente usados en este ambiente tales como: información asociada, encuestas, valoraciones, votaciones, etc.

4.6.1 Arquitectura

Cada aplicación elaborada para la plataforma deberá cumplir con la arquitectura presentada en la figura 4.17, esto garantizará la integridad en el despliegue y consumo de los servicios.

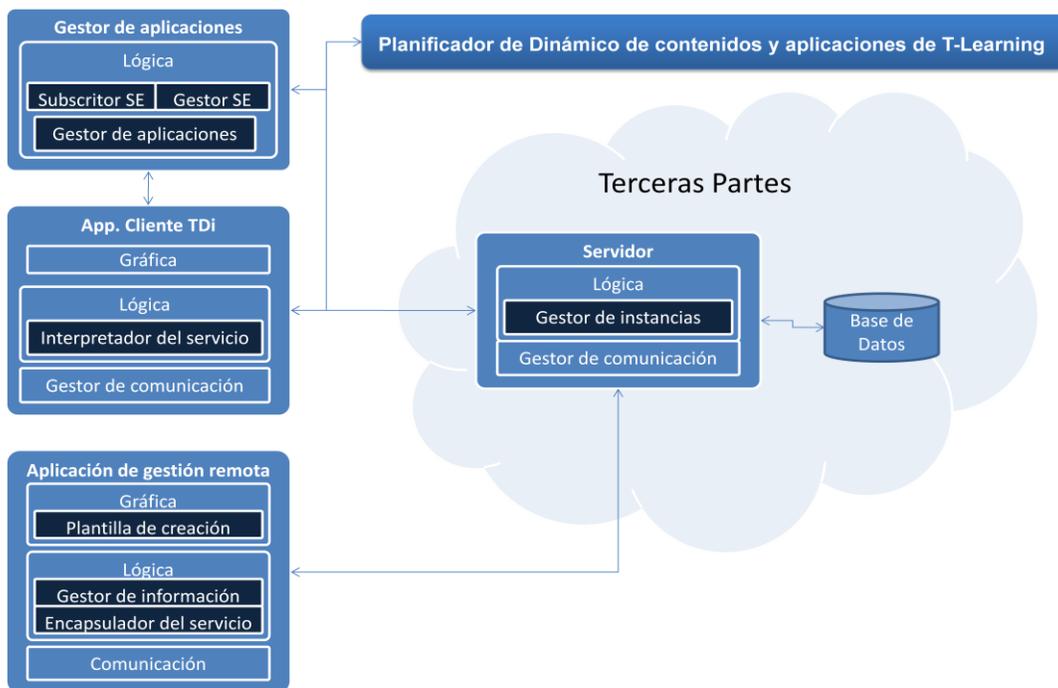


Figura 4. 17 Modelo de construcción de aplicaciones

Inicialmente, para la creación de un servicio interactivo debe disponerse de una aplicación de gestión remota web que permita generar instancias del mismo, esta debe estar diseñada para que pueda ser fácilmente referenciada desde la

¹⁸Patrón de diseño: describe la solución a un problema que se presenta de manera repetitiva.

plataforma de planificación, en donde relacione la indexación y asociación del servicio implicado con los eventos.

De esta forma, el servicio interactivo es una instancia creada a partir de una plantilla de creación de aplicaciones, esta, debe poseer un gestor de información que interprete los datos de creación, por último, debe existir un componente encapsulador que almacene toda la información correspondiente a la indexación y despliegue de la aplicación para el planificador.

El servidor del servicio implicado debe garantizar un sistema de interpretación de la plantilla generadora de instancias y un gestor de referencias a los servicios generados; de esta forma, el servidor debe tener un soporte de indexación común al utilizado por la entidad servicio en el modelo de datos del planificador.

En el lado del usuario final, la aplicación del cliente TDi que da soporte al servicio interactivo es controlada en su ciclo de vida por un gestor de aplicaciones propio del sistema de despliegue; este, posee un componente de gestión de SE, encargado de suscribir y manejar los SE asociados a los servicios sincronizados del evento, de esta forma cada servicio tiene un SE asociado. Este proceso es necesario para garantizar la activación del servicio en un momento específico dentro del tiempo de despliegue del contenido.

Así, una vez detectado el SE, el gestor interpreta la información de despliegue de servicio proveniente del mismo, y gestiona la aplicación TDi implicada para que de soporte al servicio interactivo asociado. La aplicación TDi referencia al servicio indicado por medio de un valor de referencia que le es pasado desde el gestor de aplicaciones.

Una vez obtenido el valor de referencia del servicio implicado, la aplicación TDi establece la información de la instancia del mismo consumiéndola a través del canal de retorno hacia el servidor remoto de la misma.

4.7 CONCLUSIONES

- La vinculación de contenidos multimedia, eventos multimedia y aplicaciones, debe ser soportada sobre un sistema de almacenamiento relacionado con información estructurada en la base de datos, esta debe ser especificada como meta-información. Por medio de esta, el soporte para la identificación y utilización de estos elementos en la plataforma en procesos como, edición y composición del servicio de TDi es garantizado.
- La base de datos debe ser gestionada por un sistema que soporte este proceso independientemente del servidor de base de datos que se utilice, esto desacoplará la plataforma y brindará un soporte de escalabilidad mayor.
- Para brindar una mayor flexibilidad al usuario en la gestión de contenidos, la plataforma debe soportar un servidor de adaptación multimedia de los contenidos cargados a la misma, esta adaptación debe cumplir con la

especificación HD para garantizar un servicio de visualización de calidad al usuario final.

- El concepto de programa de televisión requiere estructurar una jerarquía que comprenda el concepto de programa como encapsulador de eventos de televisión, de esta forma genera una filosofía de despliegue más flexible, si es comparada con el concepto de programa común; es decir, un programa que solo pueda asociar un evento multimedia a la vez.
- Debido a las características de autonomía, capacidad social y reactividad del sistema de despliegue del servicio de TDi, este debe ser soportado por un agente informático, el cual gestione todo el proceso de señalización, construcción, modificación y despliegue de los elementos necesarios para desplegar el servicio de TDi.
- La capacidad dinámica de vinculación de servicios interactivos desarrollados por terceros, a un programa de televisión, requiere implementar un patrón de diseño apto para soportar esta funcionalidad, este debe especificar un sistema de gestión web de parte del tercero y un gestor de aplicaciones en el lado del cliente para controlar el despliegue de las mismas en la transmisión del servicio de televisión.

Asimismo, para soportar la generación dinámica de servicios interactivos asociados al contenido, debe garantizarse un sistema de creación de instancias de aplicaciones basadas en plantillas genéricas que contengan la información necesaria para la creación de las mismas.

- El despliegue dinámico de servicios interactivos en tiempo de ejecución sobre la transmisión de un programa de televisión requiere un sistema de sincronización y gestión de aplicaciones basadas en eventos de flujo definidos en el sistema de información MPEG-DVB.
- Para la creación de un evento de televisión es necesario implementar un mapa de interactividad que componga contenidos multimedia y asocie servicios interactivos de una forma flexible.

CAPITULO V

5. Prototipo: Planificador dinámico de contenidos y servicios multimedia para un entorno de t-learning.

5.1 Introducción

El presente capítulo define los modelos de implementación asociados a la construcción del prototipo, el cual está soportado sobre la arquitectura propuesta en el capítulo 4. Igualmente, este prototipo vincula el despliegue del servicio de TDi sobre un entorno de aprendizaje basándose en los conceptos definidos en el anexo D.

Así, este capítulo está estructurado en tres secciones, la primera define un modelo de despliegue que comprende los nodos hardware y la interfaz de red sobre el cual fue desarrollado el prototipo, la segunda sección, especifica el modelo de implementación donde están detallados los componentes software desarrollados para la construcción del prototipo y, finalmente la tercera sección detalla las conclusiones del presente capítulo. Adicionalmente el anexo E describe el tipo de tecnologías empleadas en el prototipo.

5.2 Instancia del Modelo De despliegue

La figura 5.1 presenta el modelo de despliegue del prototipo del planificador dinámico de contenidos y servicios multimedia para entornos de t-learning. Este está estructurado de acuerdo a los conceptos definidos en la arquitectura presentada en el capítulo 4, y está desplegado en laboratorio de televisión digital interactiva de la Universidad del Cauca.

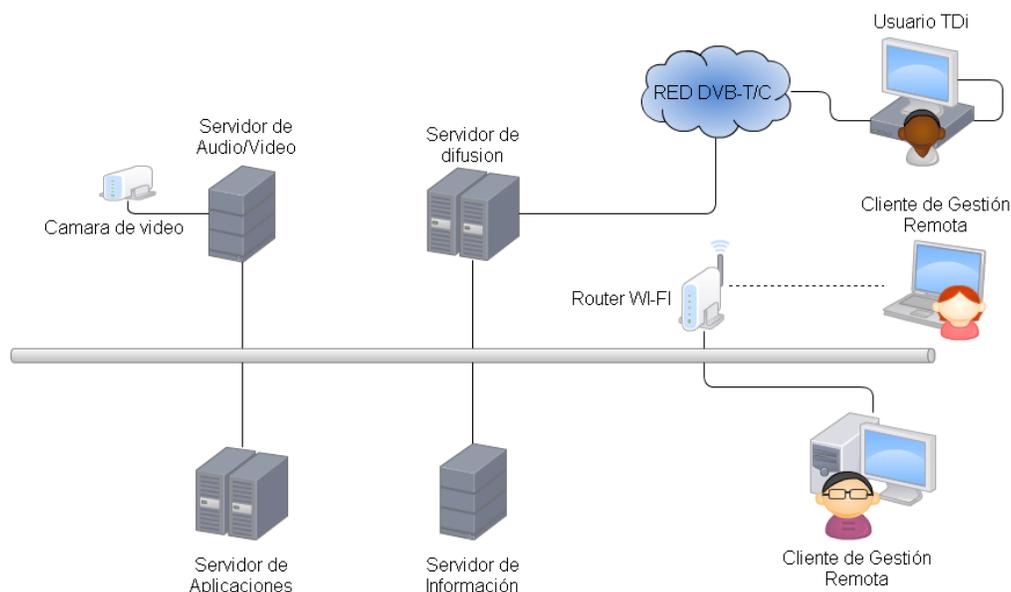


Figura 5. 1 Modelo de despliegue del prototipo

Cada servidor del modelo de despliegue es representado por un computador con características especiales, estos a su vez, encapsulan los componentes y servidores software que dan soporte a la funcionalidad del sistema; estos, serán especificados en el modelo de implementación presentado en la sección 5.3.

Las características de los servidores del modelo de despliegue son especificadas en la tabla 5.1. Igualmente, el terminal del cliente está compuesto por un STB ADB Ref. Q75DEV con soporte a MHP y un TV Digital LG 32LG30R, 32in, con soporte PAL, NTSC.

Además, el servidor de difusión posee un dispositivo de modulación hardware, está es la tarjeta moduladora: DekTec DTA-112, la cual realiza la adaptación de los flujos de televisión a una señal para la transmisión bajo el estándar DVB-T/C.

Asimismo, el sistema fue montado sobre una red Ethernet soportado en un switch 3COM 4500 y un router inalámbrico D-Link, con este último se habilita la gestión flexible sobre el escenario 1 detallado en la sección 4.2, desde computadores portátiles.

Servidor	Almacenamiento	Memoria	Procesador	Tarjeta de video	Marca
Servidor de base de datos	160 GB	2 GB	Intel 2,4 GHz	N/A	DELL PowerEdge
Servidor de difusión	700 GB	4 GB	Intel Core i7 2,93 GHz	Nvidia Geforce GT 220	DELL Vostro
Servidor Audio/Video	700 GB	3 GB	Intel Core 2 Quad 2.67 GHz	ATI Radeon HD 4500 Series	DELL Studio
Servidor de aplicaciones	300 GB	3 GB	AMD X3 Phenom 2.6 GHz	Nvidia 8400 Geforce GT	N/A
Cliente Gestión Remota	500 GB	4 GB	Intel Core i5 2.40 GHz	Intel(R) HD Graphics	Toshiba Satellite L635
Cliente de gestión remota	500 GB	4 GB	Intel Core i5 2.40 GHz	Nvidia Geforce GT 220	DELL Vostro 480

Tabla 5. 1 Especificación de las características de los equipos del modelo de despliegue

5.3 Instancia del Modelo de componentes

La figura 5.2 presenta el modelo de implementación basado en componentes software, los cuales serán detallados en las siguientes secciones; estas especificarán los protocolos de comunicación, las tecnologías de soporte y los modelos de software utilizados. Cada componente es contenido dentro de un servidor del modelo de despliegue.

Igualmente, todos los servidores del prototipo están soportados sobre el sistema operativo Ubuntu 10.04 LTS, utilizando java como lenguaje de programación en su versión 1.6. Por otro lado, para lograr una mejor estructuración de la información, cada servidor será detallado basándose en un esquema definido por paquetes y artefactos, estos últimos representan entidades generadas a partir del paradigma orientado a objetos soportado por java.

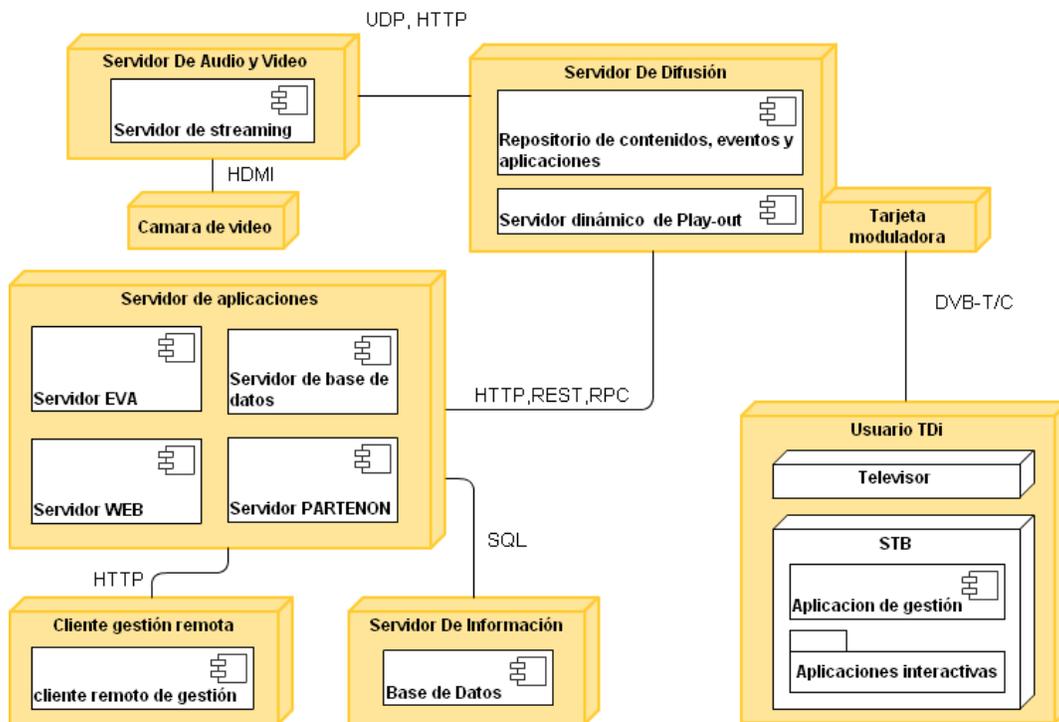


Figura 5. 2 Diagrama de componentes del prototipo

5.3.1 Servidor de Audio/Video

Genera un flujo de video y audio en tiempo real, el cual proviene de una cámara de video, este proceso es necesario para brindar soporte a la transmisión de programas de televisión en vivo.

La figura 5.3 presenta el esquema de componentes usado para realizar el proceso de streaming; este, involucra una cámara de video que genera un flujo de audio y

video y los transmite hacia el servidor de streaming a través de la interface HDMI, este flujo es capturado por el componente VLC¹⁹ a través del controlador de video propio del fabricante de la cámara de video, posteriormente estos flujos son encapsulados en un contenedor MPEG-TS a través de una herramienta de VLC.

Una vez encapsulados son emitidos a través de VLC, usando el protocolo HTTP y el puerto 8080, ofreciendo de esta forma el soporte de emisión unicast desde el servidor de audio y video.

El proceso de consumo de este servicio de streaming puede ser realizado por cualquier herramienta de reproducción multimedia que soporte la recepción de flujos de audio y video a través de volcados de red.

De esta forma, el planificador utiliza VLC para recibir este flujo de audio y video, los cuales son posteriormente adaptados a un MPEG-TS apropiado para que puedan ser desplegados desde el sistema de difusión del servicio de TDi, especificado en la sección 5.3.2.

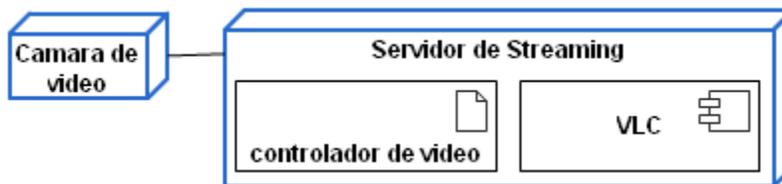


Figura 5. 3 Componentes del servicio de streaming

5.3.2 Servidor de difusión

Servidor encargado de desplegar el servicio de televisión, basado en la descripción proveída desde el servidor de aplicaciones y persistida en la base de datos; este despliegue involucra el envío del contenido multimedia asociado a un programa previamente planificado y la sincronización de los servicios interactivos a la transmisión audiovisual. Asimismo, este servidor posee servicios web de información soportados sobre la tecnología servlet de java, los cuales presentan el estado del despliegue del servicio.

Igualmente, este servidor provee un repositorio de contenidos, aplicaciones y eventos multimedia (elementos descritos en la sección 4.3.2.1), basado en el sistema de ficheros en red (*NFS: Network File System*), el cual provee una sencilla forma de compartir archivos en red, soportado sobre el protocolo de llamada a procedimiento remoto (*RPC: Remote Procedure Call*); de esta forma este servidor establece un servicio NFS que es consumido desde el servidor de aplicaciones, lo que centraliza el almacenamiento de información de gran tamaño de forma eficiente y robusta.

¹⁹ VLC: es una plataforma de distribución libre, la cual posee un framework para el soporte de reproducción multimedia sobre distintos entornos (HTTP, UDP, RTP).

A continuación la figura 5.4 describirá los componentes del servidor dinámico de play-out. La estructura de este servidor está ordenada en seis paquetes dentro de la siguiente organización jerárquica: org.unicauca.stcav.playoutserver. Asimismo, el diagrama de clases que detalla este servidor, se describe en la sección G.5 del anexo G.

Igualmente, este servidor utiliza la librería externa google-gson (gson-1.7.1.jar), la cual especifica un completo conjunto de funciones para convertir JSON a objetos y viceversa, este componente es desarrollado por google inc., y es necesario para soportar el intercambio de información con otros servidores haciendo uso del formato representacional JSON.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.model”, comprende los artefactos que estructuran el proceso de despliegue del servicio de TDi; así, “ProgramElement” encapsula el nombre, la descripción y el horario de emisión del programa a transmitir, igualmente, asocia un “EventElement” el cual posee la información de ubicación de los flujos de audio y video y la duración del evento.

Asimismo, un “EventElement” posee un “ApplicationStack” el cual referencia la pila de aplicaciones asociada al evento a transmitir, esta posee la información necesaria para desplegar dinámicamente los servicios interactivos; de esta forma, este artefacto encapsula los siguientes parámetros: nombre de la aplicación, identificador del servicio, tiempo de despliegue y duración.

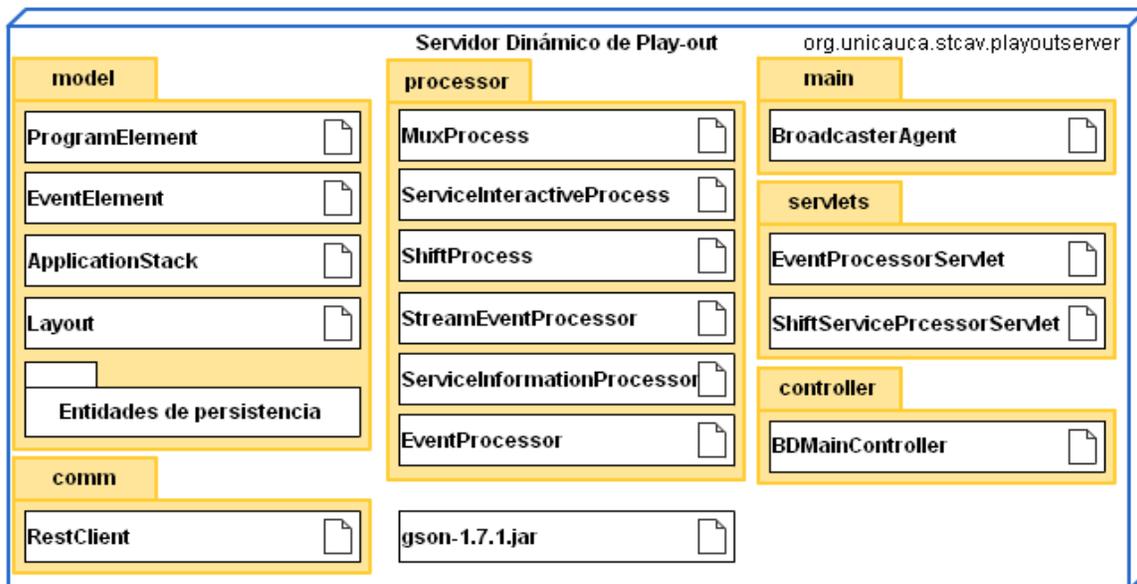


Figura 5. 4 Estructura Servidor dinámico de Play-out

El artefacto “Layout” proporciona una plantilla de parámetros que guardan información asociada a parámetros de configuración y ubicación de recursos de todo el sistema, esto es: URL de servicios web asociados, rutas de carpetas dentro del dominio del servidor y parámetros de configuración (puertos, dimensiones, etc.). Por último el sub-paquete de entidades de persistencia, Gaby E. Zemanate R. 62 Johan E. Tique R.

contiene todas las entidades necesarias para soportar el proceso de intercambio de información para el despliegue del servicio de TDi a partir de la base de datos.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.controller”, contiene el artefacto “BDMainController” el cual controla toda la lógica de gestión de datos del sistema de información correspondiente a programas, eventos, aplicaciones y servicios. Este consume el servicio proveído por el servidor de base de datos e interpreta su respuesta haciendo uso de las entidades de persistencia del paquete “model” y de la librería google-gson.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.comm” incluye un artefacto de comunicación basado en un cliente rest²⁰ que soporta el consumo de la información de los contenidos multimedia del sistema almacenados en la base de datos, este servicio es proveído por el servidor de base de datos detallado en la sección 5.3.4.2.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.processor” comprende los procesadores y procesos que dan soporte a la generación de todos los archivos necesarios para el despliegue del servicio de televisión, estos son: las tablas de información, el carrusel de objetos y los eventos de flujo, para lograr su operatividad usa la herramienta OpenCaster a través de métodos soportados en java, brindando un control funcional de más alto nivel al ofrecido por esta herramienta. De esta forma, el artefacto “ServiceInformationProcessor” crea a partir de parámetros de inicialización, todas las tablas de información correspondientes a la: AIT, PMT, NIT, SDT, TDT y STE detalladas en la sección 2.4 y 2.5.

El artefacto “StreamEventProcessor” complementa la creación de los eventos de flujo modificando la STE, basándose en la descripción obtenida desde el “ApplicationStack” de cada evento, construido partir del artefacto “EventProcessor”.

Los artefactos terminados en “...Process” representan procesos concurrentes, necesarios para garantizar la integridad del despliegue; así, el “MuxProcess” multiplexa y despliega los flujos implicados en el servicio de TDi, utilizando la herramienta “tsbcmuser” propia de OpenCaster, al mismo tiempo que usa la herramienta “DTPlay” de la tarjeta moduladora, para adecuar los flujos y poderlos transmitir hasta el terminal del usuario TDi.

El artefacto “ServiceInteractiveProcess” proporciona el soporte dinámico para el despliegue del flujo de eventos, que permitirá desplegar servicios interactivos dinámicamente; este, es capaz de interpretar los cambios en tiempo de ejecución en el despliegue de aplicaciones a través del artefacto “ShiftProcess”.

²⁰ Cliente rest: es una entidad consumidora de un servicio web basado en la técnica arquitectónica REST soportada en el protocolo HTTP

El artefacto “ShiftProcess” está atento al descubrimiento de cambios en los parámetros que afecten el despliegue del servicio de TDi; estos son: cambios en el horario de emisión de algún programa, cambio en la pila de aplicaciones en el evento que está transmitiendo y la vinculación de nuevas aplicaciones a la plataforma.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.servlets”, contiene los servicios web necesarios para guardar la integridad de despliegue del servicio de TDi con las interfaces de usuario del servidor de aplicaciones, así este comprende los siguientes servlets:

- “EventProcessorServlet”: brinda información sobre el estado de transmisión de un evento, incluyendo tiempo de despliegue y tiempo de reproducción; el primero especifica la hora y día del próximo despliegue y el segundo especifica cuanto tiempo lleva de transmisión, sólo si este está siendo transmitido.
- “ShiftServiceProcessServlet”: informa cuando ha ocurrido un cambio en la transmisión del servicio, incluyendo: cambios en la programación, en la pila de aplicaciones o en nuevas aplicaciones para la plataforma.

El paquete “org.unicauca.stcav.playoutserver.main” posee el artefacto “BroadcastAgent” el cual controla todos los procesos y procesadores del paquete “process”, basándose en la interpretación de todas las entidades involucradas en el despliegue del servicio de TDi relacionadas con la información generada por el gestor de contenidos y aplicaciones, el gestor de programas y el gestor de parrilla; este, sincroniza todas las actividades de creación de las tablas de información, creación de los eventos de flujo y los flujos multimedia a través de un reloj maestro del sistema.

El “BroadcastAgent” genera una planificación segmentada por días, de esta forma el proceso de despliegue es más eficiente; igualmente, hace uso del artefacto “ShiftProcess” para detectar y aplicar cualquier cambio que afecte la planificación.

De esta forma, cada día el “BroadcastAgent” forma un vector de cuarenta y ocho programas de televisión basado en el modelo “ProgramElement”, este número corresponde a la cantidad de franjas por día que han sido preestablecidas, asociadas a media hora de tiempo por programa de televisión.

5.3.3 Servidor de información

Este servidor posee la base de datos del sistema, de esta forma, basados en la especificación del modelo entidad relación de la sección 4.5 y apoyados en la descripción de entornos de aprendizaje sobre televisión digital interactiva del anexo D, la figura 5.5 presenta el diagrama de base datos relacional implementado en el prototipo del planificador.

La base de datos utiliza una estructura de once tablas relacionales las cuales pueden ser accedidas mediante el lenguaje SQL; para esto, la base de datos está construida sobre el servidor MySQL Server 5.0 utilizando una codificación de caracteres “Latín”.

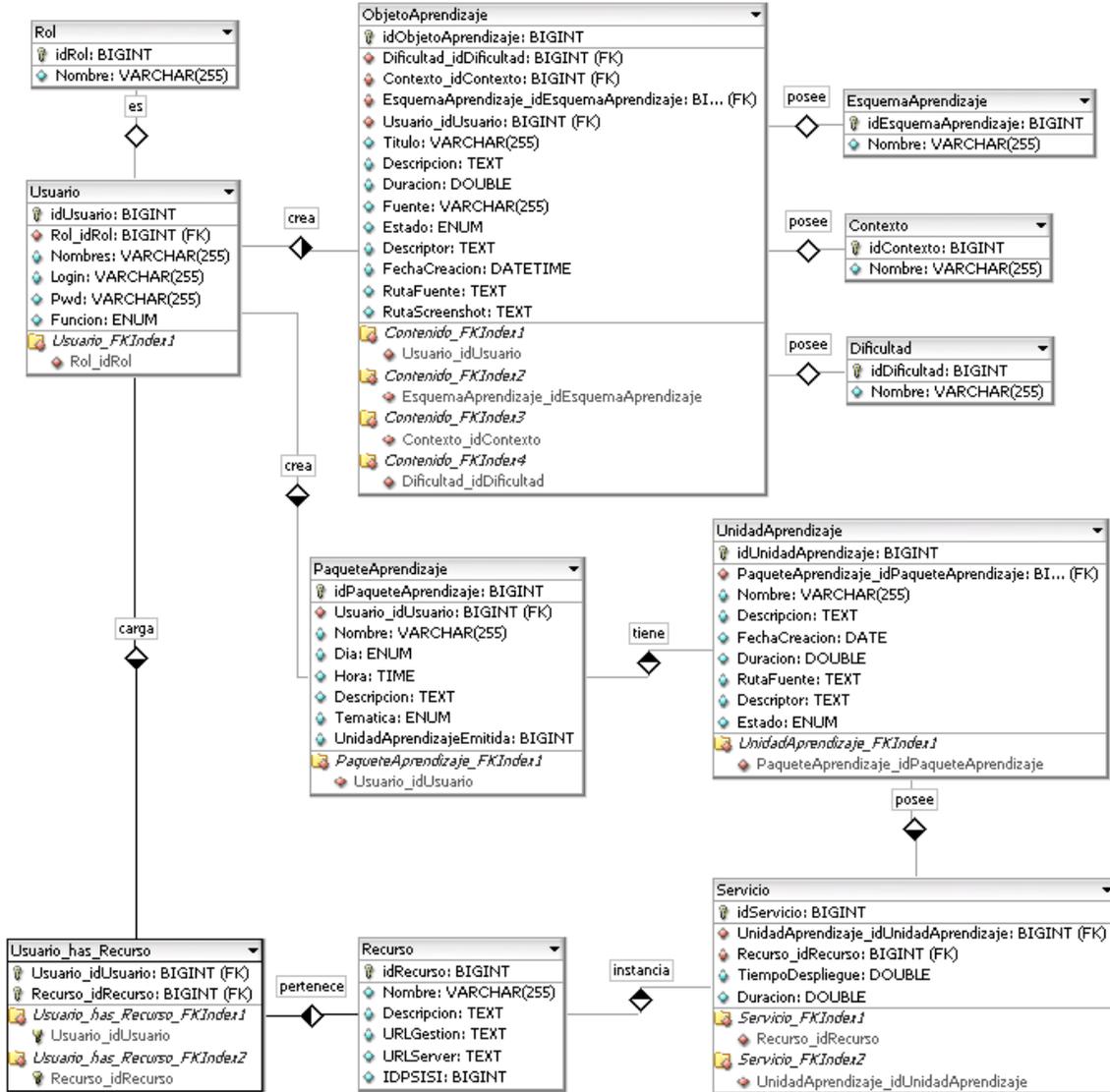


Figura 5. 5 Base de datos del prototipo

5.3.4 Servidor de aplicaciones

Soporta la gestión de datos del planificador asociados al escenario uno, descrito en la sección 4.2, compuesto por cuatro servidores soportados sobre un mismo dominio web. Estos son: servidor EVA, servidor de base de datos, servidor web y servidor partemon; de esta forma, estos serán detallados en las próximas secciones:

5.3.4.1 Servidor EVA

Este servidor encapsula todo el proceso de edición audiovisual sobre un elemento multimedia; este basa su funcionamiento en un wrapper²¹ diseñado en java, que opera sobre la funcionalidad del software FFMPEG²², este fue construido y actualizado a lo largo de todo el proceso de implementación del planificador. Este wrapper es llamado EVA, y su estructura es presentada en la figura 5.6, esta muestra un esquema definido por dos paquetes dentro de la siguiente organización jerárquica: org.unicauca.stcav.eva. Asimismo, el diagrama de clases que detalla este componente es descrito en la sección G.1 del anexo G.

El paquete “org.unicauca.stcav.eva.modelo” se especifica la abstracción de los elementos multimedia soportados por FFMPEG y útiles para el desarrollo del presente sistema. Así, el artefacto “*VideoElement*” encapsula los parámetros asociados a un archivo de video: tasa de bits, códec de video, relación de aspecto de pantalla, tasa de fotogramas y la resolución del mismo; el artefacto “*AudioElement*” encapsula los parámetros asociados a un archivo de audio: tasa de bits, canales, códec de audio y tasa de muestreo. De esta forma el artefacto “*MediaElement*” está compuesto de un “*AudioElement*” y un “*VideoElement*”, así como un nombre y una duración, describiendo los parámetros más significativos de un contenido multimedia.

Por último, el artefacto “*FontElement*” especifica los parámetros más relevantes de un objeto de texto: texto, fuente, tamaño, color y posición; este elemento es utilizado cuando la edición de video lleva consigo una superposición de texto.

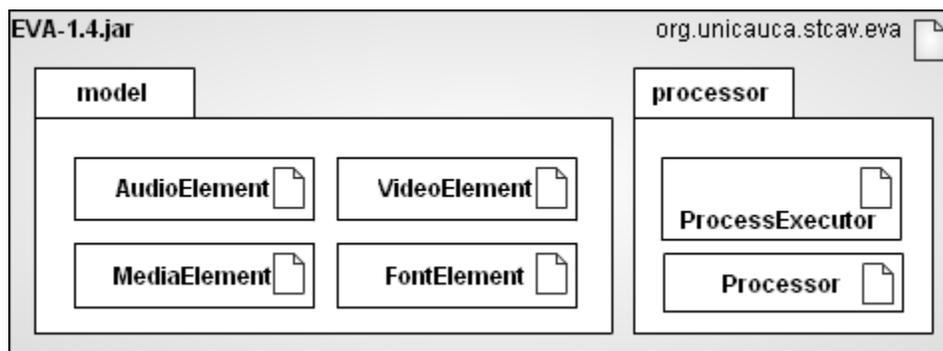


Figura 5. 6 Estructura de EVA

En el paquete “org.unicauca.stcav.eva.processor” están las rutinas activas que despliegan toda la funcionalidad del wrapper; El artefacto “*Processor*” encapsula todas las operaciones audiovisuales que son soportadas por EVA y el artefacto “*ProcessExecutor*” se encarga de ejecutarlas haciendo uso de FFMPEG.

²¹ Wrapper: programa informático que utiliza y controla las funcionalidades y el acceso de otro programa que es ejecutado en segundo plano.

²²FFMPEG: es una completa solución multiplataforma de código abierto para grabar, convertir y transmitir audio y vídeo.

De esta forma las operaciones soportadas por EVA son las siguientes: obtener la información de un elemento multimedia, crear una imagen a partir de un video, crear un video a partir de una imagen, cortar, generar desvanecimientos, unir, transcodificar, redimensionar e insertar texto en videos.

EVA es compilado y empaquetado en una librería JAR propia de java, la cual está en su versión 1.4 y es compatible con las maquinas virtuales de java 1.5 o superiores.

La organización del servidor EVA es presentada en la figura 5.7, ordenando su estructura en cuatro paquetes dentro de la organización jerárquica org.unicauca.stcav.evaserver. Igualmente, la librería EVA es utilizada en todo los esquemas relacionados con la edición y composición de contenido multimedia.

Asimismo, el diagrama de clases que detalla este servidor es descrito en la sección G.2 del anexo G.

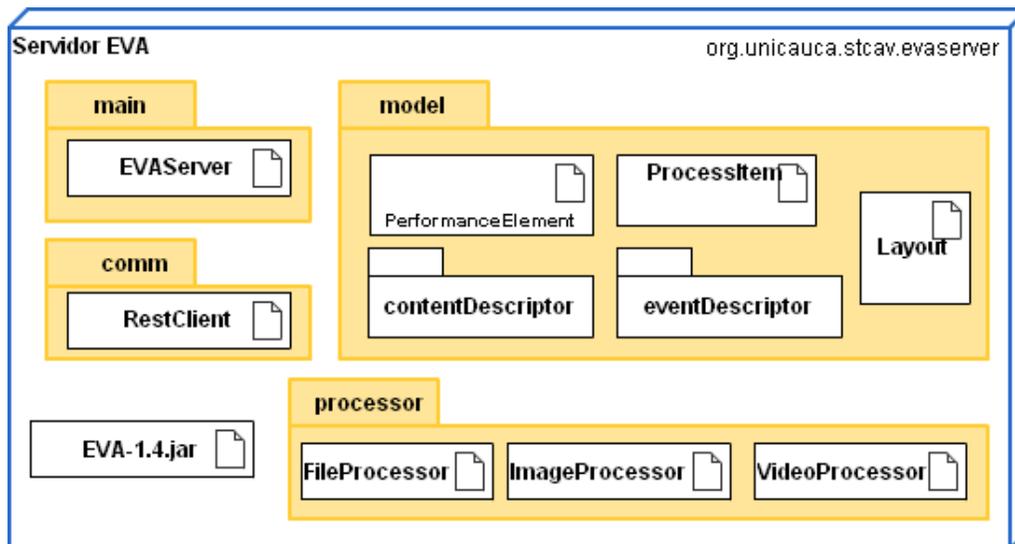


Figura 5. 7 Estructura del Servidor EVA

El paquete “org.unicauca.stcav.evaserver.main” contiene el núcleo de este servidor, este artefacto escucha las peticiones de edición provenientes de otras entidades y controla el proceso de interpretación y ejecución de la edición audiovisual de los contenidos multimedia implicados.

El paquete “org.unicauca.stcav.evaserver.comm” incluye un artefacto de comunicación basado en un cliente rest el cual opera de igual forma que su similar del servidor de difusión descrito en la sección 5.3.2.

El paquete “org.unicauca.stcav.evaserver.model” comprende todos los artefactos necesarios para encapsular los parámetros más importantes del proceso de edición generado desde este servidor; los sub-paquetes descriptores serán detallados en las secciones 5.3.4.1.2 y 5.3.4.1.3, el artefacto “ProcessItem”

abstrae los requerimientos de edición de las peticiones entrantes; por último, el artefacto “Layout” desempeña la misma función que su similar de la sección 5.3.2.

El artefacto “PerformaceElement” encapsula aspectos de rendimiento en las operaciones de edición; así, está compuesto de la siguiente información: fecha y hora de proceso, duración, tipo de proceso de edición (limitado a la funcionalidad de EVA) y el elemento multimedia (abstraído del modelo de EVA). De esta forma, cada vez que un proceso de edición un registro del rendimiento es guardado, este es a modo de reporte en forma persistente por medio de un archivo.

El paquete “org.unicauca.stcav.evaserver.processor” agrupa todas las entidades que despliegan los procesos de edición de video y acceso a archivos. El artefacto “FileProcessor” ejecuta las acciones de lectura y escritura de archivos, esto es necesario para la operación de reporte del rendimiento en los procesos del servidor mencionado anteriormente.

El artefacto “VideoProcessor” agrupa tres tipos de procesos los cuales están contextualizados dentro de la adaptación, edición y composición de elementos multimedia necesarios en los escenarios de gestión de contenidos y eventos. Estos procesos son explicados a continuación:

5.3.4.1.1 Adaptación de contenidos en HD: proceso de transcodificación y redimensionamiento de un nuevo contenido antes de ser indexado en la base de datos del sistema y almacenado en el repositorio de contenidos y aplicaciones. Una vez el contenido haya pasado este proceso tendrá una resolución de 1280 x 720 px, códec h264 de video y AAC de audio garantizando los requerimientos de HD. Este proceso es ilustrado en la figura 5.8.

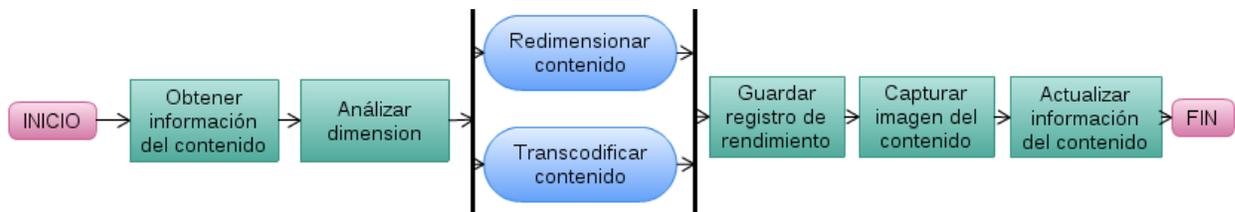


Figura 5. 8 Proceso de adaptación de contenidos.

5.3.4.1.2 Edición del contenido basado en su descriptor: proceso de edición audiovisual sobre un elemento multimedia del repositorio de contenidos y aplicaciones basado en un descriptor generado a partir de la edición de contenidos multimedia detallada en la sección 4.4.2, específica que un contenido puede ser cortado, compuesto o tener transiciones de video.

Así, el descriptor de este proceso es estructurado a través de un vector de elementos de edición, cada elemento posee los parámetros presentados en la figura 5.9 el modelo de este, es referenciado en el paquete “org.unicauca.stcav.evaserver.model.contentDescriptor” del servidor EVA.



Figura 5. 9 Estructura del elemento de edición.

Así, un elemento de edición encapsula el identificador, la duración, los parámetros de corte, la fuente y el identificador de transición del contenido. De esta forma, si el vector posee una cantidad mayor a un elemento, significa que debe hacerse un proceso de composición respetando el orden de los elementos dentro del arreglo. El proceso de edición es presentado en la figura 5.10

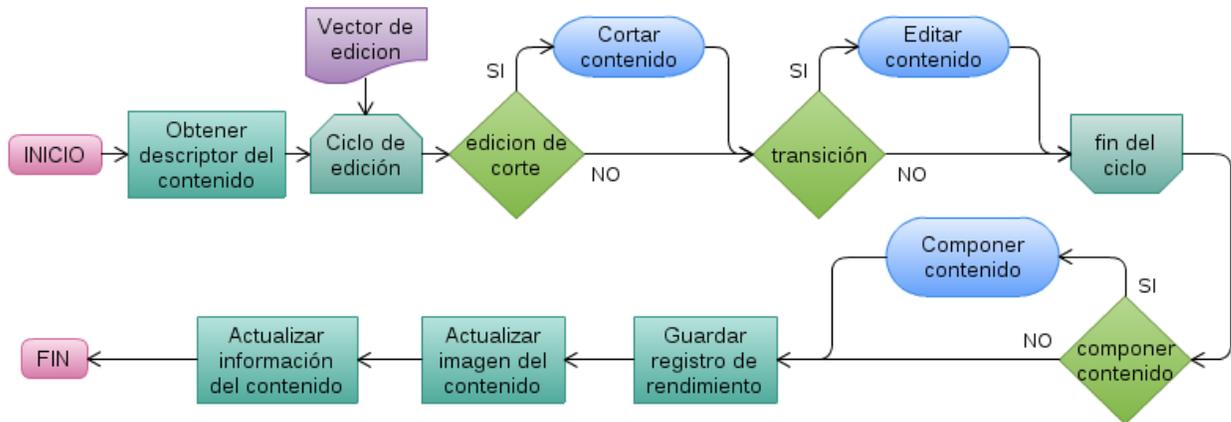


Figura 5. 10 Proceso de edición de contenidos.

5.3.4.1.3 Creación de un evento multimedia basado en su descriptor: proceso de composición de contenidos multimedia basados en un descriptor generado desde la creación de un evento multimedia a partir del mapa de interactividad, concepto detallado en la sección 4.4.2 y modelado dentro del paquete “org.unicauca.stcav.eva-server.model.eventDescriptor” de este servidor; este descriptor es más complejo que el anterior, debido a que encapsula tres vectores de edición: vector de contenidos, vector de superposición y vector de interactividad, para este apartado son relevantes los dos primeros, el último será analizado en la sección 5.3.4.4.

Cada vector contiene un elemento de composición, pero esta encapsulado dentro de una entidad que lo describe y lo identifica dentro de los tres vectores del descriptor. En la figura 5.11 son especificadas estas entidades.

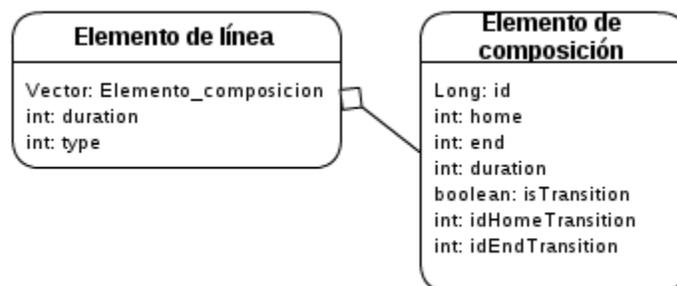


Figura 5. 11 Entidades del proceso de creación de un evento multimedia

El proceso de composición es estructurado en la figura 5.12; este, posee dos fases de interpretación asociadas al análisis de los vectores de contenido y superposición. La fase de contenido soporta la composición entre elementos multimedia previamente cargados junto con transiciones y contenidos generados a partir de un color simple, generando como resultado un nuevo elemento multimedia.

La fase de superposición agrega los elementos de texto detallados dentro del vector de superposición al nuevo elemento multimedia, concluyendo así, con el proceso de creación de un evento multimedia.

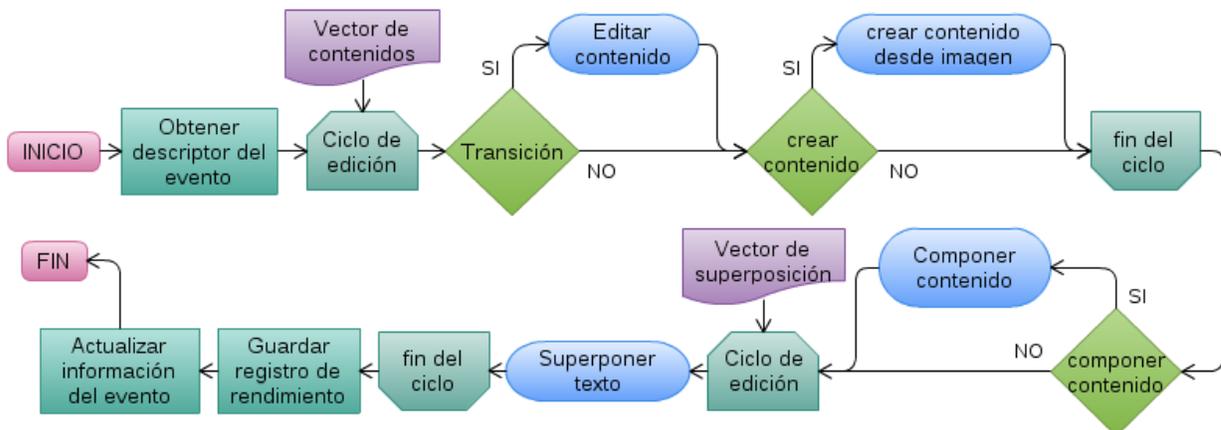


Figura 5. 12 Proceso de composición a partir del mapa de interactividad

El servidor EVA esta soportado sobre JAVA EE utilizando Glassfish 3.1 como servidor de aplicación, igualmente, este servidor soporta su comunicación sobre el protocolo HTTP, de esta forma recibe las peticiones de edición desde las entidades adyacentes (servidor web, servidor partenon).

Igualmente, el servidor EVA soporta su funcionamiento de dos formas, la primera brinda la ejecución de procesos de edición concurrentemente y la segunda atiende los procesos uno a uno; las dos formas de operación trabajan con una cola de elementos de edición la cual almacena todas las peticiones provenientes de otros servidores, esta cola es almacenada en un archivo persistente dentro de este servidor.

Cada elemento de la cola es encapsulado dentro de un "ProcessItem" del paquete "org.unicauca.stcav.evaserver.model", de esta forma, es generado el proceso de

monitoreo de rendimiento y errores basados en archivos persistentes con soporte a cambios dinámicos. Entre estos archivos están: de rendimiento, de cola de peticiones y de errores. La estructura del “ProcessItem” es presentada en la figura 5.13.

El parámetro “type” especifica si la edición realizada es sobre un contenido o un evento multimedia, “action” determina si el proceso a realizar es una adaptación, edición o composición por descriptor, “src” y “id” identifican el elemento asociado a la base de datos donde es referenciado el nuevo elemento multimedia, por último “priority” especifica la prioridad del proceso, para esta versión del prototipo todos los procesos presentan igual prioridad.

Cada “ProcessItem” generado como una petición desde los servidores partenon y web, asocia procesos de transcodificación, edición y composición propios de la gestión de contenidos y programas. El servidor EVA interpreta los “ProcessItem” y utiliza al artefacto “VideoProcessor” para ejecutar los procesos de edición necesarios para concluir la petición.

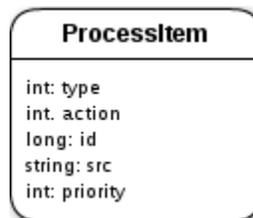


Figura 5. 13 Estructura del ProcessItem

5.3.4.2 Servidor de base de datos

Este servidor mapea todas las tablas de la base de datos del servidor de información a entidades, posteriormente, son generados dos servicios web por cada entidad, uno de ellos relaciona la lista completa de los elementos de la entidad, y el otro relaciona un elemento específico de la misma; de esta forma, cada entidad es referenciada como un recurso web y es identificada por una URL única.

Igualmente, un conversor es generado por cada servicio web, estos dan el soporte necesario para la serialización de objetos a los formatos de representación JSON y XML y viceversa. Así, cuando es solicitado un recurso al servidor, esta emplea el proceso de conversión para devolverlo como un objeto JSON o XML; operación contraria ocurre cuando desea hacerse una modificación a la base de datos, donde el recurso implicado a una entidad es convertido, para poder ser persistido.

Lo anterior corresponde a la implementación de la técnica arquitectónica REST a través de la interfaz restful, basada en el protocolo HTTP soportado sobre la plataforma de JAVA EE usando Glassfish 3.1 como servidor de aplicaciones. De

esta forma, un desacople significativo del sistema es garantizado, aplicando el concepto SOA en las operaciones CRUD²³ hacia la base de datos del mismo.

5.3.4.3 Servidor WEB

Este servidor controla toda la gestión de usuarios, contenidos y aplicaciones; de esta forma, este define a través de la tecnología SERVLET de JAVA, un conjunto de servicios web basados en el protocolo HTTP. Igualmente, Glassfish 3.1 es utilizado como contenedor JAVA EE para la ejecución de los respectivos servlets.

La figura 5.14 especifica la estructura de este servidor en una estructura de cinco paquetes contenidos dentro de la organización jerárquica org.unicauca.stcav.webserver. Asimismo, el diagrama de clases que lo detalla está descrito en la sección G.3 del anexo G.

Igualmente el servidor WEB usa dos librerías externas, estas son: gson-1.7.1.jar y commons-fileupload.1.2.2.jar. La primera fue detallada en la sección 5.3.2, la segunda soporta la funcionalidad de recibir flujos de información correspondientes a archivos en una petición POST, con una encriptación “multipart/form-data”. Este componente es desarrollado por apache y es el que brinda el soporte de la primera fase del despliegue del servicio de TDi, correspondiente a la gestión de contenidos y aplicaciones.

El paquete org.unicauca.stcav.webserver.comm, contiene el artefacto “RestClient” el cual desempeña la misma función que su similar en el servidor EVA detallado en la sección 5.3.4.1

El paquete “org.unicauca.stcav.webserver.controller”, contiene el artefacto “BDMainController”, el cual controla toda la lógica de gestión de datos del sistema de información correspondiente a usuarios, contenidos y aplicaciones. Este, consume el servicio proveído por el servidor de base de datos e interpreta su respuesta haciendo uso de las entidades de persistencia del paquete “model” y de la librería google-gson.

El paquete “org.unicauca.stcav.webserver.model”, comprende los artefactos necesarios para la gestión de los datos manejados en este servidor; así, “Layout” proporciona una plantilla de parámetros que guardan información asociada a: URL de servicios web asociados y rutas de carpetas dentro del dominio del servidor. “ProcessItem” es estructurado de igual forma que su similar del servidor EVA y desempeña la función de describir la acción de edición sobre un contenido multimedia.

Por último, el sub-paquete de entidades de persistencia, contiene todas las entidades necesarias para soportar el proceso de intercambio de información en la gestión de usuarios, contenidos y aplicaciones.

²³CRUD: representa las acciones crear, editar, actualizar y eliminar uno o más registros de una base de datos.

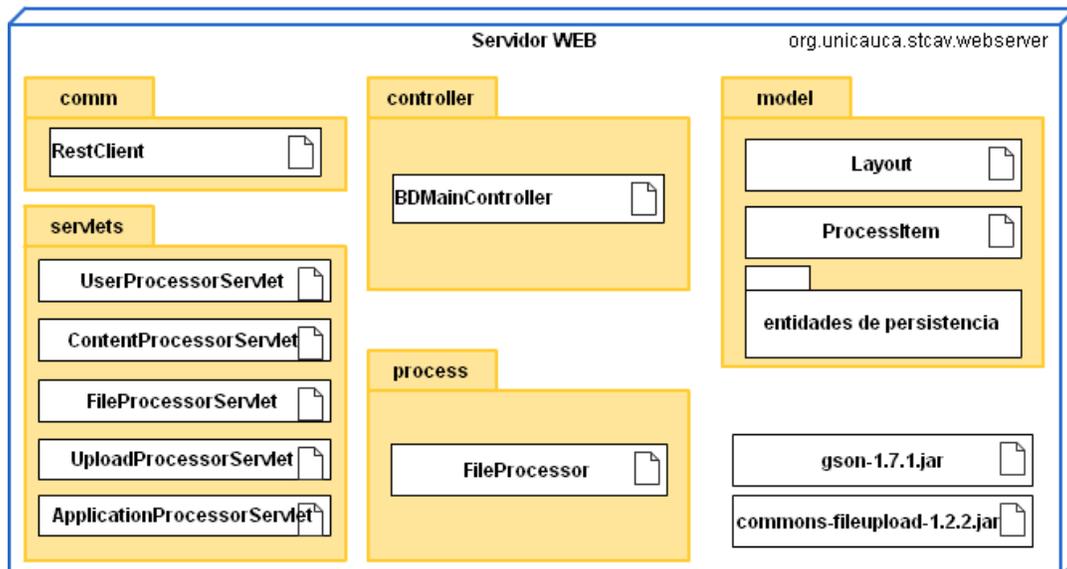


Figura 5. 14 Estructura del servidor web

El paquete “org.unicauca.stcav.webserver.process” contiene el artefacto “FileProcessor”, el cual permite editar, eliminar y crear un archivo dentro del dominio del servidor.

El paquete “org.unicauca.stcav.webserver.servlets” comprende todos los servlets que dan soporte a los servicios web de gestión de usuarios, contenidos y aplicaciones; estos, son distribuidos de la siguiente forma:

- “UserProcessorServlet”: posee un conjunto de servicios web que gestiona los usuarios del sistema, incluyendo funciones de creación, edición y eliminación de usuarios; igualmente, soporta las operaciones de sesión de los mismos, controlándolos a través de la interface `HTTPSession` de JAVA EE.
- “ContentProcessorServlet”: comprende un conjunto de servicios web que gestiona los contenidos multimedia de la plataforma, incluyendo las funciones de creación, edición y eliminación de los mismos.
- “FileProcessorServlet”: establece un conjunto de servicios web para brindar soporte a la interpretación de los archivos cargados al sistema, este soporta el análisis de archivos de tipo audiovisual y comprimido, este último es utilizado para vincular las aplicaciones interactivas a la plataforma.
- “UploadProcessorServlet”: contiene los servicios web que dan soporte a la carga de archivos remotamente desde el cliente haciendo uso de la librería `commons-fileupload`.
- “ApplicationProcessorServlet”: comprende un conjunto de servicios web que gestiona las aplicaciones de la plataforma, incluyendo las funciones de vinculación, edición y eliminación de las mismas.

5.3.4.4 Servidor PARTENON

Este servidor controla la gestión de los programas, eventos y la parrilla de televisión del planificador; al igual que el servidor WEB, este utiliza Servlets para soportar los servicios web asociados al mismo, trabajando con Glassfish 3.1 como contenedor JAVA EE. La figura 5.15 presenta la estructura de este. Igualmente, el diagrama de clases que detalla este servidor está descrito en la sección G.4 del anexo G.

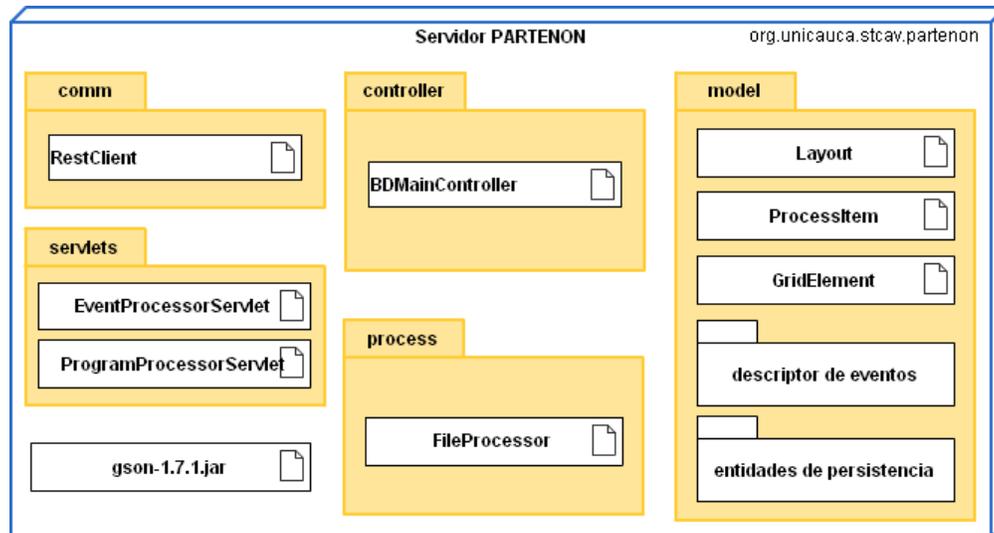


Figura 5. 15 Estructura del servidor PARTENON

Al igual que el servidor web, este posee cinco paquetes, y también hace uso de la librería google-gson, estos paquetes estructurados dentro de la organización jerárquica org.unicauca.stcav.partenon.

Los artefactos contenidos en los paquetes “org.unicauca.stcav.partenon.process” y “org.unicauca.stcav.partenon.comm” desempeñan la misma función que los detallados en la sección 5.3.4.3. El artefacto “BDMaincontroller” del paquete “org.unicauca.stcav.partenon.controller” controla la lógica relacionada a la gestión de programas, eventos y la parrilla de televisión, consumiendo el servicio web proveído por el servidor de base de datos.

El paquete “org.unicauca.stcav.partenon.model” encapsula los artefactos “processItem” y “Layout” los cuales desempeñan la misma función que sus similares del servidor WEB, el sub-paquete “descriptor de eventos” comprende los modelos de los descriptores de eventos detallados en la sección 5.3.4.1.3 El sub-paquete “entidades de persistencia” abstrae las entidades necesarias para modelar la información obtenida desde el servidor de base de datos.

Por último, el artefacto “GridElement” modela un elemento de la parrilla de televisión, el cual encapsula los parámetros necesarios para identificar un programa: nombre, día y hora de emisión.

El paquete “org.unicauca.stcav.partenon.servlet” comprende los servicios web necesarios para controlar la gestión de los programas y eventos; así, a continuación se presentan los servlets usados:

- **EventProcessorServlet:** contiene todos los servicios web necesarios para dar soporte a la creación, edición y eliminación de eventos; igualmente, brinda un servicio web para gestionar el vector de interactividad mencionado en la sección 5.3.4.1.3, este posee un arreglo de servicios interactivos asociados al evento multimedia ordenados por tiempo de aparición. De esta forma, a partir de este vector, el proceso de interpretación es generado, para posteriormente vincular todos los servicios interactivos al evento a través de la base de datos.
- **ProgramProcessorServlet:** contiene todos los servicios web necesarios para dar soporte a la creación, edición y eliminación de programas; igualmente, soporta un servicio web para el control de la parrilla de televisión, gestionando los horarios de emisión de los programas.

5.3.5 Cliente de Gestión Remota

Encapsula la gestión gráfica de la funcionalidad del escenario 1 del planificador detallado en la sección 4.2; de esta forma, el cliente remoto soporta las acciones de gestión de usuarios, contenidos, aplicaciones, programas y parrilla de televisión.

Así, el explorador web es utilizado como plataforma para el despliegue de la interfaz gráfica del cliente; sin embargo, para dar soporte a toda la funcionalidad del sistema debe garantizarse Google Chrome como navegador, en su versión 10 o superior.

La implementación de la interfaz gráfica de usuario utiliza HTML 5 como soporte de control del navegador web; igualmente, utiliza Javascript (JS) como motor de la lógica del cliente, habilitando componentes de gestión gráfica, de comunicación, de seguridad y de sesión de usuario.

HTML 5 provee una amplia gama de funciones relacionadas al control de contenidos multimedia, manejo de interfaces gráficas basadas en operaciones de bajo nivel y control de procesos concurrentes, características abstraídas en APIs soportadas por JS.

De forma similar, es empleada la librería JQuery en su versión 1.5.1, esta provee una abstracción de alto nivel de las funciones JS, que simplifican el manejo de elementos HTML, eventos, animaciones, y las interacciones AJAX.

Así, la técnica AJAX es adoptada para brindar un mayor dinamismo y control sobre la generación de nuevos elementos HTML a través de un procesamiento generado desde el servidor de aplicaciones. De esta forma, todos los servicios web prestados por este servidor, son consumidos de manera asíncrona por el cliente de gestión remota.

Las siguientes secciones presentarán las funcionalidades relacionadas a la gestión gráfica de usuarios, contenidos, aplicaciones, programas y parrilla de televisión.

5.3.5.1 Gestión gráfica de usuarios

Implementa las funciones de gestión de usuarios incluyendo la creación, actualización y eliminación de cuentas de los mismos, así como la gestión de sesiones asociadas al modelo de datos presentado en la sección 5.3.3.

Inicialmente, existe un súper-usuario que es encargado de generar cuentas para la creación de programas de televisión y control de la parrilla, involucrando la gestión de contenidos multimedia, aplicaciones, programas y eventos; los cuales, basados en el modelo de datos del prototipo, corresponden a la gestión de objetos de aprendizaje, recursos didácticos, paquetes de aprendizaje y unidades de aprendizaje respectivamente. La figura 5.16 presenta la secuencia de procesos para realizar esta funcionalidad.

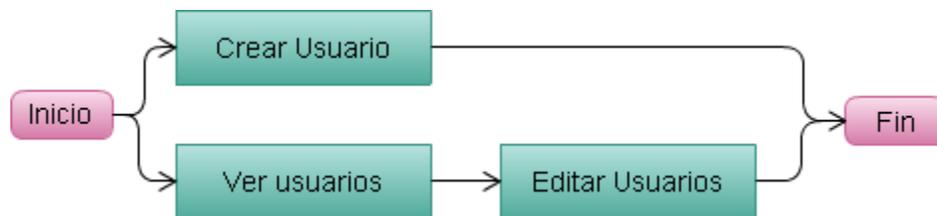


Figura 5. 16 Interfaces gráficas para la gestión de usuarios.

Los interfaces gráficas de usuario asociadas a la figura 5.16 son presentadas en la sección F.1 del anexo F.

5.3.5.2 Gestión gráfica de programas de televisión

Basados en el anexo B la gestión de contenidos, aplicaciones, programas y eventos debe ser resumida en la función del usuario gestor de programas; esto, garantiza la coherencia en la elaboración del entorno educativo. Así, en los términos propuestos en el anexo anteriormente citado, la construcción de un escenario de aprendizaje virtual sobre una plataforma de TDi, requiere tener declarados los objetos de aprendizaje y recursos didácticos que serán compuestos en unidades de aprendizaje, que posteriormente serán agrupadas en un orden coherente que generará un paquete de aprendizaje.

La figura 5.17 presenta el proceso creación de objetos de aprendizaje a través de la vinculación de contenidos multimedia al sistema, cada proceso referenciado en este diagrama tiene asignado una interfaz gráfica de usuario que es presentada en la sección F.2.1 del anexo F.



Figura 5. 17 Proceso de creación de objetos de aprendizaje por interfaz gráfica.

El proceso de creación de recursos didácticos es similar al establecido para crear objetos de aprendizaje; por esta razón, solo son presentadas las interfaces gráficas de usuario en la sección F.2.2 del anexo F, sin recurrir a un diagrama de procesos.

El proceso de creación de un paquete de aprendizaje es presentado en la fig. 5.18 encapsulando a su vez, la creación de una unidad de aprendizaje a través del mapa de interactividad. Estos procesos son generados a partir de las interfaces gráficas mostradas en la sección F.2.3 del anexo F.

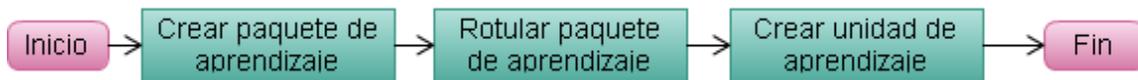


Figura 5. 18 Proceso de creación de un paquete de aprendizaje

Igualmente, una unidad de aprendizaje puede ser posteriormente modificada; de esta forma, un caso particular ocurre cuando la unidad a editar está siendo transmitida. En este caso, la unidad de aprendizaje solo podrá ser modificada en la línea de interactividad, es decir, lograrán vincular o desvincular servicios interactivos en tiempo de ejecución. Este proceso es llamado vinculación dinámica de servicios interactivos, que en un escenario de aprendizaje soportaría la vinculación dinámica de recursos didácticos.

La vinculación dinámica de servicios interactivos es sincronizada con el tiempo de transmisión del programa; así, si el tiempo de despliegue del servicio es menor al tiempo transcurrido de la transmisión, este no será desplegado. La interfaz gráfica de usuario de este proceso es presentada en la sección F.2.4 del anexo F.

5.3.5.3 Gestión gráfica de parrilla

Este proceso soporta la modificación de los horarios de emisión de todos los paquetes de aprendizaje asociados al planificador, es importante resaltar que cada uno de estos representa un programa de televisión, termino adoptado desde el anexo D.

El prototipo integra tres tipos diferentes de programas de televisión; estos, brindan soporte de planificación estática y dinámica de los paquetes de aprendizaje, y planificación de un programa en vivo.

La planificación estática es la que genera el gestor de parrilla haciendo uso de las franjas presentadas en la interfaz gráfica de usuario; la planificación dinámica,

soporta el despliegue sobre una franja predefinida, de un programa de televisión escogido por los usuarios TDi a través de una votación.

La planificación dinámica incluye una lista de posibles programas de televisión en una franja asignada, esta configuración es generada por el gestor de parrilla; de esta forma, los usuarios de la plataforma pueden votar por cualquiera de los programas habilitados en la lista, una vez llegue el momento de la transmisión de la franja, el resultado de la votación es obtenido en tiempo de ejecución, para posteriormente desplegar el programa con mayor votación.

La planificación de un programa en vivo es generado a través de la referencia del servidor de streaming sobre una franja de la parrilla; de esta forma, cuando el planificador sincronice la franja asociada, los flujos de audio y video serán intercambiados a los obtenidos por streaming desde el servidor encargado de esta operación.

La interfaz gráfica de usuario que soporta esta funcionalidad es especificada en la sección F.3 del anexo F.

5.3.6 Usuario TDi

Despliega su funcionalidad sobre un STB con soporte MHP, igualmente basa su arquitectura en el modelo presentado en la sección 4.6.1. De esta forma, el carrusel de objetos siempre posee un gestor de aplicaciones, el cual controla el ciclo de vida de las aplicaciones vinculadas a través del mapa de interactividad, las cuales dan soporte a los servicios interactivos del evento asociado.

Cada aplicación desplegada en el terminal debe cumplir con las siguientes especificaciones: resolución de pantalla PAL con bandas de guarda de 5px, sistema mediador MHP con perfil 1.0.1 y especificación de máquina virtual de JAVA JDK 1.3.

La figura 5.19 presenta la estructura de la gestión de aplicaciones; así, la aplicación "ManagmentApplication" (gestor de aplicaciones) incorpora un sistema de recepción de eventos flujo, los cuales soportan la sincronización de los servicios con el contenido; de esa forma, cada vez que un servicio interactivo debe estar visible para el usuario final, un evento de flujo es generado, este es capturado e interpretado por el gestor, para posteriormente controlar el ciclo de vida de la aplicación implicada al servicio interactivo, una vez es iniciada la aplicación asociada, el gestor parametriza a través del contexto de la misma, el identificador de la instancia del servicio. Soportando así el concepto del patrón de diseño detallado en la sección 4.6.1.

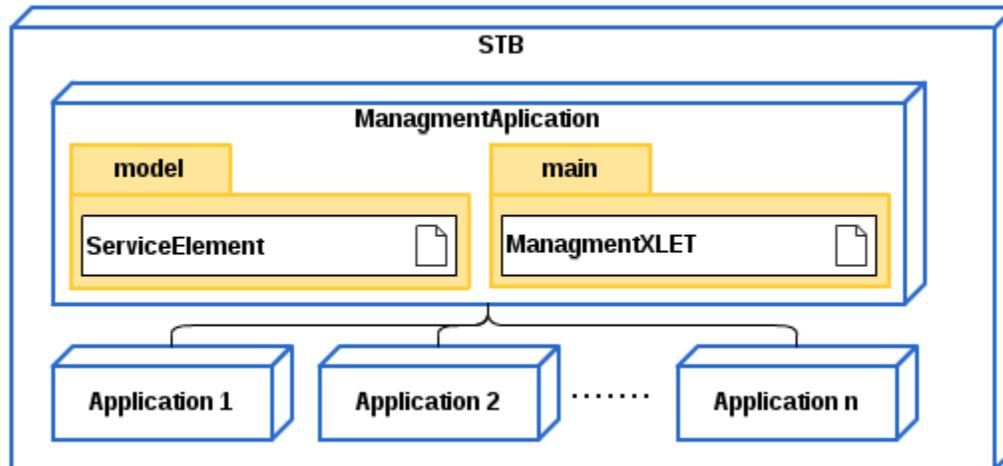


Figura 5. 19 Estructura de la gestión de aplicaciones.

La figura 5.20 especifica el diagrama de flujo asociado a la gestión de las aplicaciones a través del “MagnamentApplication”. Este proceso es iniciado por la captura del evento de flujo, para posteriormente modelarlo en un “ServiceElement”, este contiene el nombre de la aplicación y el identificador del servicio; seguidamente, el “ManagmentApplication” obtiene la lista de aplicaciones, y referencia la aplicación implicada, para luego parametrizarla con el identificador del servicio.

Una vez parametrizada la aplicación, esta será manipulada en su ciclo de vida, ya sea para ser iniciada o destruida.

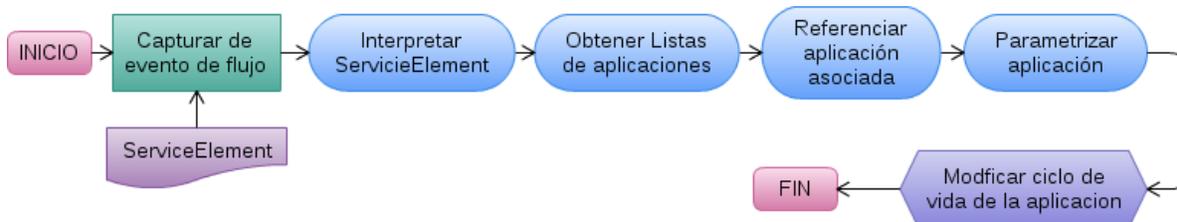


Figura 5. 20 Diagrama de flujo de la gestión de aplicaciones.

5.4 Conclusiones

- Para desplegar dinámicamente el servicio de TDi, debe garantizarse un sistema dinámico de creación del servicio de información de TDi, involucrando específicamente la generación de tabla AIT, el elemento STE y el carrusel de objetos, los cuales controlan la gestión de aplicaciones y eventos de flujo del sistema.
- El planificador debe llevar un sistema de sincronización para soportar la integridad del despliegue de la parrilla de televisión basados en los horarios de

emisión, de esta forma es necesario garantizar dentro del servidor de Play-Out un reloj maestro que sincronice los procesos de difusión.

- Para garantizar la integridad y seguridad de la gestión web de datos del sistema, es necesario un dominio web común; así, el planificador define un dominio a través del servidor de aplicación Glassfish.
- Para garantizar el acceso a la información de la base de datos sin depender de una plataforma o tecnología particular (java, javascript, etc.), es utilizado el concepto SOA implementando desde la técnica arquitectónica rest, esto es soportado por el servidor de base de datos.
- La edición y composición de video es un área de desarrollo con trabajos significativos; de esta forma, FFMPEG es una herramienta robusta y estable de libre distribución que soporta establemente esta funcionalidad.

Así, Para utilizar FFMPEG dinámicamente en un proceso de edición, es necesario definir un software que agrupe y utilice todas sus herramientas; de esta forma, es diseñado EVA como un wrapper encargado de la edición de contenido multimedia basado sobre FFMPEG.

- El uso de una plataforma web para el proceso de despliegue del servicio de TDi, requiere que todos los servidores de gestión del prototipo (servidor web, servidor partenon y el servidor de difusión) soporten servicios web. Esta funcionalidad es soportada por el planificador a través de la tecnología servlets de java.
- Las interfaces gráficas de usuario requieren en muchas ocasiones sincronizar audio y video para generar los procesos de edición y composición de contenidos multimedia, de esta forma es requerido un sistema que pueda brindar soporte a esta funcionalidad.

Así, las interfaces gráficas de usuario están soportadas sobre HTML5 y javascript, tecnologías que poseen librerías libres y robustas para la gestión de gráficos de bajo nivel y elementos multimedia.

- La estructura de la arquitectura presentada en el capítulo 4 soporta el despliegue del servicio de televisión sobre entornos de TDi, esto es evidenciado al basar el presente prototipo sobre un esquema orientado a un escenario de aprendizaje.

- Para dar el soporte a escenarios de aprendizaje virtuales en entornos de TDi es necesario relacionar una base teórica que especifique como crear objetos pedagógicos estructurados y que tenga en cuenta los elementos utilizados en el despliegue del servicio de TDi (contenidos multimedia, aplicaciones, programas)

Así, la construcción del modelo de datos del prototipo está basada en las especificaciones SCORM e IMS LD analizadas en el anexo D, guardando a su vez, la correlación con el esquema de datos presentado en la sección 4.5.

- Para garantizar la creación de programas de televisión, es necesario usar el mapa de interactividad de la interfaz de gestión gráfica; este compone contenido multimedia con servicios interactivos para dar lugar a un evento de televisión. En un escenario de aprendizaje, el mapa de interactividad compone objetos de aprendizaje con recursos didácticos para dar lugar a una unidad de aprendizaje.
- La modificación dinámica de la programación de la parrilla en tiempo de ejecución requiere un sistema independiente que capture los cambios del modelo de datos apenas ocurran y sea capaz de reconstruir el despliegue del servicio, esto es logrado por el proceso “ShiftProcess” del servidor de difusión el cual es controlado por el agente BroadcastAgent del mismo servidor.
- La gestión dinámica del despliegue de servicios interactivos en la transmisión de un programa de televisión, requiere hacer uso de los eventos de flujo y del control del ciclo de vida de las aplicaciones a través de las librerías de soporte de MHP. Este proceso debe ser abstraído en una aplicación independiente, para este caso esta es llamada “MagnamentApplication”.

CAPITULO VI

6. CASO DE ESTUDIO

6.1 Introducción

A continuación es realizado el proceso de validación de la arquitectura propuesta en el capítulo 4 para la planificación, control y despliegue dinámico de servicios y contenidos multimedia de T-learning.

La verificación funcional del prototipo es realizada bajo una serie de pruebas, a fin de obtener un reporte de los eventos registrados, el análisis de los mismos y determinar que el sistema funciona correctamente.

En virtud de verificar la adecuación funcional del prototipo generado para satisfacer la programación de la parrilla de TDi y su adecuada integración al proyecto STCAV véase anexo I, se identifican dos escenarios de prueba, el primero de ellos comprende la validación de la arquitectura según el prototipo funcional, producto de los componentes más representativos de la misma. El segundo escenario comprende la adecuación del prototipo funcional al proyecto STCAV. Dado a que las dos validaciones en sus componentes más representativos son incluyentes por sus fines funcionales, se ha decidido enmarcar un solo esquema de prueba para este.

Es importante destacar que la arquitectura propuesta en la presente monografía soporta la planificación dinámica de la parrilla TDi, sin embargo esta funcionalidad no ha sido contemplada para el proyecto STCAV, por tanto dicha funcionalidad será puesta a prueba bajo el escenario uno, obteniendo adicionalmente un esquema de prueba correspondiente a la planificación dinámica de contenidos multimedia.

6.2 Vista Funcional

Esta sección aborda el proceso de validación de la arquitectura de soporte para el planificador de parrilla de TDi desde el punto de vista funcional; comprende la identificación de las interrelaciones dinámicas que existen entre los usuarios, los componentes hardware, software y el sistema.

La vista funcional describe la técnica de prueba funcional a manejar durante este proceso, la descripción de los escenarios de prueba y finalmente el esquema total del prototipo funcional.

6.2.1 Pruebas de caja negra

En el proceso de verificación, la técnica de prueba a realizar es la técnica de caja negra que intenta encontrar los casos en el que el comportamiento del módulo no sea el especificado, es decir, conociendo la función para la que fue diseñado, son realizadas pruebas que demuestren que cada función es operativa, al tiempo que son buscadas las falencias para cada una de estas. Por ello son denominadas pruebas funcionales, donde el probador suministra los datos de entrada y estudia los datos de salida, sin preocuparse de lo que pueda estar haciendo el módulo por dentro.

La figura 6.1 presenta los diferentes roles que el evaluador realiza en esta prueba. Dichos roles fueron descritos como actores del sistema en el capítulo II.

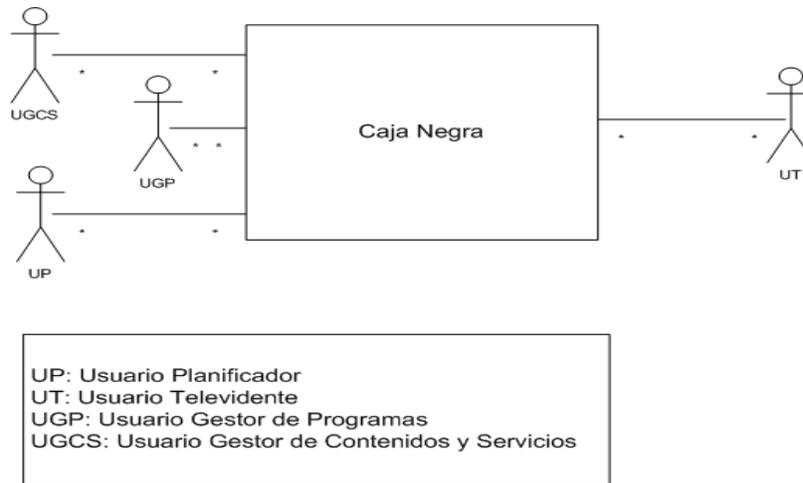


Figura 6. 1 Esquema de prueba [55]

6.2.2 Descripción del escenario de prueba

6.2.2.1 Escenario de prueba 1

Este escenario de prueba contiene dos casos de estudio, uno de ellos correspondiente a la validación del prototipo funcional de la arquitectura para la planificación, control y despliegue dinámico de servicios y contenidos multimedia. El segundo caso de estudio comprendido en este escenario tiene como objetivo verificar la adecuación funcional del prototipo dentro del proyecto STCAV.

Las pruebas a desarrollar en este escenario serán identificadas en el proceso de la realización del MRF (matriz de requerimientos funcionales) de la sección 6.3.

6.2.2.2 Escenario de prueba 2

Este escenario de prueba comprende el caso de estudio 3, que busca verificar la funcionalidad de planificación dinámica de la parrilla de programación. En este proceso están involucrados solo algunos de los componentes del sistema, hecho por el cual ha sido considerado como otro caso de prueba. Los componentes que comprende este escenario son servidor LiveStream, plataforma de gestión remota, cliente de gestión remota, difusor, operador de red y usuario de TDi.

Las pruebas a desarrollar en este escenario serán identificadas en el proceso de la realización del MRF (matriz de requerimientos funcionales) de la sección 6.3.

6.3 Identificación de la Matriz de Descripción Funcional (MDF) y Matriz de Requerimientos Funcionales (MRF)

En la definición de casos de pruebas es necesaria la identificación funcional del sistema a evaluar, especificando el proceso, subproceso y funcionalidad que presenta el sistema a probar. Seguido de ello son citados los requerimientos funcionales mediante una MRF del sistema solución a partir de la cual los casos

de prueba a desarrollar son determinados. Las anteriores matrices y los casos de uso definidos son relacionadas en el anexo H.

6.3.4 Resultados de las pruebas funcionales

En la ejecución del plan de prueba diseñado el personal evaluador paralelamente ha diligenciado dos tipos de cuestionarios, el primero de ellos a modo de listas de chequeo y otro a manera de encuesta.

El anexo J contiene el formato de prueba funcional y la lista de chequeo utilizadas para la evaluación funcional del prototipo. La primera de estas especifica una serie de tareas a realizar por el sujeto evaluador a fin de conducirlo en el proceso de validación funcional del sistema. Durante la ejecución el experto del sistema realizó las veces de tutor frente a inquietudes e inconvenientes que el evaluador no logrado resolver con el video tutorial suministrado con tiempo de antelación. El evaluador diligenciará la guía de valoración de aceptación del sistema una vez concluye las tareas. La lista de chequeo ayuda a determinar el nivel de aceptación de la herramienta en la que el evaluador solo responde preguntas cerradas.

De esta manera los resultados obtenidos por las pruebas funcionales están a manera de análisis y conclusiones en la sección 6.4. Adicionalmente en la sección 6.3.4.1 describe el comportamiento del sistema en funcionamiento.

6.3.4.1 Tiempos de respuesta del sistema

En función de determinar el rendimiento del sistema, esta sección presenta el comportamiento de la aplicación cuando sobre ella operan cuatro usuario al tiempo. El proceso consiste en que cada usuario deberá acceder a la plataforma web, ingresar como gestor de contenidos multimedia, cargar un contenido desde una ubicación local, ingresar su meta información e iniciar el proceso de rotulación del contenido.

El procedimiento anterior es realizado tres (3) veces más, cada iteración descarta un usuario.

Características	Descripción
Contenido multimedia	Tamaño: 405 MB Formato: MPEG-4 Duración: 10 min 54 seg Tasa de bit total: 5196 Kbps
Servidor	...Ver tabla 5.1...

A continuación son listadas las gráficas de rendimiento obtenidas del administrador de tareas, que indica el nivel de procesamiento y el estado de la red antes y después de subir el video.

La figura 6.2 representa el aumento de procesamiento de uno de los procesadores del servidor como muestra de que está siendo atendida la primera solicitud de rotulación y adecuación del video. El tráfico en la red aumenta cierto tiempo antes,

cuando el video es subido a la red. En las siguientes dos gráficas se observan cuatro procesadores en su máximo rendimiento, dado a que se está llevando a cabo el proceso de adaptación de cuatro videos. El histórico de red indica que la red se ha estabilizado, dado a que ya no existe tráfico significativo sobre esta.

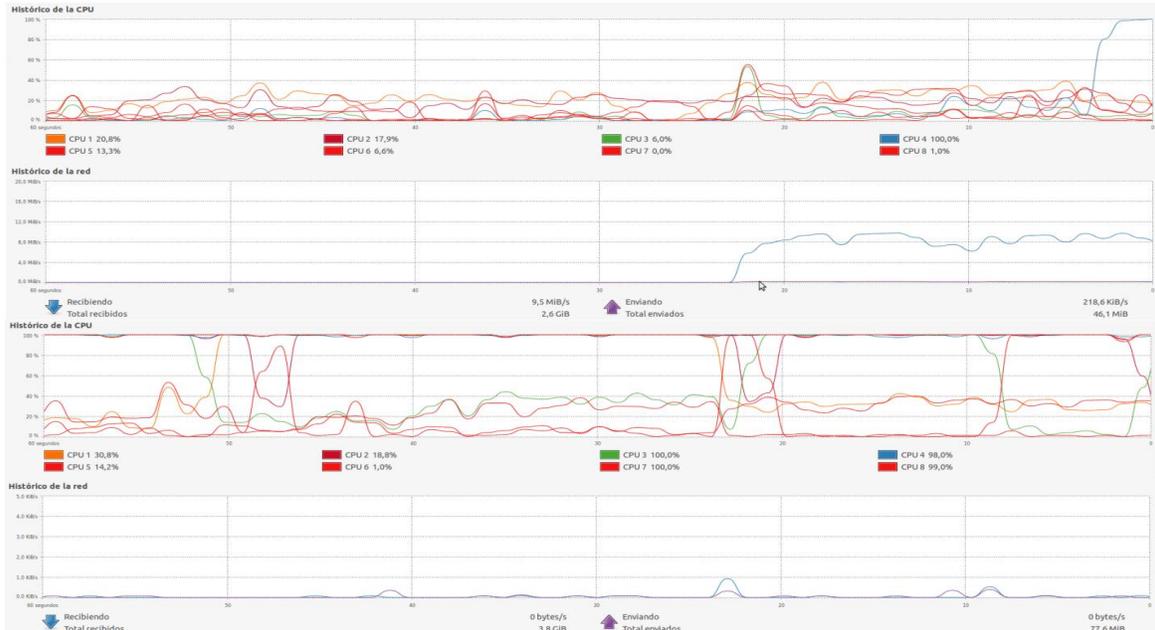


Figura 6. 2 Histórico de rendimiento con cuatro usuarios

La figura 6.3 es tomada cuando solo tres usuarios han realizado la misma petición a tiempo.

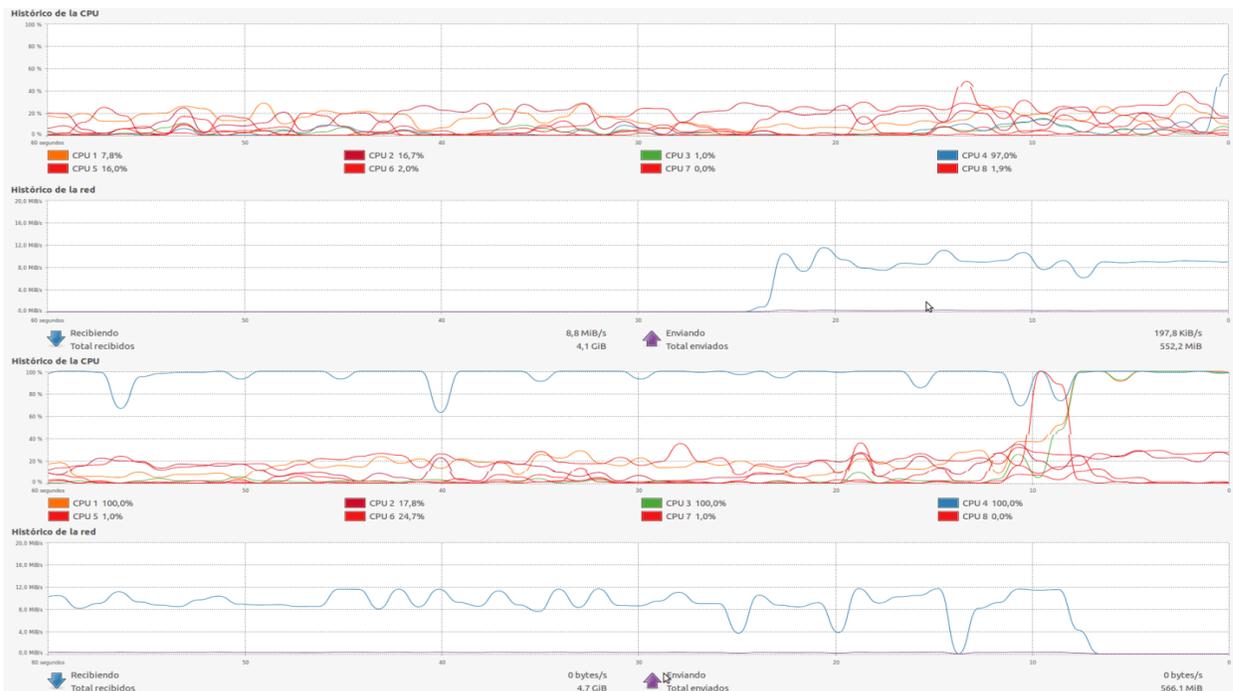


Figura 6. 3 Histórico de rendimiento con tres usuarios

La gráfica 6.4 y 6.5 indica el resultado obtenido de una tercera y cuarta prueba con dos y un solo usuario respectivamente accediendo al sistema.



Figura 6. 4 Histórico de rendimiento con dos usuarios



Figura 6. 5 Histórico de rendimiento con cuatro usuarios

En consecuencia se afirma que el tiempo de respuesta de cada petición aumenta a medida que el número de usuarios lo hace también, dado que los recursos de procesamiento disponibles del sistema son menores.

En cuanto al tiempo de respuesta, es claro que a menor número de peticiones realizadas más rápido es el sistema. Esta proporción aplica aun cuando el contenido a rotular es más pequeño (bytes).

6.3.4.2 Sincronización de contenidos y aplicaciones

6.3.4.2.1 Despliegue del servicio de votación

El prototipo funcional cuenta con un servicio de votación mediante el cual el televidente nombra el programa que desea ver en la siguiente franja televisiva. La aplicación notifica el momento de votación y lista los programas disponibles. Mediante las flechas izquierda derecha del control, el televidente navega por la lista de contenidos, con el botón ok hace efectiva su votación.

Llegada la franja horaria siguiente el programa más votado es desplegado. Como resultado de la votación el programa a transmitir corresponde a Elephants Dreams, como lo muestra la figura 6.6.



Figura 6. 6 Despliegue del servicio de votación

6.3.4.2.2 Sincronización de contenidos y aplicaciones

En la prueba de sincronización de contenidos y aplicaciones se registro el tiempo de despliegue de un servicio de notificación previamente programado. Para la prueba se uso un contenido multimedia y un servicio de información programado pasados 50 segundos a partir del inicio del video. La aplicación fue programada cada 50 segundos, como se observa en la figura 6.7.

#	idServicio	UnidadAprendizaje_idUnidadAprendizaje	Recurso_idRecurso	TiempoDespliegue	Duracion
5	5	3	1	50	20
6	6	3	1	100	20
7	7	3	1	150	20
8	8	3	1	200	20
9	9	3	1	250	20
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 6. 7 Programación de servicios

El despliegue del servicio programado se evidencia en las figuras 6.8- 6,10, indicando el tiempo transcurrido desde el inicio de la transmisión, verificando el despliegue y sincronización del contenido multimedia y los servicios planificados.



Figura 6. 8 Servicio desplegado



Figura 6. 9 Servicio desplegado



Figura 6.9 Servicio desplegado



Figura 6. 10 Servicio desplegado

La figura 6.11 relaciona el tiempo de despliegue del servicio versus tiempo de programación del servicio, notando desfases en segundos de tiempo de despliegue del servicio.

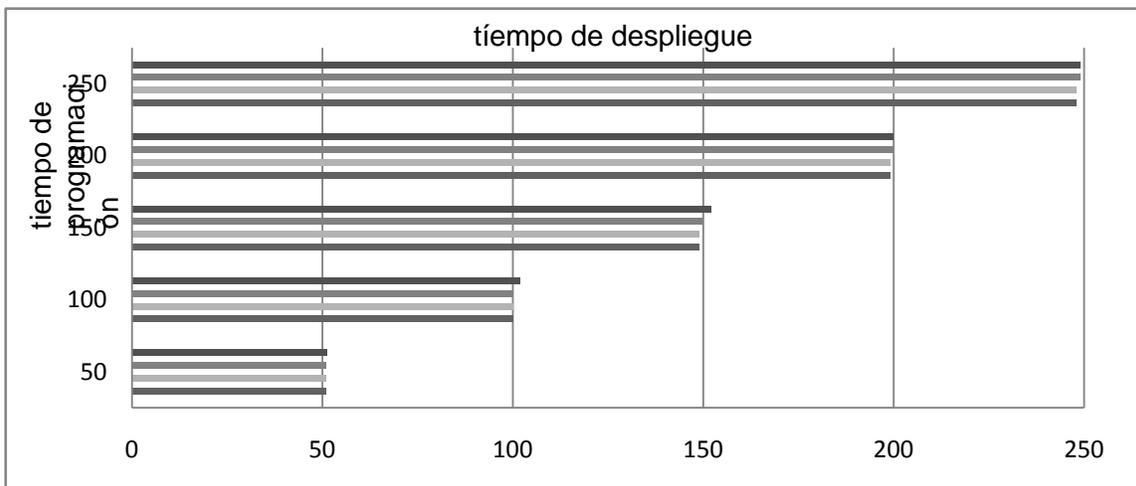


Figura 6. 11 Tiempo de despliegue de servicios

6.3.4.2 Transmisión en tiempo real

El caso de prueba 9 de la sección 6.3.3 fue realizado con un servidor de LiveStream de 4GB de RAM, un procesador Intel core Quad de 2.67 GHz, una video cámara facetan 300 genios y VLC media playera, visto en la figura 6.12.

La transmisión se realizo con protocolo UDP y RTP utilizando el puerto 1234 mediante una transmisión unicast desde el servidor de LiveStream al servidor de difusión. La transmisión con RTP presento menor latencia, al igual que menor perdida de paquetes cuando el escenario de captura estaba en movimiento, mayor sincronización en las señales de audio y video. En la pantalla del televisor se lograron identificar fondos claros y estables durante la transmisión, como se muestra en la figura 6.13.



Figura 6. 12 Equipo para Live Streaming

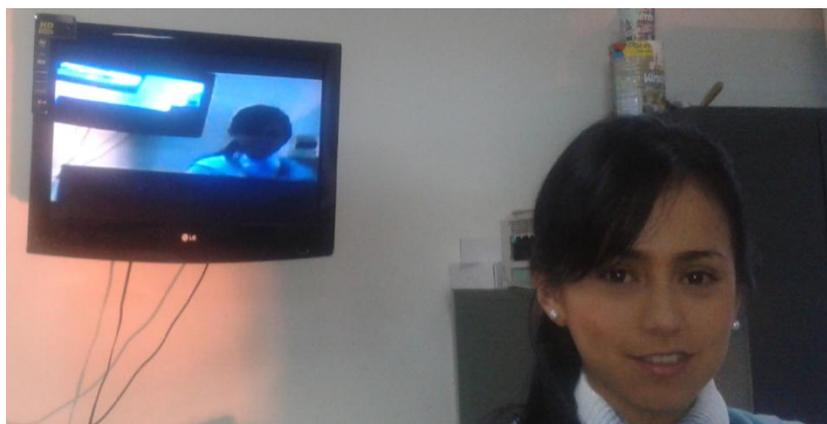


Figura 6. 13 Transmisión en tiempo real

6.3.4.2 Prueba de Códec

Con el objetivo de identificar variaciones de tiempo en el proceso de adaptación de videos con diferente códec. Los cuatro videos utilizados en esta prueba presentaban una duración de 30 seg, 60 seg, 180 seg, 300 seg y 490 seg, en formatos MPEG-2 y MPEG-4. Evidenciando menores tiempos en el proceso de adaptación cuando los videos están codificados en MPEG-4.

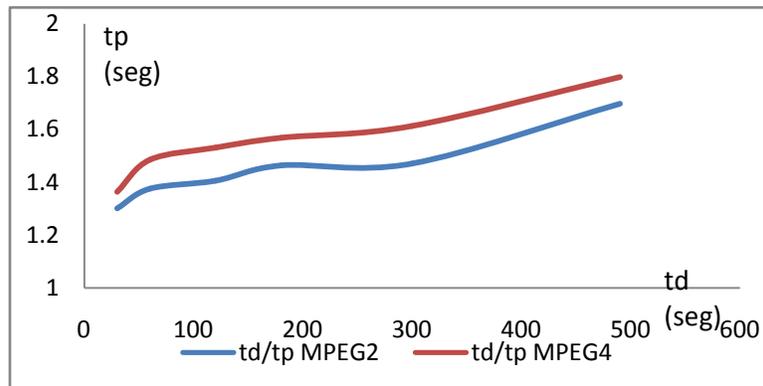


Figura 6. 14 Razón de tiempo de duración y tiempo de adaptación

6.4 Análisis y conclusiones de las pruebas funcionales

- Los usuarios evaluadores han cumplido a cabalidad las tareas indicadas, funcionalmente la plataforma cumple con la operatividad propuesta, sin embargo realizan sugerencias en cuanto al suministro de ayudas contextuales.
- Todos los usuarios evaluadores usaron contenidos multimedia con diferentes formatos y duración que fueron aceptados por la plataforma.
- Dos evaluadores solicitaron un acompañamiento más de cerca en el proceso de ejecución de las tareas, producto de obviar las instrucciones del video tutorial suministrado al inicio de la prueba.
- Los programas obtenidos de la realización de cada una de las acciones por parte de los evaluadores fueron acordes a la edición previa del mismo (despliegue de servicios, transiciones, superposición de texto).
- Ningún evaluador manifestó inconsistencia funcional de la plataforma. El producto final reflejo la adecuada operatividad del sistema.
- Los programas construidos por los evaluadores fueron desplegados en la plataforma TDT.
- Se evidenciaron largos tiempos de procesamiento de las solicitudes por parte del sistema, dado a que los contenidos editados estaban cerca al límite de duración y las peticiones fueron realizadas con cortos tiempos de diferencia.
- El número de núcleos activos del procesador del servidor es proporcional al número de peticiones enviadas por los usuarios, es decir por cada adaptación del contenido multimedia se tenía un núcleo activo, asignado dinámicamente en función de la carga de trabajo.

- La especificación de casos de prueba funcionales combinados con cuestionarios y listas de chequeo exploratorio en el que el usuario evaluador contempla por iniciativa propia nuevos casos de prueba a fin de evidenciar algún fallo o inconsistencia en la plataforma. Frente a esta situación real los resultados del sistema son los esperados.
- Como propósito de las pruebas funcionales diseñadas se buscaron discrepancias con las especificaciones que apuntaban al no considerar las condiciones del sistema (duración de un contenido multimedia, distribución de franjas).
- El desfase de tiempo en el despliegue del servicio programado se considera producto de las capacidades de procesamiento del STB.
- La transmisión en tiempo real de audio y video presenta retardos y pérdidas de paquetes adjudicados a tipo de códec empleados (c), tamaño del buffer.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES GENERALES

A continuación son especificadas las conclusiones generales que fueron obtenidas durante el diseño, implementación y verificación del presente proyecto:

1. Un requerimiento para el consumo de servicios informáticos, es la capacidad dinámica de adaptación a cambios generados por parámetros definidos por el comportamiento del mismo, tal como se especifica en [56]; de esta forma, este concepto debe ser también incluido en la plataforma de TDi.

Sin embargo, en la plataforma de TDi el concepto dinámico, no solo debe ser asociado al consumo de aplicaciones interactivas sino también al despliegue de contenidos multimedia, es así como es requerido un sistema que soporte la planificación y despliegue dinámico de contenidos y aplicaciones interactivas en TDi, concepto que es especificado en la sección 1.2.

De esta forma, debe garantizarse un sistema de TDi que reconozca a los usuarios finales, como entes activos dentro del proceso de consumo, pudiendo intervenir en la planificación del servicio, ya sea modificando la transmisión o interactuando con una aplicación. Así, para dar soporte a lo anterior, es necesario un sistema flexible que permita modificar la parrilla de televisión en tiempo de ejecución sin tener que afectar la normal transmisión de la misma. Estos requerimientos son abstraídos y soportados en la arquitectura detallada en el presente proyecto, esta es diseñada en el capítulo 4, implementada en el capítulo 5 y verificada funcionalmente en el capítulo 6.

2. La arquitectura definida en este proyecto esta soportada sobre el estándar de televisión digital DVB especificado para Colombia, de esta forma es verificado que esta especificación soporta la sincronización de aplicaciones interactivas en la transmisión del servicio de televisión, además, es posible lograr con esta, una planificación dinámica de contenidos multimedia y servicios interactivos.
3. La gestión de contenidos es parte fundamental del proceso de despliegue del servicio de televisión, en este punto los elementos multimedia que serán consumidos por el usuario final son definidos; por esta razón, en la sección 4.3.3.2 es diseñado un sistema de adaptación, gestión y almacenamiento de contenidos aptos para el despliegue.
4. El soporte de sincronización de contenidos multimedia y aplicaciones interactivas en el despliegue del servicio de TDi es logrado a partir del mapa de interactividad (Sección 4.4.2), el modelo para la gestión de aplicaciones (Sección 4.6) y el agente y gestor dinámico del despliegue del servicio (Sección 4.3.2.3). Este soporte es fundamental para el consumo servicio de televisión; esto ocurre debido a que el fuerte de este, es la transmisión multimedia de información, la cual es complementada contextualmente en un

tiempo determinado por una aplicación interactiva. Si la ocurrencia de este complemento es fallida, el contexto de la aplicación o del contenido multimedia puede verse afectado o perdido.

5. La vinculación de aplicaciones en la plataforma de TDi, generadas por terceros, requiere definir un modelo de gestión de aplicaciones, que soporte la señalización y el control del ciclo de vida de las mismas. Este último concepto es esencial para la sincronización del contenido multimedia y el despliegue de aplicaciones en un tiempo determinado. Este modelo es definido en la sección 4.6, implementado en la sección 4.3.6 y verificado en la sección 6.3.4.1.
6. El consumo de servicios informáticos de gestión debe tener soporte para generarse independientemente del sistema operativo o de la arquitectura hardware del cliente; lo anterior aporta flexibilidad y dinamismo a los procesos involucrados en la misma. Así, para garantizar este concepto, el planificador especificado en este proyecto soporta la capacidad de acceso a su plataforma de gestión a través de la web por medio de un explorador.
7. Para realizar un proceso de gestión del servicio de TDi, especificado sobre los tres nodos de la cadena de despliegue del mismo (Sección 4.2), es necesario definir un conjunto de componentes que soporten sistemas de: adaptación y gestión de contenidos multimedia, gestión de meta-información contextualizada, administración de sesiones de usuario, gestión de programas de televisión, indexación y almacenamiento de elementos multimedia, programas y eventos de televisión. Estos componentes son diseñados e implementados en los capítulos cuatro y cinco de este documento respectivamente.
8. Debido a las características de autonomía, capacidad social y reactividad del sistema de despliegue del servicio de TDi, este debe ser soportado por un agente informático, el cual gestione todo el proceso de señalización, construcción, modificación y despliegue de los elementos necesarios para desplegar el servicio de TDi, así, este componente es detallado en la sección 4.3.2.3.
9. En la mayoría de entornos de televisión se debe disponer de un sistema de transmisión en tiempo real como es mencionado en [57]; así, por medio de la plataforma LiveStream especificada en la sección 4.3.1.3, se brinda el soporte difusión de contenidos en vivo capturados con una cámara de video sobre el servicio de TDi desplegado.
10. Basados en la sección 1.2, el avance tecnológico sobre la plataforma de televisión ha enriquecido la forma de consumir el servicio que esta presta, de forma tal que el televidente es parte activa de la transmisión interactuando con aplicaciones o modificando el despliegue del servicio en sí (modificación de la programación de la parrilla). Lo anterior abre nuevas posibilidades de despliegue a entornos que están presentes en otros sistemas (Comerciales, gubernamentales, educativos, etc.) ; de esta forma, el presente proyecto

asume los entornos educativos como caso de estudio generando el siguiente grupo de conclusiones:

- A través de la incorporación de los componentes de gestión y planificación del presente proyecto con el proyecto STCAV, especificado en el anexo I, y de los procedimientos de análisis de resultados de las pruebas funcionales al prototipo, detallado en el capítulo 6. Es validado como la plataforma de televisión digital interactiva puede dar soporte a entornos educativos.
- Para soportar escenarios de aprendizaje sobre la plataforma de TDi, es necesario primero definir un esquema que especifique entornos educativos sobre sistemas de TDi, que identifique los actores, interacciones y elementos que lo componen. Este esquema es definido en el anexo D y el modelo de datos detallado en la sección 5.3.3 basándose en las especificaciones de los modelos pedagógicos asociados a SCORM e IMS LD.

De esta forma son adoptados los conceptos de: objeto de aprendizaje, recursos didácticos, paquetes de aprendizaje y unidades de aprendizaje en el entorno de TDi, sobre los elementos de: contenido multimedia, aplicaciones interactivas, programas y eventos de televisión respectivamente.

- Para soportar activamente un entorno de aprendizaje en TDi, deben garantizarse escenarios de retroalimentación tal y como justifica la sección 1.2, estos escenarios son traducidos a entornos de gestión dinámica soportados en la interacción que el usuario final hace con el sistema; así, a través del agente de despliegue del servicio de TDi detallado en la sección 4.3.2.3, el concepto de interacción es soportado en los niveles de:
 - construcción de unidades de aprendizaje soportado por el mapa de interactividad.
 - Modificación en tiempo de ejecución del horario de emisión de los paquetes de aprendizaje, generada por los usuarios finales.
 - Sincronización y despliegue de servicios de t-learning en tiempo de ejecución.

7.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

A continuación son enumeradas las conclusiones específicas que fueron obtenidas durante el diseño, implementación y verificación del presente proyecto:

1. Basados en el ambiente distribuido especificado en la sección 4.3, diseñado para soportar el despliegue del servicio de TDi, el sistema de consultas a la base de datos debe ser gestionado por un sistema independientemente del servidor de base de datos utilizado, esto desacopla la plataforma y brinda un soporte de escalabilidad mayor.
2. El concepto de programa de televisión requiere ser estructurado en una jerarquía que lo especifique como encapsulador de eventos de televisión (véase Sección 4.3.2.1), de esta forma es generada una filosofía de

- despliegue más flexible, si es comparada con el concepto de programa común; el cual establece un evento multimedia por programa.
3. El despliegue dinámico de servicios interactivos en tiempo de ejecución sobre la transmisión de un programa de televisión requiere un sistema de sincronización y gestión de aplicaciones basadas en eventos de flujo (SE) definidos en el sistema de información MPEG-DVB; esto es evidenciado en la elaboración del modelo de despliegue de aplicaciones para TDi detallado en la sección 4.6 e implementado en la sección 5.3.6.
 4. Para desplegar dinámicamente el servicio de TDi, debe garantizarse un sistema dinámico de señalización del servicio de información de TDi, involucrando específicamente la generación de tabla AIT, el elemento STE y el carrusel de objetos, los cuales están en constante cambio durante el proceso de gestión de aplicaciones y eventos de flujo del sistema.
 5. La vinculación de un sistema de sincronización basado en un reloj maestro del servidor de Play-Out es necesaria para garantizar la integridad del despliegue de la parrilla de televisión a partir de los horarios de emisión, esto es evidenciado en la sección 4.3.2.3.
 6. La sincronización de audio y video para los procesos de edición y composición de contenidos multimedia necesarios para la gestión remota gráfica de contenidos y eventos multimedia requiere un sistema robusto que lo soporte; así, las interfaces gráficas de usuario están soportadas sobre HTML5 y javascript, tecnologías que poseen librerías libres y robustas para la gestión de gráficos de bajo nivel y elementos multimedia.
 7. La modificación dinámica de la programación de la parrilla en tiempo de ejecución requiere un sistema independiente que capture los cambios del modelo de datos apenas ocurran, para posteriormente reconstruir el despliegue del servicio, esto es logrado por los procesos concurrentes relacionados al agente del servicio de TDi. Estos son especificados en la sección 5.3.2.

7.3 APORTES

A continuación son especificadas una lista de aportes, como componentes o modelos, los cuales fueron obtenidos durante el diseño e implementación del proyecto de grado:

1. Arquitectura para la planificación y despliegue dinámico del servicio de TDi: modelo arquitectónico para el despliegue del servicio de TDi en sus componentes de gestión de contenidos multimedia, programas, eventos y parrilla de televisión. Esta define el modelo de despliegue, de componentes y de iteración dinámica entre todos los elementos que la comprenden, así como también modelos para la creación de las aplicaciones interactivas en el entorno de TDi.

2. Parrilla dinámica de TDi gestionada remotamente desde la web: genera la gestión gráfica de los horarios de emisión semanal de los programas de televisión indexados en el sistema de información de la plataforma, este componente es especificado en la sección 5.3.5.3.
3. EVA: componente adaptador, transcodificador y editor de contenidos multimedia multi-formato y multiplataforma con soporte para el despliegue según las recomendaciones de DVB en los sistemas PAL y HD, usando las codificaciones definidas en MPEG-2 y MPEG-4 Part 10. Este es especificado en la sección 5.3.4.1.
4. Mapa de interactividad: sistema de composición y sincronización dinámica de contenidos multimedia y servicios interactivos para la generación de programas de televisión. Este componente es detallado en la sección 4.4.2 e implementado en la sección 5.3.5.2.
5. Modelo para la construcción básica de aplicaciones reutilizables sobre el entorno de TDi: Define una estructura genérica para la construcción y despliegue de aplicaciones en el entorno de TDi, incluyendo al proveedor del servicio y a las terceras partes desarrolladoras de la aplicación, esta es diseñada en la sección 4.6.
6. Modelo de datos genérico para la gestión del servicio de TDi: presenta una estructura que integra la gestión de los roles de los actores implicados en el despliegue del servicio de TDi, con el concepto de programas y eventos de televisión asociados al modelo de aplicaciones y servicios interactivos de TDi especificado en la sección 4.6.
7. Componente de gestión dinámica del servicio de TDi: artefactos reutilizables que soportan la generación dinámica de la señalización requerida para el despliegue de un servicio de TDi basado en las especificaciones requeridas para DVB, estos construyen activamente las tablas de información SDT, PMT, NIT, TDT y AIT basándose en una parametrización inicial. Este proceso es especificado en la sección 5.3.2.
8. Componente para la gestión dinámica del ciclo de vida de aplicaciones MHP: Aplicación MHP que gestiona el ciclo de vida de las aplicaciones indexadas en el servicio de TDi, independiente de las estructuras lógicas internas de las aplicaciones. Este componente es especificado en la sección 5.3.6. y soporta la sincronización de contenido multimedia y aplicaciones interactivas durante la transmisión del servicio de TDi.
9. Modelo para la creación de entornos de aprendizaje en la plataforma de TDi basado en las especificaciones SCORM e IMS LD: define una base conceptual para la gestión de contenidos multimedia aptos para la creación de un entorno de aprendizaje; este modelo utiliza la especificación CAM de SCORM para

establecer la meta-información de los contenidos multimedia, y define una serie de conceptos basados en IMS LD que generan un soporte para la organización de información de entornos de TDi, mapeando los términos: objeto, unidad y paquete de aprendizaje en un escenario de televisión.

10. Componente de difusión LiveStream: Artefacto para la transmisión, recepción y despliegue de flujos de audio y video para DVB-T/C en tiempo real, generados desde una cámara de televisión, este soporta el uso de los protocolos HTTP, UDP y RTP en transmisión unicast.
11. Componentes de gestión remota web de contenidos multimedia, programas, eventos y parrilla de televisión adaptados a los requerimientos del proyecto STCAV (véase anexo I).
12. Servicio de votación interactiva: componente compuesto por una aplicación MHP y un servidor web que permiten intervención dinámica de la programación de la parrilla de televisión a través de los usuarios finales de TDi desde de su dispositivo terminal (STB + TV).
13. Aplicación de información asociada: aplicación de información asociada al contenido multimedia, basada en el modelo de construcción de aplicaciones definido en la sección 4.6.
14. LIGACA-1.1.js: librería javascript para el control del elemento <canvas> soportado en la especificación HTML5. Esta es usada para la creación de las interfaces gráficas de usuario específicamente enlaces, etiquetas y menús interactivos y contextuales.
15. Editor lógico de video basado en HTML5: aplicación web que permite editar de forma básica un video, generando el procesamiento en el cliente, esta utiliza las librerías javascript de HTML5 para el soporte de elementos gráficos y de video.
16. Bajo costo de construcción e implementación del sistema (véase anexo K).

7.4 RECOMENDACIONES

A continuación son listadas una serie de recomendaciones para mejorar el desempeño del sistema asociado al proyecto de grado:

1. Desplegar la plataforma de TDi sobre un sistema distribuido, esto logra enfocar las tareas de cada componente y disponer mejor de los recursos hardware del entorno. Así, es recomendable tener un servidor por cada función de difusión del servicio, adaptación y edición de contenido, almacenamiento y base de datos, difusión en directo y gestión web.
2. Para garantizar la integridad y seguridad de la gestión web de datos del sistema, es aconsejable trabajar con un dominio web común; así, este trabajo define un único dominio a través del servidor de aplicación Glassfish.

3. La transmisión de flujos en tiempo real es soportada a través de los protocolos HTTP, UDP y RTP, sin embargo es aconsejable trabajar con el protocolo RTP para lograr una mayor calidad de imagen, la desventaja de este es que presenta un retardo considerable, dependiente de la tecnología del servidor codificador y decodificador.

7.5 TRABAJOS FUTUROS

A continuación son listadas una serie de conceptos y sugerencias para trabajos futuros que toman a este proyecto como referencia:

1. Habilitar el soporte del sistema para varios canales de televisión, soportando la planificación y el despliegue de varios servicios de TDi en varias frecuencias habilitadas para la televisión digital.
2. Integrar el servicio de EPG al despliegue del servicio de TDi. Este es fundamental para brindarle un soporte de ayuda al usuario final dándole a conocer la programación de toda la semana. Aunque es un servicio muy común en los entornos de televisión, este proyecto no lo acogió, por no tratarse de un elemento con aporte para la presente investigación.
3. Integrar el despliegue del servicio de TDi con un centro multimedia del lado del usuario con el fin de mejorar la QoE (calidad de la experiencia) del mismo.
4. Soportar la capacidad de gestión de franjas de televisión de una forma más flexible, sin la restricción de tiempo de 30 min. Esta capacidad brindaría el soporte para desplegar programas de más de media hora de duración.
5. Plantear e implementar modelos para mejorar el rendimiento y la calidad en el despliegue del flujos en tiempo real desde servidores de LiveStream
6. Integrar modelos de edición lineal en la construcción de contenidos multimedia en tiempo real dentro del despliegue de servicio de TDi. Estos modelos son utilizados comúnmente en todos los entornos comerciales de televisión.
7. Dar soporte a otras plataformas mediadoras para el despliegue de aplicaciones interactivas soportadas por DVB, tales como: MHEG-5 y HbbTV.
8. Mejorar la aplicación de gestión remota de la plataforma a nivel de usabilidad, seguridad, accesibilidad.

Bibliografía

- [1] M. Á. C. Gonzáles, "Análisis del impacto de la evolución tecnológica en los cybermedios en el contexto de la convergencia digital " p. 23.
- [2] R. J. M. Tejedor, "Televisión Digital Terrestre (TDT)," *ACTA*, p. 4.
- [3] I. T. D. Rueda, "Análisis y evaluación de la red de acceso HFC para la distribución de contenidos educativos de iTV con QoS," Ingeniero Electrónica y Telecomunicaciones Monografía, Servicios Avanzados de Telecomunicaciones Universidad del Cauca, Popayán, Abril de 2009.
- [4] K. J. C. Antonia Alejandra González Gómez, "LA TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA Y SUS APLICACIONES EDUCATIVAS," *Comunicar* vol. 026, p. 8, 2006.
- [5] G. E. á. Adrian X. Reyes, "Una aproximación a la Televisión digital y el T-Learning," *American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, vol. 8th, Junio 1-4 de 2010 2010.
- [6] E. T. D. Rojas, "Recomendaciones para la generación y distribución de contenidos educativos orientados a Televisión Digital Interactiva," Anexos, Telemática, Cauca, Popayán, 2009.
- [7] Avalpa. (24 de julio). *Avalpa Broadcast Server Usuar manual*. Available: www.avalpa.com
- [8] CINECA. (2010, 22 de agosto). *Cineca DVB Software*. Available: <http://krusty.cineca.it/vpweb/cgi-bin/bloxom.cgi/>
- [9] L. TV. *dsmcc-mhp-tools - DSM-CC MHP ObjectCarousel MPEG2 encoding tools*. Available: <http://linuxtv.org/dsmcc-mhp-tools.php>
- [10] S. Padilla, "Gestión de ambientes de aprendizaje constructivas apoyados en la zona de desarrollo próximo " *Apertura*, vol. 6, pp. 8-21, 2011.
- [11] E. Tulande, and D. Rojas, "Recomendaciones para la generación y distribución de contenidos educativos orientados a Televisión Digital Interactiva," Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, Departamento de Telemática Servicios Avanzados de Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán, 2009.
- [12] C. N. d. Televisión, "PLAN DE DESARROLLO DE LA TELEVISION," 2010.
- [13] J. Arciniegas, C. Acevedo, X. Garcia, and J. Perrinet, "Proceso de Adaptación de una Aplicación de e-aprendizaje a t-aprendizaje," *Información Tecnológica*, vol. 21, p. 9, 2010 2010.
- [14] M. P. Fischer Blunschein. (2007, E-learning en la formación profesional: diseño didáctico de acciones de e-learning. *OIT/Cinterfor (ISBN: 92-9088-227-1)*, 82.
- [15] J. P. U. J.L. Arciniegas, F. A, W.Y. Campo, R Euscategui, and X.A Garcia (2007, EDiTV: Educación virtual basado en televisión interactiva para soportar programas a distancia. Available: <http://www.unicauca.edu.co/EDiTV/docweb/EDiTV-G-1.1-V1.0.pdf>
- [16] W. Campo, "Análisis de Tráfico para una Red HFC Generado por la Distribución de Contenidos Educativos para la Televisión Digital Interactiva," Magister Investigación, Servicios Avanzados de Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán 2009.
- [17] C. P. Vega. 25 de agosto de 2010). Transmisión de Televisión Digital. Available: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Estandares%20de%20transmision%20digital.pdf>
- [18] ATSC. *ATSC Standard: Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable(PSIP)*. Available: www.atsc.org/cms/standards/a_65-2009.pdf
- [19] A. Susuki. Digital Terrestrial Television", Digital Terrestrial Television. Available: www.godigital.co.il/dttjapan.pdf

- [20] H. Ulrich. DVB—The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting. 94.
- [21] R. Karamchedu. Does China Have the Best Digital Television Standard on the Planet? (*Electronics/Standards – iee Spectrum*). Available: <http://spectrum.ieee.org/consumer-electronics/standards/does-china-have-the-best-digital-television-standard-on-the-planet>
- [22] C. N. d. Televisión, "HISTÓRICA DECISIÓN DE LA COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN," 2008.
- [23] MHP. *The MHP-Guide*. Available: <http://www.mhp-knowledgebase.org/publ/mhp-guide.pdf>
- [24] C. S. C. Yoonsik, and K. Heung-Nam. A Formal Specification of DSM-CC Interfaces. (*ETRI Computer & Software Technology Laboratory*). Available: www.cs.utep.edu/cheon/data/dsmcc-icact99.pdf
- [25] JDSU, "Reference Guide to Digital Video Technology, Testing and Monitoring," 2008.
- [26] CODE4TV. Curso Multimedia Home Plataform: Conceptos básicos de la Televisión Digital y MPEG2. Available: <http://www.code4tv.com/res/mhp112course/01-CODE4TV-MHP-INTRO2-TRANSMISION.pdf>
- [27] C. Marcos, "SIMULADOR DE LA CAPA FÍSICA DE DVB-T PARA LAVICAD," Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, 2008.
- [28] D. D. R. Sotelo, "Modulación Digital Aplicación a la Televisión Digital en DVB," Facultad Ingeniería, Universidad de Montevideo, Montevideo, 2008.
- [29] D. P. Office. *DVB-S*. Available: www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2_Factsheet.pdf
- [30] A. Delgado, "FLUJOS DE PROGRAMA Y DE TRANSPORTE MPEG-2 APLICACIÓN A DVB," DEPARTAMENTO DE ELECTROMAGNETISMO Y TEORÍA DE CIRCUITOS, E.T.S.I.T.M.
- [31] S. Morris, "An Introduction To Xlet."
- [32] D. P. Office. *DVB-T*. Available: http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T_Factsheet.pdf
- [33] C. N. d. Televisión, "Se realizó la primera emisión oficial de la señal de Televisión Digital Terrestre (TDT) en Colombia."
- [34] A. X. Reyes, *et al.*, "Una aproximación a la Televisión digital y el T-learning."
- [35] M. Corredor, "Manual de Programacion," ed, 2009, p. 33.
- [36] S. P. Partida, "Gestión de ambientes de aprendizaje constructivistas," *Revista Apertura*, vol. Volumen 6, pp. 8-21, Marzo 2011.
- [37] D. F. Rojas and E. O. Tulande, "Recomendaciones para la generación y distribución de contenidos educativos orientados a la Televisión Digital Interactiva," Anexo, Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, 2009.
- [38] T. Multimédia, "Estado Actual del estándar MHP," ed, 2005.
- [39] Gutierrez, "Arquitectura de la Plataforma MHP," ed, 2005.
- [40] U. e. al, "Arquitectura EDiTV," ed, 2008.
- [41] J. W. Castillo and F. A. Martínez, "Arquitectura Básica de un Navegador DVB-HTML para Múltiples Terminales," Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, 2009.
- [42] I. Cierco, "Diseño e Integración de un sistema de acceso condicional para TDT," A. Telecom, Ed., ed, 2008.
- [43] B. G. Haskell, *et al.*, *Digital video: an introduction to MPEG-2*: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [44] i. i. i. 13818-1, "International Standard - Generic coding of moving pictures and associated audio information," in *Information Technology*, ed: Part 1, 2000.

- [45] I. T. Web, "How To Become An Expert In DSM-CC," ed, Junio de 2006.
- [46] P. Cesar., "A Graphics Software Architecture for High-End Interactive TV Terminals," Tesis Ph.D., , Department of Computer Science and Engineering, Universidad Helsinki, Espoo, Finlandia, 2005.
- [47] J. Tique, G. Zemanate, J. L. Arciniegas, "Planificador Dinámico de Contenidos Multimedia y Servicios para T-Learning," 2011.
- [48] D. v. b. (DVB), "DVB. Digital video broadcasting (DVB)," in *Globally Executable MHP (GEM)*, ed: ETSI TS 102 819 v1.2.1, 2004.
- [49] D. T. A. M. Digital. *TV Digital Interactiva, Soluciones completas de interactividad para la TDT.* Available: http://www.activamultimedia.com/am/v_portal/apartados/pl_productos.php?te=23&idm=82)
- [50] ITEA. *WELLCOME (EUREKA-ITA2)*. Available: <http://www.itea-wellcom.org/>
- [51] G. Baruffa. *GB-DVB: DVB-T y otras herramientas de Simulacion.* Available: <http://dante.diei.unipg.it/~baruffa/dvbt/cdevelop.php>
- [52] J. L. A. X. Pañeda. *EDiTV: Educacion virtual basado en Television interactiva para soportar procesos de educacion a distancia.* Available: <http://www.unicauca.edu.co/EDiTV>
- [53] M. M. J. Martínez. (2008). *GUÍA PARA EL USUARIO DE LA TELEVISIÓN EN ALTA DEFINICIÓN.* Available: <http://www.televisiondigital.es/Terrestre/Documents/GuiaHD.pdf>
- [54] E. O. A. John Navas Herrera, Blakesless Suarez Muñoz, "Diseño De Un Sistema De Edicion Digital Utilizando Multimedia Sobre Ip Para Un Canal De Television," Escuela superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2005.
- [55] G. J. Myers, "The Art of Software Testing " vol. Second Edition, 2004.
- [56] P. Castells. Web semántica. Available: http://www.marcosmartinez.es/doc/practicas/1bach/web_semantica.pdf
- [57] M. V. D. Peñalosa, L. Iturri, "Propuesta para el Diseño de un Estudio de Alta Definición para Canal Once México," 2007.