

# Análisis de predicción de cobertura de una red ISDB-Tb utilizando Gap-Fillers para entornos metropolitanos

José Gonzáles Quito, Edwar Velarde Allazo, Jorge Mogrovejo Carpio

jose.gonzales@ucsp.edu.pe, evelarde@ucsp.edu.pe, jmogrovejo@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Perú

Campus Campiña Paisajista s/n Quinta Vivanco, Barrio de San Lázaro

Arequipa - Perú

**Resumen:** En el presente artículo, se lleva a cabo una breve descripción acerca de Televisión Digital Terrestre y el estándar adoptado por Perú mediante el estudio de cobertura de un transmisor bajo el estándar ISDB-Tb. Los parámetros utilizados en este estudio han sido propuestos para la inserción de Televisión Digital Terrestre a partir de la infraestructura existente de TV analógica. El caso de estudio mostró la existencia de diferentes zonas de sombra y se brindó la solución mediante la inserción de Gap-Fillers. Adicionalmente, este artículo presenta el resultado de mediciones de campo reales comparados con simulaciones realizadas para Televisión analógica y Televisión Digital Terrestre. Se utilizó la recomendación ITU-R P.525 para simulación de predicción de cobertura y se empleó la recomendación ITU-R P.1546 como herramienta teórica.

**Abstract:** The present article, carries out a brief description of Digital Terrestrial Television and the already adopted standard by Peru, both by studying the coverage of a transmitter under the ISDB-Tb standard. The parameters used in the study have been proposed for the inclusion of Digital Terrestrial Television from the existing analog TV infrastructure. The study showed the existence of different shade area, it also provided the solution by inserting Gap-Fillers. Finally the article presents the results of real field measurement, the ones that were compared with analog TV and Digital Terrestrial Television simulations. For coverage prediction simulation was used the ITU-R p.525 recommendation and as a theoretical tool the ITU-R P.1546 recommendation.

**Palabras clave:** ISDB-Tb, Gap-Filler, Cobertura, Simulación.

## 1. Introducción

La forma actual en que conocemos la televisión está evolucionando hacia una nueva plataforma que ofrece a los usuarios nuevos servicios, los cuales están ligados a la era digital. La televisión que conocemos ya no es la misma debido a los avances tecnológicos debido a que esta última nos permite disfrutar de un mayor número de canales con mejor calidad de vídeo, audio y datos que nos ofrece la interactividad en nuestros televisores.

Actualmente, la emisión de señales de televisión analógica en diferentes ciudades presenta problemas, debido a efectos del multitrayecto (dobles imágenes, ruido en el audio y desfase en la subportadora de color), como también la orografía presentada que genera zonas de sombra que no permite una adecuada recepción de las señales de televisión.

Este artículo demanda un estudio de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre, apoyado en mediciones de campo de la señal de televisión analógica, para localizar las posibles zonas de sombra y brindar soluciones mediante la inserción de Gap-Fillers. El trabajo de este artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección 2, se presenta el marco teórico, la sección 3 describe los experimentos y resultados y, finalmente, en la sección 4, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## 2. Televisión Digital Terrestre

### 2.1. El estándar ISDB-Tb

La señal ISDB-Tb se encuentra modulada por Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM).

Esta modulación distribuye el flujo de datos binarios en una gran cantidad de frecuencias estrechamente separadas entre sí, esto para evitar la interferencia entre portadoras (ICI). La separación en frecuencia responde al principio de ortogonalidad el cual constituye la esencia del principio de funcionamiento del sistema. Este principio permite recuperar parte de la señal transmitida a partir de las frecuencias que no hayan sufrido alteración debido a los efectos de la propagación en el trayecto. Para recuperar los datos restantes, se añaden códigos de protección a los datos digitales. Estos códigos permiten detectar y corregir los datos presentes en las frecuencias que hayan sido alteradas debido al trayecto [Arisa, 2010].

Las portadoras pueden ser moduladas en diferentes esquemas con unos pocos bits (2-6). Para ISDB-Tb tenemos: 2 bits QPSK y DQPSK, 4 bits para 16-QAM y 6 bits para 64-QAM. Una de las diferencias claves en la codificación es el uso de MPEG-4 (AVC/H.264) para vídeo y AAC para audio respecto al estándar japonés (ISDB-T). Este sistema permite organizar la información a transmitir en tres capas jerárquicas, motivo por el cual el canal se ha dividido en segmentos convirtiéndolo en un sistema de banda segmentada. De tal manera que los servicios que presenta el sistema son: servicio de banda angosta "one-seg", servicio de HDTV y servicio de SDTV [Pisciotta, 2010], [Furht, 2008]. ISDB-Tb se ha vuelto uno de los estándares de televisión digital terrestre ampliamente usado en Latinoamérica. Los países que han adoptado el estándar en Latinoamérica son: Brasil, Perú, Argentina, Chile, Venezuela, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, Bolivia, Nicaragua y Uruguay [Rodríguez, 2010].

Las principales características del estándar ISDB-Tb son resumidas en la tabla 1:

Tabla 1. Características del estándar ISDB-Tb.

Características del estándar ISDB-Tb	
Sistema	ISDB-Tb
Modo de codificación de vídeo	MPEG-4 (AVC/H.264)
Modo de codificación de audio	MPEG-2 – AAC audio
Modo de scrambling	$1 + X^{14} + X^{15}$
Codificación externa para protección de datos	Código Reed – Solomon (204 - 188 - 8)
Codificación interna	$Rc + 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$
Entrelazador interno	Entrelazador de frecuencia y tiempo
Entrelazador externo	12 R-S entrelazador de bloques
Sistema de modulación	2k o 8k COFDM, QAM, QPSK y DQPSK
Ancho de banda	6 MHz

## 2.2. Modelos de propagación

Para el desarrollo de esta investigación, fueron utilizadas las recomendaciones ITU-R P.525 (Cálculos de atenuación para el espacio libre) e ITU-R P.1546-4 (Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz). El modelo de propagación ITU-R P.1546-4 es un modelo determinístico que no toma en consideración la información del terreno ya sean éstos elevaciones, curvas, y los fenómenos de difracción y atenuación por obstrucción del elipsoide de Fresnel. Para el cálculo de intensidad de campo son necesarias las tablas proporcionadas en la recomendación en mención, por lo tanto este modelo de propagación no es adecuado para realizar una simulación de predicción de cobertura. La recomendación ITU-R P.1546-4 es utilizada como una herramienta teórica para la predicción del área de cobertura dentro de un área previamente establecida. En cambio, la recomendación ITU-R P.525 utiliza información del terreno para predecir el área de cobertura de un territorio utilizando fórmulas complejas y puede ser utilizado en un software de predicción de cobertura de señales. [ITU, 2012], [ITU1, 2012].

## 2.3. Gap-Filler

Un Gap-Filler es denominado como “rellenador de zonas de sombra”, ampliamente utilizado en las redes digitales de radiodifusión, para brindar cobertura a los lugares donde el nivel recibido no es satisfactorio. Permite recibir la señal ISDB-Tb y retransmitirla en la misma frecuencia. Tanto las frecuencias de transmisión como las de recepción son las mismas [Messias, 2011]. La figura 1 muestra el diagrama de bloques de un Gap-Filler.

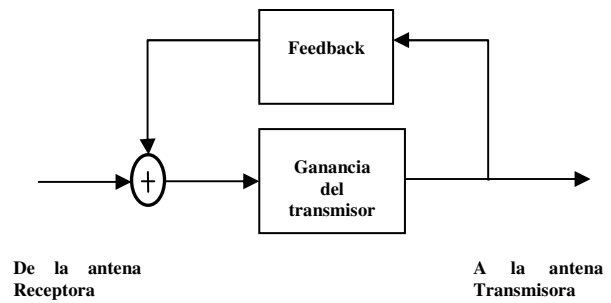


Figura 1: Diagrama de bloques del Gap-Filler [Messias, 2011].

El Gap-Filler básico consta de un filtro SAW (Surface Acoustic Wave), el cual es el responsable del retardo entre la señal recibida y la señal transmitida, el oscilador local y un cancelador de ecos adaptativo, para finalizarlos Gap-Fillers tienen capacidad limitada para cancelar ecos, debido a que estos últimos ingresan un pequeño nivel de interferencia no corregido que degrada la calidad de la señal [Messias, 2011].

## 3. Experimentos y resultados

### 3.1. Análisis de nivel de intensidad de campo

Se tomo, como escenario de prueba la ciudad de Arequipa, debido a que presenta una orografía variada. Para la cobertura de la red ISDB-Tb, se decidió utilizar la infraestructura actual de canal de televisión UHF 15 (Global TV) ubicado en el lugar denominado Alto Cayma, para lo cual se realizaron múltiples simulaciones de la estación tanto para el sistema de televisión analógico como para la predicción del sistema de Televisión Digital Terrestre. Los parámetros usados en las simulaciones con el software ICS Telecom fueron brindados por el responsable de la retransmisora local de Global TV en Arequipa. Los parámetros son resumidos en la tabla 2:

Tabla 2. Parámetros del transmisor.

Parámetros del Transmisor	
Nombre de la estación	Global TV
Ciudad	Arequipa
Localización	Alto Cayma
Frecuencia de operación	477.25 MHz
Latitud (WGS84)	16°20'17.5" S
Longitud (WGS84)	71°32'22.9" W
Altura (m.s.n.m)	2607 m.
Potencia de transmisión	Analógica (5000 W), Digital (520 W)
Antena	RYMSA AT15-250 2 bays, 2 antenas
Altura de la antena	32 m
Azimut de máxima radiación	135° y 250°
Ganancia de la antena	11.35 dB

Se utilizó un umbral de recepción de 51 dBμV/m [TDT, 2011], la cartografía usada fue el Modelo de Elevación Digital (DEM) de Arequipa con una resolución de 1.5 arc-second, como se muestra en la figura 2.

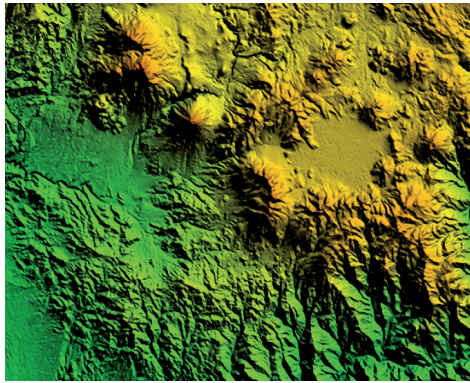


Figura 2. DEM de Arequipa resolución 1.5 arc-second.

### 3.2. Simulación de cobertura TV analógica para la ciudad de Arequipa

Se desarrolló la simulación de cobertura de TV analógica con el fin de contrastar las mediciones tomadas por el medidor de nivel de vídeo, utilizando la siguiente ecuación:

$$E = U + 107 + 20 \log F - G - P - 29.8 \quad (1)$$

Donde:

E: intensidad de campo en  $\text{dB}\mu\text{V/m}$ .

U: nivel de vídeo en dBm.

F: frecuencia de operación en MHz.

G: ganancia de la antena receptora en dB.

P: pérdida en cables y conectores en dB.

Se obtuvo los niveles de intensidad de campo en 25 diferentes lugares de la ciudad, como se muestra en la tabla 3 y se comparó con los niveles de intensidad de campo de la simulación para corroborar la calidad de las mediciones, Los valores correspondientes a los distritos de interés de la ciudad de Arequipa son mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Tabla de mediciones de los puntos de interés de la ciudad de Arequipa.

Ubicación	U [dBmV]	U [dBm]	E [dBuV/m]	E [dBuV/m] Simulador
16°22'19.33"S	16.2	-30.8	92.76092	95
71°33'22.12"O				
16°23'16.30"S	17.8	-29.2	94.36092	96
71°34'12.1"O				
16°25'38.5"S	-11.2	-58.2	65.36092	65
71°29'13.88"O				
16°22'53.83"S	-11.2	-58.2	65.36092	66
71°32'09.22"O				
16°21'57.45"S	-7.5	-54.5	69.06092	70
71°30'27.06"O				
16°27'7.59"S	-8.3	-55.3	68.26092	67
71°31'50.98"O				
16°23'51.07"S	-5.9	-52.9	70.66092	70
71°30'20.59"O				

En la figura 3, se muestra la simulación de cobertura de TV analógica. Las mediciones fueron realizadas con una antena yagi diseñada para la frecuencia de operación (477.25 MHz) a una altura sobre el suelo de 1,5 m. Los parámetros empleados en la simulación de TV analógica son los mismos que los de las mediciones reales.

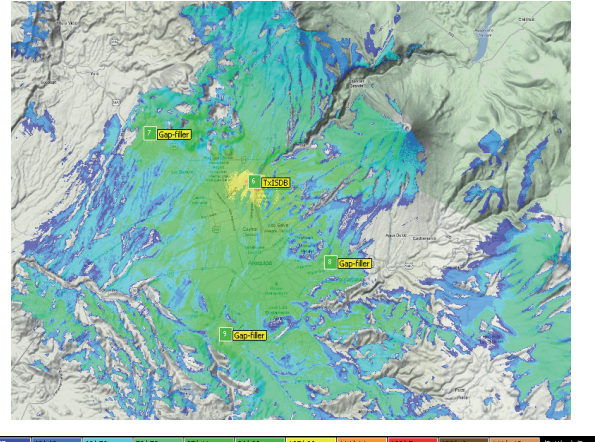


Figura 3. Resultados de la simulación para Global TV usando el modelo de propagación ITU-R P.525, altura de la antena receptora 1,5 m.

En la figura 3, podemos apreciar la cobertura establecida para la ciudad de Arequipa, las áreas que muestran un tono de color verde son aquellas que presentan un mayor nivel de intensidad de recepción mientras que aquellas áreas que presentan un color azul son próximas al umbral de recepción y las áreas dentro de la ciudad que no presentan color son áreas donde la señal de televisión se encuentra por debajo del umbral establecido de  $74 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ .

### 3.3. Simulación de cobertura TV Digital para la ciudad de Arequipa

Para desarrollar la predicción de cobertura de una red ISDB-Tb es necesario emplear los pasos descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Lineamientos básicos para el establecimiento de red ISDB-Tb.

Lineamientos para Establecimiento de red ISDB-Tb	
Paso 1:	Determinar la topología de la Red y el punto de reflexión más lejano dentro del área que se desea cubrir.
Paso 2:	Calcular el tiempo de retardo de la señal reflejada respecto al punto de reflexión más lejano, para poder definir los parámetros necesarios de OFDM, el tiempo de guarda debe de ser mayor que el tiempo de retardo. Una vez definido el tiempo de guarda, se elige el modo e intervalo.
Paso 3:	Establecer el número de programaciones simultáneas que se transmitirán y la calidad de imagen de las mismas considerando la tasa de datos y robustez.
Paso 4:	Definir el número de segmentos, modulación digital y FEC (Forward Error Correction) según la tasa de datos.
Paso 5:	Calcular la potencia de los transmisores según la recomendación ITU-R P.1546-4.

Una vez desarrollados todos los puntos, se procedió a realizar la simulación en ICS Telecom con los parámetros obtenidos y los parámetros de la infraestructura actual. El resultado se aprecia en la figura 4.

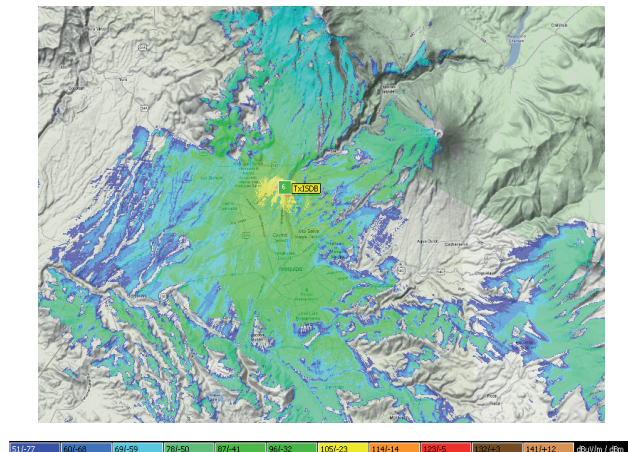


Figura 4. Resultados de la simulación para ISDB-Tb usando el modelo de propagación ITU-R P.525, altura de la antena receptora 10 m.

En la figura 4, podemos apreciar la cobertura establecida para la ciudad de Arequipa, las áreas que muestran un tono de color verde son aquellas que presentan un mayor nivel de intensidad de recepción, mientras que aquellas áreas que presentan un color azul son aquellas próximas al umbral de recepción y las áreas dentro de la ciudad que no presentan color son áreas donde la señal de televisión se encuentra por debajo del umbral establecido de 51 dBµV/m.

### 3.4. Simulación de cobertura TV Digital utilizando Gap-Filler

Debido a que en la ciudad de Arequipa existen diferentes zonas de sombras, se procedió a cubrir 3 de las zonas que cuentan con mayor cantidad de población. Para poder hallar la potencia necesaria teórica se utilizó la recomendación ITU-R P.1546-4. Los valores obtenidos se adecuaron y se obtuvieron los valores que se muestran en la tabla 4.

Nivel de potencia para los Gap-Fillers	
Ubicación 1: 71°28'29.1" W , 16°24'13.1"S	5 Watts
Ubicación 2: 71°33'30.2" W , 16°27'43.4"S	5 Watts
Ubicación 3: 71°37'30.2" W , 16°17'51.8"S	11 Watts

En la figura 5, se muestra los resultados obtenidos al realizar la simulación de predicción de cobertura de Televisión Digital Terrestre con el estándar ISDB-Tb utilizando los Gap-Fillers para cubrir 3 zonas de sombra en la ciudad de Arequipa. Hay que tener en consideración que se tiene la limitante de 3 Gap-Filler debido al coste de estos equipos en el mercado, por lo tanto se emplean estos equipos en zonas de sombra con alta densidad de población.

## 4. Conclusiones

La simulación de cobertura de TV analógica se contrastó con mediciones reales, debido a que el área de cobertura

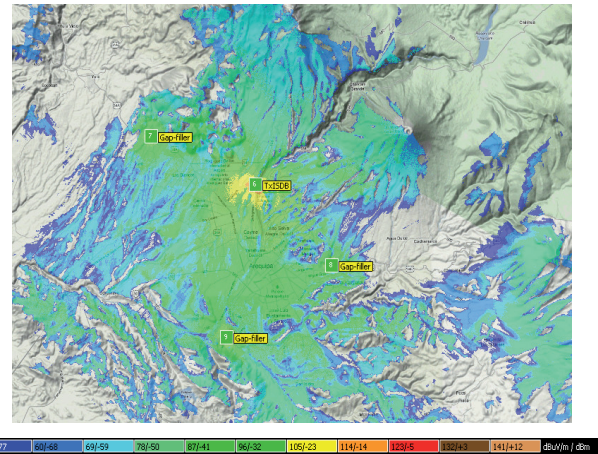


Figura 5. Resultados de la simulación para ISDB-Tb y Gap-Fillers usando el modelo de propagación ITU-R P.525, altura de la antena receptora 10 m.

En la figura 5, podemos apreciar la cobertura establecida para la ciudad de Arequipa. Las áreas que muestran un tono de color verde son aquellas que presentan un mayor nivel de intensidad de recepción, mientras que aquellas áreas que presentan un color azul son aquellas próximas al umbral de recepción y las áreas dentro de la ciudad que no presentan color son áreas donde la señal de televisión se encuentra por debajo del umbral establecido de 51 dBµV/m. En esta figura también se puede apreciar la inserción de los Gap-Fillers llenando las áreas de sombra presentadas en la figura 4.

### 3.5. Resultados del análisis

Para los resultados obtenidos de las simulaciones, se generó una máscara, la cual delimita los bordes del área metropolitana de la ciudad de Arequipa. Esta área total evaluada fue de 378 km<sup>2</sup>. Los diferentes porcentajes de área de cobertura en las simulaciones son presentados en la figura 6.

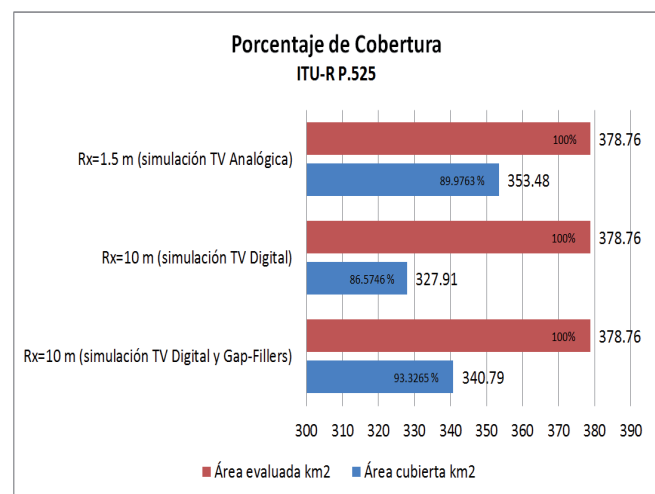


Figura 6. Porcentaje de cobertura para la ciudad de Arequipa.

que presenta ISDB-Tb debe de ser la misma cobertura que presenta la televisión analógica actual.

El criterio para la elección de los puntos de medición fue tomada a partir de encuestas realizadas sobre la

percepción de calidad de la señal en TV analógica en la ciudad de Arequipa.

El empleo de La recomendación ITU-R P.525 en conjunción con mediciones reales de campo de TV analógica ha permitido obtener una simulación predictiva de alto valor de la cobertura de Televisión Digital Terrestre para la ciudad de Arequipa.

Es necesaria la inserción de Gap-Fillers para cubrir las zonas de sombra que pueda presentar la futura red ISDB-Tb y poder incrementar el área total de cobertura.

Este artículo presenta los lineamientos básicos para la planificación de cobertura de una red ISDB-Tb.

### Referencias bibliográficas

[Arisa, 2010] Arisa, L. (2010) Propagation models in DTTV using DVB-T standard in metropolitan environments (Bogotá D.C. – Colombia).

[Pisciotta, 2010] Pisciotta, N. (2010) Sistema ISDB-Tb primera parte. <http://www.eradigital.com.ar/blog/wp-content/uploads/2010/09/Sistema-ISDB-Tb-Primera-parte.pdf>

[Furht, 2008] Furht B, Ahson S. (2008) Handbook of Mobile broadcasting DVB –H, DMB, ISDB-T and MEDIAFLO, 1st edition USA Taylor & Francis Group, 2008 pag 67 -73.

[Rodríguez, 2010] Rodríguez C. (2010) La adopción de ISDB-T para la televisión digital terrestre en la Argentina, <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/adopcion-isdb-t-television-digital.pdf>

[ITU, 2012] UIT-R P.525-2, (1994). Cálculos de atenuación para el espacio libre, REC. UIT-R P.525-2

[ITU1, 2012] UIT-R P.1546-4, (2009). Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz. UIT-R P.1546.

[Messias, 2011] Messias S. (2011). ISDB-Tb Field Trials and Coverage Measurements with Gap-Filler in Suburban Environments.

[TDT, 2011] TDT, (2011) Informe anual de evaluación del proceso de implementación de la televisión digital terrestre (TDT) en el Perú. <http://www.mtc.gob.pe>