

Desarrollo de un Analizador de Flujos Únicos de Paquetes de Transporte TS Conformados de Acuerdo a la Norma de TV Digital ISDB-Tb

Pozo M.*; Moncayo T.*; Bernal I.*; Mejía D.*

* Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información (DETRI)
Quito, Ecuador
(e-mail: pozocaicedom@gmail.com, tatiana_23.moncayo@hotmail.com, {ivan.bernal; david.mejia}@epn.edu.ec)

Resumen: Este artículo presenta una breve síntesis acerca de la estructura de los flujos únicos de paquetes de transporte TS, así como del desarrollo de la aplicación orientada al análisis de los mencionados flujos. La aplicación desarrollada permite el análisis de flujos únicos que contengan no solo múltiples flujos correspondientes a varias programaciones multiplexadas y de las tablas PSI/SI, sino también para flujos que contengan el código y los medios necesarios para que se difundan aplicaciones interactivas. Se presentan también los resultados obtenidos al emplear la aplicación desarrollada para el análisis de flujos generados por diferentes instituciones y empleando diferentes mecanismos.

Palabras clave: TS (Transport Stream), BTS (Broadcast Transport Stream), ISDB-Tb (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial con modificaciones brasileñas), Tablas PSI/SI (Program Information/Service Information).

Abstract: This article presents a short synthesis about the structure of single TS transport packet streams and the development of an application focused on analyzing the just mentioned type of streams. This new application allows analyzing not only single streams containing both multiples streams corresponding to several program signals all of them multiplexed with PSI/SI Tables but also unique flows that include the code and media necessary to broadcast interactive applications. The results obtained by employing this new application for analyzing streams generated by different institutions and using different mechanisms are also presented.

Keywords: TS (Transport Stream), BTS (Broadcast Transport Stream), ISDB-Tb (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial with Brazilian modifications), PSI/SI Tables (Program Information/Service Information).

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador adoptó el estándar ISDB-Tb para televisión digital en marzo de 2010, lo que ha iniciado un cambio tecnológico que afectará a la población ecuatoriana; en particular, este cambio demanda que se estudie y conozca en detalle el estándar en aspectos relacionados a la conformación de los flujos de las programaciones a transmitirse que incluirán audio, video, datos y aplicaciones multiplexados.

Se considera imperativo analizar la estructura de los flujos únicos de paquetes de transporte TS, para lo cual se debe considerar que el estándar ISDB-Tb utiliza para la multiplexación una parte del estándar MPEG-2, el esquema denominado *Transport Stream* (TS) [10] [11], usado para la

transmisión de información por satélite, cable y ondas terrestres. El TS contiene información de varios canales, por lo cual soporta diferentes bases de tiempo, utiliza paquetes pequeños, de tamaño fijo, y debido a la susceptibilidad del TS al ruido, incluye métodos para corrección y detección de errores (CRC, Reed-Solomon).

Se conoce que existen aplicaciones y equipos comerciales cuya función es el análisis de los TS (*Transport Stream*) de MPEG-2, empleados en ISDB-Tb, así por ejemplo: el software TSReader y el TS-7815 MPEG-2 TS *Portable Analyzer*, de la empresa Astro que se comercializan a un precio elevado.

Sin embargo, a la fecha de inicio del proyecto no se conocía de una aplicación de software libre que analice los flujos únicos de paquetes de transporte TS definidos por el estándar ISDB-Tb, por lo que el desarrollo de una nueva aplicación aportará en esta dirección y será de utilidad en la configuración de los transmisores que acepten estos flujos para transmitirlos.

Artículo recibido el 12 de diciembre de 2014. Este trabajo fue financiado por la Escuela Politécnica Nacional y con el soporte del MINTEL en el marco de las "Iniciativas sobre TV Digital" (<http://ginga.epn.edu.ec>) que se desarrollan en el DETRI bajo la dirección de David Mejía, MSc. e Iván Bernal, Ph.D. Información de contacto: Iván M. Bernal, e-mail: ivan.bernal@epn.edu.ec, Tel: 593-2-2507-144 ext.2338. Escuela Politécnica Nacional. Ladrón de Guevara E11 - 253. Quito, Ecuador.

Para poder desarrollar una aplicación que analice los flujos en mención, se debe a su vez analizar en detalle la estructura tanto del TS de MPEG-2 así como la del BTS (*Broadcast Transport Stream*), ambos empleados en el estándar ISDB-Tb, centrándose en los diferentes campos de control y sus funciones [9] [13].

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una breve descripción de los TS, flujos únicos de paquetes de transporte TS, de los BTS, y de las tablas PSI/SI; en la sección 3 se presentan las herramientas utilizadas para la implementación de la aplicación para el análisis de los flujos únicos de paquetes de transporte TS y la idea fundamental seguida para su desarrollo. En la sección 4 se describe la interfaz gráfica de la aplicación y las tareas que un usuario puede realizar con la misma. En la sección 5 se presentan los resultados obtenidos con la aplicación desarrollada. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones del trabajo.

2. TRANSPORT STREAM Y BTS

Como se presenta en la Fig. 1 [8], para el caso de una sola programación, para obtener un paquete TS, el audio y el video pasan por un proceso de codificación y compresión MPEG-4, formando cada uno de ellos un flujo elemental de información denominado ES (*Elementary Stream*). Un ES, sea de audio o video, pasa por un paquetizador, que convierte un ES en un PES (*Packetized Elementary Stream*), además el estándar MPEG soporta la paquetización de otro tipo de información adicional (datos).

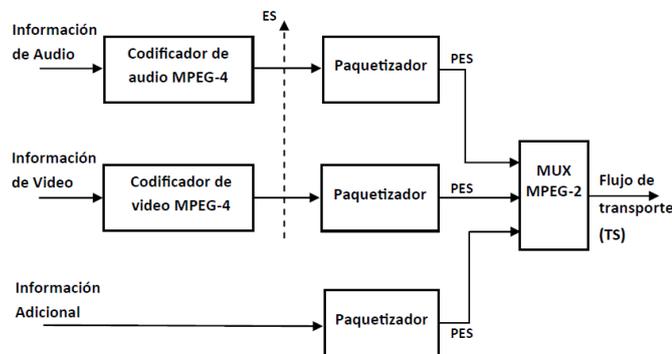


Figura 1. Conformación del Flujo de Transporte (*Transport Stream*)

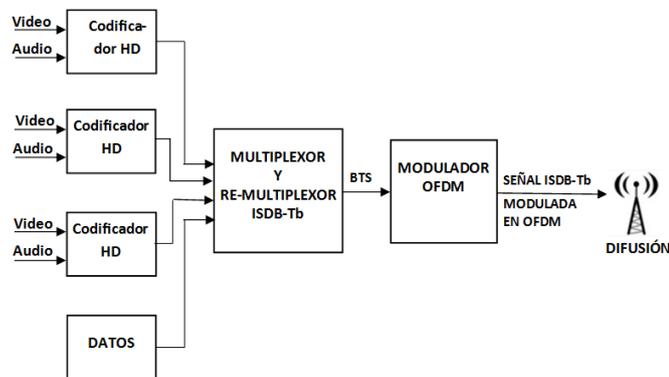


Figura 2. Conformación del BTS con varias programaciones

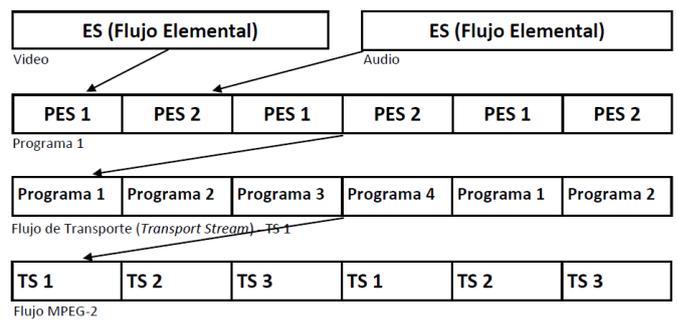


Figura 3. Conformación del TS con varias programaciones

Los paquetes PES contienen información de los ES y son de tamaño variable, con una longitud máxima de 64 Kbytes de carga útil y 6 bytes de cabecera [13]. Luego de tener los paquetes PES de audio, video y datos, se procede a su multiplexación para combinarlos en un solo flujo de paquetes de longitud constante (188 bytes) denominados paquetes TS.

En el estándar ISDB-Tb, para formar la trama *Broadcast Transport Stream* (BTS), varios programas pueden ser remultiplexados (Fig. 2 y 3 [4]) junto con datos que pueden ser de aplicaciones interactivas a radiarse. El BTS tiene como unidad básica el TSP (*Transport Stream Packet*) que tiene un tamaño fijo de 204 bytes.

El flujo BTS (Fig. 2) incluye un proceso de codificación Reed Solomon realizado en el transmisor, por lo que se aclara que la aplicación desarrollada analiza el flujo previo a este proceso de codificación, que en el estándar se denomina "flujo único de paquetes de transporte TS".

De los 88 bytes del paquete TS, 4 son de cabecera y el resto corresponde a información, como se muestra en la Fig. 4 [7].

2.1 Cabecera del paquete TS

En la cabecera del paquete TS (Fig. 4) se tiene: un byte de sincronismo; luego, viene un conjunto de tres banderas para indicar cómo debe procesarse la carga útil: un bit de error de transporte, que si está en 1L indica la existencia de al menos un bit erróneo no corregido dentro del paquete; el bit indicador de inicio de paquete PES, que si está en 1L señala que la carga útil del paquete TS contiene el inicio de un paquete PES; y, el bit de prioridad de transporte, que si está en 1L indica que este paquete tiene mayor prioridad que otros con el mismo identificador de paquete.

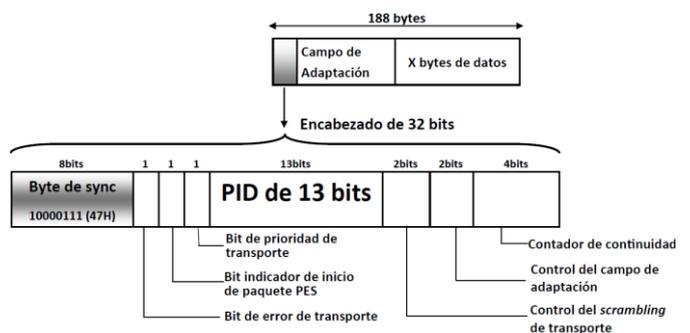


Figura 4. Estructura de un paquete TS

Luego de estas banderas, se tienen 13 bits del PID (*Packet Identifier*), que especifica el tipo de información que se encuentra en la carga útil. A continuación del PID se tienen dos bits para el control del *scrambling* de transporte, que indican el modo de *scrambling* de la carga útil del paquete TS, la cabecera y el campo de adaptación no deben tener *scrambling*; en caso de un paquete nulo, este campo debe tener el valor 00, las demás combinaciones son definidas por el usuario. Los siguientes dos bits de control indican si a continuación de la cabecera se tendrá un campo de adaptación y/o carga útil. Por último, el contador de continuidad se incrementa con cada paquete del mismo PID y no se incrementa cuando no existe información en el bloque de datos del paquete, es decir que el paquete solo tiene un campo de adaptación más no información o es un paquete a ser descartado.

De forma análoga a los PES, se tienen las denominadas Secciones que son paquetizadas y transportadas en los paquetes TS. Una Sección encapsula las tablas PSI/SI y carrusel de datos para organizar la transmisión de las aplicaciones interactivas y sus medios.

2.2. Tablas PSI/SI [9] [10]

Las tablas PSI/SI (*Program Specific Information/Service Information*), contienen datos con información del TS para que sea recibido correctamente en el decodificador, y así poder localizar tanto el video como el audio de cada programación; además, permiten la sintonización automática de los terminales, creación de la guía electrónica de programación (EPG), entre otros.

Tablas PSI

Las tablas PSI están definidas en la norma MPEG-2, proveen información específica de uno o varios programas que fueron multiplexados y su función principal es ayudar en la demultiplexación y la presentación de la información en el decodificador. Las tablas que contribuyen con información específica del programa son:

- *Program Association Table* (PAT): proporciona la correspondencia entre el número de programa y los paquetes de audio, video y datos que lo componen.
- *Program Map Table* (PMT): define los PID que identifican los flujos individuales que constituyen un programa.
- *Conditional Access Table* (CAT): empleada para definir los accesos en servicios del tipo *pay-per-view*.

Tablas SI

Las tablas SI funcionan como complemento de las tablas PSI, permiten el control del receptor y el envío de la EPG, aplicaciones interactivas, entre otros servicios. Por esta razón

se las llama tablas de servicios de información. Las tablas SI especificadas en la norma ABNT NBR 15603-1 son 15, las que brindan más información se citan a continuación, mientras que las restantes se las puede encontrar en [5] y [10].

- *Network Information Table* (NIT): ayuda en la sintonización de un nuevo canal.
- *Service Description Table* (SDT): describe los servicios contenidos en el TS, los nombres de proveedores, los nombres de los canales.
- *Application Information Table* (AIT): contiene información sobre la aplicación interactiva.

Una descripción detallada de los parámetros contenidos en cada una de las Tablas PSI/SI, incluyendo su semántica y utilidad, se puede encontrar en [9] [10] [11], y algunos de ellos se enumeran en varias figuras de la sección 5.

2.3 BTS (Broadcast Transport Stream)

En el estándar ISDB-Tb, audio, video y datos deben ser multiplexados formando el *Transport Stream* (TS) y todos los programas deben ser re-multiplexados para formar el flujo único de paquetes de transporte TS, el cual después de realizar un proceso de codificación a la salida del re-multiplexor pasa a formar parte de la señal *Broadcast Transport Stream* (BTS) (Fig. 5 [2]).

Mediante la re-multiplexación, el estándar ISDB-T consiguió adaptar el TS de MPEG-2 de tal manera que funcione para transmisión jerárquica y recepción parcial.

La señal BTS está formada por tramas multiplexadas que se transmiten a una tasa constante de 32,5079 Mbps, cuya unidad básica es el TSP (*Transport Stream Packet*) que tiene un tamaño de 204 bytes, como se observa en la Fig. 5.

Los flujos únicos de paquetes de transporte TS, antes de ser encaminados a su destino, pasan por un proceso de codificación, se agregan 16 bytes denominados “*dummy bytes*”, de los cuales los 8 primeros bytes son para identificar la información de la capa jerárquica, contador de TSP e información auxiliar, y los 8 restantes identifican la paridad que se obtiene del codificador Reed-Solomon RS(204,188), con una capacidad de corrección de error de hasta 4 bytes en un TSP.

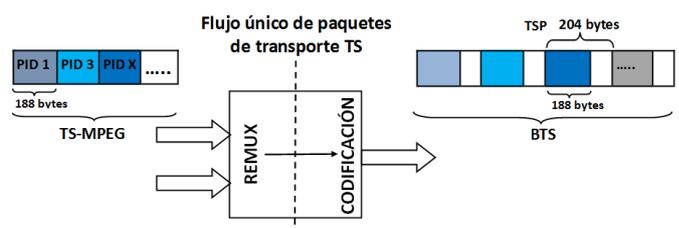


Figura 5. Re-multiplexación del Flujo de Transporte (*Transport Stream*)

Tabla 1. Características de la PC utilizada para desarrollo y pruebas

Tipo	Características
Sistema Operativo	Ubuntu 12.04
Procesador	Intel Core i7-3770 CPU 3.40 GHz de 4 núcleos.
Memoria RAM	4 GB
Espacio en Disco	88 GB
Pantalla	Resolución: 1920 x 1280, colores de 64 bits.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Plataforma de desarrollo y lenguaje de programación

El Analizador de Flujos Únicos de Paquetes de Transporte TS, en adelante denominado como “Analizador de Flujos”, fue desarrollado mediante Qt, software libre y multi-plataforma, que permite el diseño gráfico de la interfaz de usuario de una manera sencilla mediante Qt Designer. Qt utiliza C++ de forma nativa, su distribución está bajo los términos GNU LGPL 2.1 (*Lesser General Public License*). Si bien, por la naturaleza multi-plataforma de Qt, se la puede compilar y ejecutar Windows o en Linux, se ha utilizado Linux bajo las condiciones descritas en la Tabla 1.

La aplicación Analizador de Flujos requiere:

- Instalación previa de Qt Creator 4.8.4 (mínimo).
- Una carpeta con todos los archivos de la aplicación para su correcta compilación.

3.1.2 Normas técnicas

Para realizar el presente trabajo se tomaron valores y recomendaciones especificadas en varias normas técnicas para TV, así:

- De Brasil, la ABNT (Asociación Brasileña de Normas Técnicas) ha sido la encargada de emitir las normas técnicas del estándar ISDB-Tb; nuestro trabajo se rige a la norma técnica ABNT NBR 15602 y 15603.
- El estándar MPEG -2.

3.2 Métodos

Qt está basado en C++ y se puede aprovechar los paradigmas y metodologías asociadas a un lenguaje de programación orientada a objetos y la organización del código de la aplicación se basa en clases. La aplicación emplea dos hilos de ejecución, uno para manejar la interfaz de usuario y otro para realizar el procesamiento del archivo .ts.

Una vez abierto el archivo .ts, se lee la tabla PAT (188 bytes) y su contenido se guarda en un buffer, luego se extraen los bytes del buffer según su posición y se procede a clasificar esta información para ser presentada; de esta tabla se obtienen la información del número de servicios que contiene el flujo único de paquetes y los PID de las tablas PMT.

Finalmente, se llama a un método que procese todo lo restante. Este método lee todos los paquetes del archivo de la

siguiente forma: se lee los cuatro primeros bytes del encabezado y se discriminan; si son datos de las tablas PSI/SI se procede a la lectura completa de los bytes restantes (184 bytes) y se los guarda en un buffer para cada tabla PSI/SI (NIT, SDT, etc.), caso contrario se procede a la lectura del siguiente paquete, es decir, en el caso de que la carga útil sea audio o video no se lee la carga útil del paquete correspondiente; esto ayuda a que el proceso de lectura del archivo completo no tome mucho tiempo. Además, cada tabla contiene un contador que ayuda con el número total de tablas contenidas en el archivo .ts.

Finalmente, se procede a llamar a los diferentes métodos que dependiendo del número de servicios que contenga el archivo. Para cada caso, se debe verificar si el archivo .ts contiene o no una aplicación, se procede a extraer los datos del buffer en donde se almacenó lo leído, se clasifica y procesa la información según la estructura de la tabla PMT para luego ser presentada en la interfaz gráfica; de forma similar, se realiza el procesamiento para las tablas SDT y NIT.

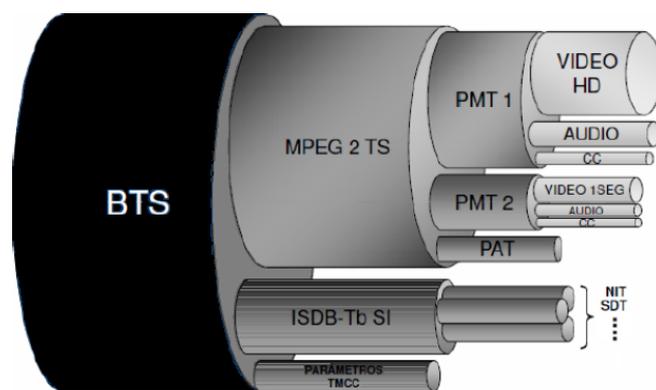
La Fig. 6 muestra una visión de la composición de la señal BTS, incluyendo los elementos encapsulados en la misma y que sirve como base para la conceptualización y el desarrollo del programa [1] [6].

4. APLICACIÓN ANALIZADOR DE FLUJOS ÚNICOS DE PAQUETES DE TRANSPORTE TS

La interfaz de la aplicación despliega en pantalla la información encontrada dentro de las tablas PSI/SI, que han sido multiplexadas para formar el flujo.

Los objetivos del Analizador de Flujos son:

- Utilizar software libre para el desarrollo de la aplicación.
- Desarrollar una interfaz gráfica que sea fácil de utilizar.



- PAT (Tabla de Asociación del Programa)
- PMT (Tabla de Mapeo del Programa)
- SDT (Tabla de Descriptores de Servicio)
- NIT (Tabla de Información de la Red)
- CC (Subtítulos)
- TMCC (Control de Configuración de la Multiplexación de la Transmisión)

Figura 6. Encapsulamiento BTS

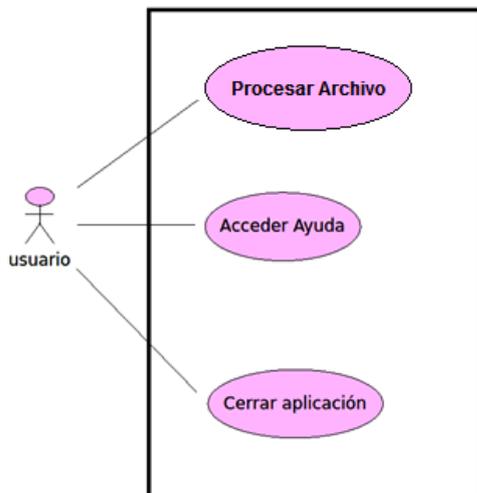


Figura 7. Diagrama de casos de uso para el Analizador de Flujos

- Brindar la información del flujo único de paquetes de transporte TS al usuario.
- Presentar información organizada de forma clara al usuario.
- Disponer de un manual de usuario en caso de necesitar información adicional sobre el programa.

Considerando los objetivos del Analizador de Flujos se lo puede modelar de acuerdo al diagrama UML de casos de uso (Fig. 7). El usuario puede ser cualquier persona que interactúe directamente con el Analizador de Flujos. En la Tabla 2 se detalla cada caso de uso y las actividades que debe realizar el sistema.

Tabla 2. Casos de uso del Analizador de Flujos

Caso de uso	Sistema
Procesar archivo	Abrir diálogo para cargar archivo a ser analizado. Abrir el archivo para dejarlo listo para su lectura. Leer el archivo hasta encontrar una tabla PAT y extraer información de ésta. Leer todo el archivo bit a bit guardando información de tablas en buffers. Ordenar y procesar la información de cada tabla para luego ser presentada. Presentar la información procesada en diferentes pestañas para que el usuario la pueda visualizar.
Acceder Ayuda	Presentar un manual de ayuda.
Cerrar Aplicación	Finalizar proceso y cerrar ventana principal.

4.1 Ventanas y diálogos

Al iniciar la aplicación, el Analizador de Flujos presenta la pantalla principal (Fig. 8) donde se encuentra diferentes campos que serán descritos a continuación:

1. Botón buscar: permite desplegar una ventana, en donde el usuario debe escoger el flujo único de paquetes de transporte TS a ser analizado, este archivo debe tener extensión (.ts).
2. Directorio: en este espacio se muestra el directorio completo del archivo .ts seleccionado.
3. Tamaño del archivo: se muestra el tamaño en bytes del archivo analizado.
4. Número de paquetes: en este campo se visualiza el número de paquetes TS encontrados.

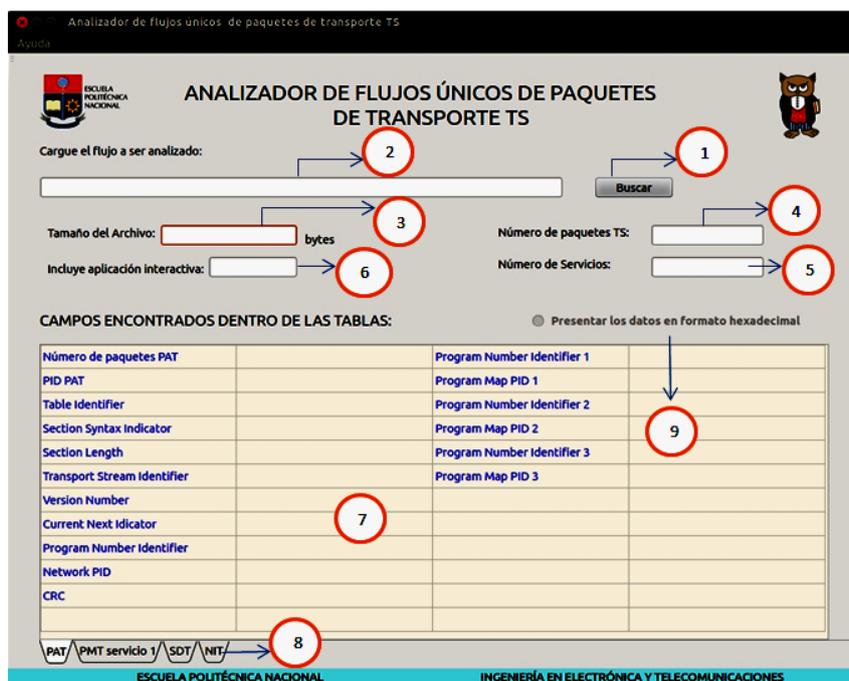


Figura 8. Ventana principal de la aplicación

5. Número de servicios: en este campo se muestra el número de servicios (programaciones) que tiene el archivo analizado.
6. Incluye aplicación interactiva: indica si el archivo analizado incluye o no una aplicación interactiva.
7. Muestra de datos: se presenta toda la información encontrada en las diferentes tablas tales como [5]:
 - PAT (*Program Association Table*)
 - PMT (*Program Map Table*)
 - SDT (*Service Descriptor Table*)
 - NIT (*Network Information Table*)
8. Pestañas que permiten con facilidad desplegar la información contenida en las tablas.
9. Formato hexadecimal: permite pasar la información desplegada en las tablas a formato hexadecimal.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación, se realizaron varias pruebas usando flujos contenidos en archivos .ts obtenidos de diversas fuentes:

- Flujos obtenidos por software empleando la aplicación: “Generador de flujos únicos de paquetes de transporte TS” [12], escrita también por el grupo de trabajo de TV Digital de la Escuela Politécnica Nacional que desarrolló el Analizador de Flujos que se describe en este artículo. Esta aplicación provee una interfaz gráfica a un proceso de generación basado en ffmpeg y OpenCaster. Con la aplicación desarrollada se puede fácilmente generar flujos con un número variado de servicios o programaciones, y se puede incluir aplicaciones interactivas. Los flujos obtenidos con el generador son comprimidos con MPEG-2 por lo que se requiere de una transcodificación a

MPEG-4 antes de ser transmitidos. Para tener la garantía de que estos flujos fueron adecuadamente generados, y contrastar con los resultados proporcionados por el Analizador de Flujos, se utilizó un transmisor para ISDB-Tb (DEKTEC DTU-215-I-SP), controlado desde una PC con el programa StreamXpress que permite modificar distintos parámetros para la transmisión. Al transmisor se conecta un decodificador o STB (Set Top Box), el cual a su vez entrega la señal decodificada a un televisor (Fig. 9).

- Otros flujos fueron obtenidos de grupos de investigación en TV Digital locales e internacionales. Así, flujos de la ESPE y del laboratorio LIFIA de Argentina, de tal manera de comprobar que la aplicación desarrollada los pueda procesar y presentar la información correctamente.

5.1 Pruebas de funcionamiento con el Analizador de Flujos

Las pruebas se realizaron empleando numerosos flujos con y sin aplicaciones interactivas incluidas, y conteniendo una o varias programaciones, las cuales estaban codificadas en definición baja, estándar y alta. A continuación se presentan un par de los resultados obtenidos.

La Fig. 10 indica información sobre la tabla PAT encontrada en un flujo único de paquetes generado con el “Generador de flujos”, que incluye tres servicios; además se puede visualizar las pestañas correspondientes a las tablas PMT de cada servicio, así como las pestañas de las tablas NIT y SDT.

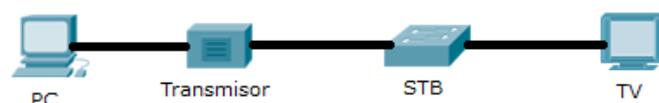


Figura 9. Escenario de pruebas de los flujos únicos de paquetes de transporte TS generados

ANALIZADOR DE FLUJOS ÚNICOS DE PAQUETES DE TRANSPORTE TS

Cargue el flujo a ser analizado:

/home/tesis/Escritorio/1706/SDHDL/varioidsdhd.fixed.ts

Tamaño del Archivo: 793360188 bytes Número de paquetes TS: 4220001

Incluye aplicación interactiva: NO Número de Servicios: 3

CAMPOS ENCONTRADOS DENTRO DE LAS TABLAS: Presentar los datos en formato hexadecimal

Número de paquetes PAT	2119	Program Number Identifier 1	e760
PID PAT	0	Program Map PID 1	407
Table Identifier	0	Program Number Identifier 2	e761
Section Syntax Indicator	1	Program Map PID 2	408
Section Length	19	Program Number Identifier 3	e762
Transport Stream Identifier	73b	Program Map PID 3	409
Version Number	1		
Current Next Indicator	1		
Program Number Identifier	0		
Network PID	10		
CRC	5c98cf85		

PAT / PMT Servicio 1 / PMT Servicio 2 / PMT Servicio 3 / SDT / NIT

Figura 10. Prueba realizada a un flujo con tres servicios

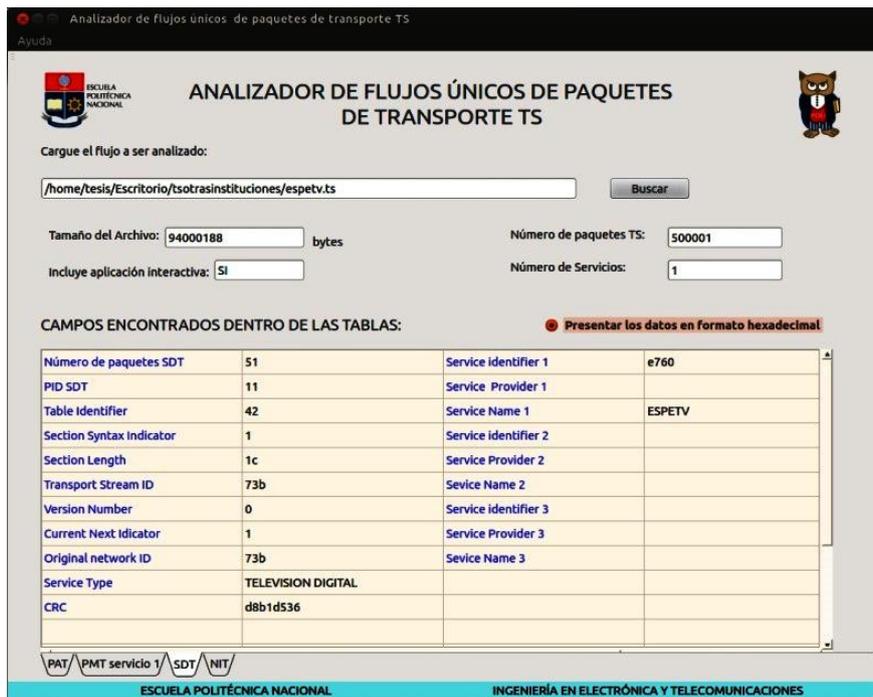


Figura 11. Prueba realizada a un flujo que incluye interactividad

La Fig. 11 presenta información sobre la tabla SDT encontrada dentro del flujo único de paquetes de transporte TS, que incluye una aplicación interactiva; cabe recalcar que este archivo .ts fue realizado por la ESPE y la Universidad SEK como parte de su trabajo en televisión digital, la información de las tablas PSI/SI restantes, se encuentra dentro de las distintas pestañas de la ventana principal.

CAMPOS ENCONTRADOS DENTRO DE LAS TABLAS:

Número de paquetes PAT	Program Number Identifier 1
PID PAT	Program Map PID 1
Table Identifier	Program Number Identifier 2
Section Syntax Indicator	Program Map PID 2
Section Length	Program Number Identifier 3
Transport Stream Identifier	Program Map PID 3
Version Number	
Current Next Indicator	
Program Number Identifier	
Network PID	
CRC	

PAT

Figura 12. Ventana principal con información de la tabla PAT

En las Fig. 12 a 15 se presentan los parámetros encontrados para un flujo de los utilizados para las pruebas para las tablas: PAT, PMT, SDT y NIT. Para tener una noción del conjunto de valores que se presentan en las figuras, se debe considerar el material introductorio de la sección 2 y algunos aspectos adicionales que se mencionan a continuación para revisar, como ejemplos, algunos de los valores presentados en cada tabla; detalles adicionales sobre los campos de las tablas pueden encontrarse en [5].

La Fig. 12 presenta valores correspondientes a la PAT; esta tabla contribuye con información específica de cada programa, relaciona el número de programa y los PID de la tabla PMT. Por ejemplo, uno de los valores corresponde al *Transport_stream_id*, que es un campo de 16 bits, cuya función principal es proveer un número de identificación a un TS, este valor debe ser definido por el usuario. Otro de los campos es el *Current_next_indicator* que es un indicador de 1 bit, que informa al sistema cuando una tabla PAT es válida o no; si este bit tiene el valor de 1L, el sistema toma la tabla PAT como válida, caso contrario, el sistema debe esperar obligatoriamente por la siguiente tabla PAT válida.

La Fig. 13 presenta los valores obtenidos para la PMT; esta tabla define los PID que identifican los flujos individuales de audio, video, y datos, así el receptor puede localizar y decodificar el contenido de los distintos programas. Entre los valores indicados en la Fig. 13, se indica que el campo *Stream_type* corresponde uno a audio y otro a video y en cada caso se indica el valor del *Elementary PID* (2065 y 2075); este campo identifica el *elementary stream* asociado a la señal del programa, es decir identifica a los TS que llevan audio, video o datos.

CAMPOS ENCONTRADOS DENTRO DE LAS TABLAS:

Número de paquetes PMT 1	4117	Program Information Length	0
PID PMT1	1031	Stream Type	Video conforme ITU H.262
Table Identifier	2	ES PID	2065
Section Syntax Indicator	1	ES Information Length	0
Section Length	23	Stream Type	Audio conforme ISO IEC 11172-3
Broadcasting Program ID	59232	ES PID	2075
Version Number	0	ES Information Length	0
Current Next Indicator	1	CRC	1254181081
PCR_PID	2064		

PMT servicio 1

Figura13. Ventana principal con información de la tabla PMT

CAMPOS ENCONTRADOS DENTRO DE LAS TABLAS:

Número de paquetes SDT	824	Service identifier 1	59232
PID SDT	17	Service Provider 1	
Table Identifier	66	Service Name 1	TMSD
Section Syntax Indicator	1	Service identifier 2	
Section Length	26	Service Provider 2	
Transport Stream ID	1851	Service Name 2	
Version Number	0	Service identifier 3	
Current Next Indicator	1	Service Provider 3	
Original network ID	1851	Service Name 3	
Service Type	TELEVISION DIGITAL		
CRC	3272253538		

SDT

Figura 14. Ventana principal con información de la tabla SDT

Los valores obtenidos para el flujo de prueba presentados en la Fig. 14 corresponden a los valores obtenidos para la SDT; estos valores de la tabla definen los servicios en una red de transmisión de la estación televisora y puede describir un servicio de la red actual o un servicio de otras redes. Como ejemplo, el campo *Original_network_id* es un campo de 16 bits que especifica la red de origen del TS, debe tener el mismo valor del campo *network_id* de la Tabla NIT. Otro elemento presentado en la tabla de la Fig. 14 es el *service_type* y especifica el tipo de servicio, por ejemplo, 0x01 indica que el tipo de servicio es de Televisión Digital.

Los valores de la NIT se proporcionan en la Fig. 15; estos valores brindan una visión de la organización física de los diferentes TS dentro de una misma red de transmisión de una estación televisora y sus características. Su función principal es la de ayudar en la sintonización de un nuevo canal. Entre los campos se tiene el *Network_id* que contiene el valor único de identificador de la red, este número debe ser proporcionado por la entidad regulatoria del país. Otro campo, el *Transport_stream_id* es un campo que se utiliza como identificador de TS para diferenciarlo de cualquier otro dentro del sistema de transmisión. Con ayuda de descriptores se proporciona información adicional, por ejemplo,

Area_code es un campo que indica el código del área de donde se transmite el servicio, este código debería ser proporcionado por la entidad reguladora del país.

6. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de la aplicación “Analizador de Flujos Únicos de Paquetes de Transporte TS”, se utilizó Qt y se evidenció que esta herramienta facilitó el desarrollo de las interfaces gráficas de esta aplicación mediante Qt Designer, que realiza su tarea sin necesidad de líneas de comando.

Para cumplir con los objetivos de este proyecto se realizó un análisis exhaustivo de la estructura y organización de los datos dentro de un paquete de transporte TS, además de un estudio y posterior dominio de la estructura de las tablas PSI/SI y de los descriptores dentro de éstas, toda esta información fue indispensable para el desarrollo de la aplicación “Analizador de Flujos”.

Para la verificación del correcto funcionamiento de la aplicación “Analizador de flujos”, se utilizaron distintos flujos realizados con la aplicación “Generador de flujos únicos de paquetes de transporte TS” [12] y flujos generados por otras personas e incluso por otras instituciones, en todos los casos el analizador desplegó la información contenida dentro de los flujos de manera correcta, corroborando también de esta manera que está cumpliendo con su función.

Ante la necesidad de continuar en el camino hacia el apagón analógico y no quedarse solo a la espera del avance y experiencias de otros países, es imperativo el desarrollo de aplicaciones como la presentada en este artículo que requieren un dominio del estándar y tener un conocimiento más profundo sobre la temática de TV Digital para poder implementarlas pero que, finalmente, serán de mucha utilidad para la configuración de transmisores y pruebas de aplicaciones interactivas.

La aplicación desarrollada es parte de las herramientas fundamentales que se emplean en el Laboratorio de TV Digital que mantiene los autores en donde se manejan aspectos tanto de transmisión así como de interactividad.

CAMPOS ENCONTRADOS DENTRO DE LAS TABLAS:

Número de paquetes NIT	824	Area Code	1341
PID NIT	16	Guard Interval	1/16
Table Identifier	64	Transmission Mode	Modo 3
Section Syntax Indicator	1	Channel	24
Section Length	59	Frecuency [MHz]	533.143
Network ID	1851	Remote Control Key ID	5
Version Number	0	TS Name	TMTV
Current Next Indicator	1	Service Number	1
Network name	LIFIATV	Service ID 1	59232
Transport Stream ID	1851	Service ID 2	
Original Network ID	1851	Service ID 3	
CRC	2912946106		

NIT

Figura 15. Ventana principal con información de la tabla NIT

REFERENCIAS

- [1] G. Toledo and N. Ricardo, "Análisis del Transport Stream para el estándar de televisión digital ISDB-TB," Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, ESPE, Sangolquí, Ecuador, 2011.
- [2] INTI - Instituto Nacional de Tecnología Industrial, "Introducción a la TV digital. Estándar ISDB-T," [Online]. Octubre 2011.
Disponble:<http://www.inti.gob.ar/electronicaeinformatica/utc/pdf/ISDBT-2011.pdf>. Último acceso: 28 marzo 2015.
- [3] LIFIA, OpenCaster 2.4. [Online]. Disponible: <ftp://tvd.lifia.info.unlp.edu.ar/OpenCaster2.4/>. Último acceso: 28 marzo 2015.
- [4] LIFIA, "OpenCaster para SATVD-T," Facultad de Informática. UNLP Argentina, Mayo 2011. [Online]. Disponible: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/TVD/manuales/Gu%C3%ADa%20de%20OpenCaster%20Versi%C3%B3n%20Lifia.pdf>. Último acceso: 28 marzo 2015.
- [5] M. Pozo y T. Moncayo, "Generación del flujo único de paquetes de transporte TS de acuerdo a la norma ISDB-Tb y desarrollo de una aplicación para su análisis," Tesis, Dept. de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014.
- [6] O. Nunzio, "Fase de implementación Definitiva TV Pública," 2010. [Online]. Disponible: http://www.encuentrosregionales.com/antiores/14conferencias/encreg2010_seminario_tvdigital-canal7_nunzio_parte2.pdf. Último acceso: 28 marzo 2015.
- [7] R. Brice, *Newnes Guide to Digital TV*. 2nd ed, Ed. Oxford: Newnes, 2003.
- [8] R. de Bruin and J. Smits, *Digital Video Broadcasting: Technology, Standards, and Regulations*. Ed. Artech House, 1999, pp. 153.
- [9] Televisión Digital Terrestre - Codificación de video, audio y multiplexación, Parte 3: Sistemas de multiplexación de señales, Asociación Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 15602-3, 2007.
- [10] Televisión Digital Terrestre - Multiplexación y servicios de información (SI) Parte 1: SI del sistema de radiodifusión, Asociación Brasileira de Normas Técnicas ABN NBR 15603-1, 2007.
- [11] Televisión Digital Terrestre - Multiplexación y servicios de información (SI) Parte 2: Estructura de datos y definiciones de la información básica de SI, Asociación Brasileira de Normas Técnicas ABN NBR 15603-2, 2007.
- [12] T. Moncayo, M. Pozo, D. Mejía e I. Bernal, "Generador de Flujos Únicos de Paquetes de Transporte TS en base a la Norma ISDB-Tb," *Revista Politécnica*, vol. 35, no. 1, 2015.
- [13] VBRICK, "MPEG-2 Transport vs. Program Stream," 2009. [Online]. Disponible:http://www.vbrick.com/docs/VB_WhitePaper_TransportStreamVSProgramStream_rd2.pdf. Último acceso: 28 marzo 2015.