



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Simulación y Corrección de Zonas de Sombra para Estaciones de Televisión
Digital Terrestre en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador.

AUTOR:

Ing. Marcelo Javier López Sanmartin

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Telecomunicaciones

TUTOR:

MSc. Manuel de Jesús Romero Paz

Guayaquil, a los 30 días del mes julio del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ingeniero Marcelo Javier López Sanmartín como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, a los 30 días del mes julio del año 2018

TUTOR

Romero Paz Manuel de Jesús

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Romero Paz Manuel de Jesús



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, Marcelo Javier López Sanmartín

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de Titulación “Simulación y Corrección de Zonas de Sombra para Estaciones de Televisión Digital Terrestre en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 30 días del mes julio del año 2018

EL AUTOR

López Sanmartín Marcelo Javier



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

Yo, Marcelo Javier López Sanmartín

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulado: “Simulación y Corrección de Zonas de Sombra para Estaciones de Televisión Digital Terrestre en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 30 días del mes julio del año 2018

EL AUTOR

López Sanmartín Marcelo Javier

REPORTE DE URKUND

The screenshot displays the URKUND web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/38014029-956650-800689#g1bKLvayija10LGWjNVRKs5Mz8tMyOxOzEtOVbly0DMwMDI3NzMxtrAwNjS1MlSOND5rBQA=>. The page header includes the URKUND logo and the user name "Orlando Philco Asqui (orlando.philco)".

Documento: [LOPEZ, MARCELO TT Mayo 2018.docx](#) (D38757109)

Presentado: 2018-05-16 00:38 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: tesis Ing. Lopez [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 42 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes:

- [Tesis Final Veltz Jorge_22Abril2014.docx](#)
- [Tesis Gregorio Cevallos Alvia TDT FINALIZADA.pdf](#)
- <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11315/caso%20de%20est...>
- 100% io establecido en la "Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión"
- 100% Estaciones que cubran al menos una capital de provincia, cabecera cantonal o par...

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Simulación y corrección de zonas de sombra para estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador.

AUTOR: Ing. Marcelo Javier López Sanmartín

Previa la obtención del Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones

TUTOR: MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los XX días del mes XXXX del año 2018

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN Certificamos

Urkund Report - L...pdf Mostrar todo

Dedicatoria

Quiero dedicar este proyecto de investigación a todas las personas que han puesto su confianza en mí y pese a los problemas que he tenido que afrontar nunca me dejaron de apoyar y siempre me impulsaron para seguir adelante.

A mis padres; esto es fruto de su esfuerzo y amor para conmigo. Siempre estaré agradecido con ustedes por haberme dado los valores y estar a mi lado en cada etapa de mi vida.

A mí querida hija Emilia, porque por ella he puesto toda mi capacidad y amor en la realización de esta investigación.

A mí querido amigo Marcelo Avendaño por brindarme su amistad, hospitalidad y ser un pilar fundamental en mis estudios de maestría.

A mis seres queridos y amigos: Angélica, Edgar, Anita, Maritza, Katty, Walter, Lorena, Miguel, Flor, Esteban, Daniel, Jhon, Oswaldo, Vivi.

Agradecimientos

Quiero agradecer la culminación de mi proyecto de titulación primeramente a Dios por darme la fuerza y energía en todas las actividades que han sido parte de este proceso.

A mí querida Auxiliadora por escuchar mis oraciones.

A mis padres por todo el apoyo y paciencia que han puesto día a día desde el inicio de mis estudios.

A mi hija por ser siempre el motor de mi vida y la razón de lucha en todos las metas profesionales que he emprendido.

A mis amigos, seres queridos y compañeros de trabajo por ser siempre un apoyo y nunca negar su ayuda.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS

TUTOR

f. _____

PHILCO ASQUI ORLANDO

REVISOR

f. _____

VALLEJO SAMANIEGO LUIS

REVISOR

f. _____

ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Índice General

Índice General	IX
Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas	XIV
Resumen.....	XV
Abstract	XVI
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación del problema a investigar	3
1.3. Definición del problema.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general:.....	5
1.4.2. Objetivos específicos:	5
1.5. Hipótesis o idea a defender	5
1.6. Metodología de investigación.....	6
1.7. Aportes teóricos y técnicos del proyecto de investigación	8
CAPÍTULO 2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	9
2.1. Definición de televisión digital terrestre	9
2.2. Estándares de televisión digital terrestre.....	10
2.2.1. Estándar estadounidense ATSC	11
2.2.2. Estándar europeo DVB	12
2.2.3. Estándar japonés ISDB-T.....	12
2.2.4. Estándar chino DTMB	13
2.3. Estándar ISDB-T.....	14
2.3.1. Características generales del estándar	14
2.3.2. Compresión y codificación de audio y video.....	18
2.3.3. Codificación del canal.....	18
2.3.3.1. Multiplexación de TS y procesamiento jerárquico	18
2.3.3.2. Corrección de error	19

2.3.3.3.	Sistema de transmisión.....	20
2.3.4.	Red de frecuencia única (SFN) y múltiple (MFN).....	22
2.3.5.	Sistema de recepción.....	24
2.3.6.	Estándar ISDB-Tb.....	25
2.4.	ISDB-Tb en el Ecuador.....	26
2.4.1.	Apagón analógico.....	27
2.4.2.	Normativa Técnica.....	28
2.4.2.1.	Banda de frecuencias y canalización.....	30
2.4.2.2.	Intensidad de campo mínima a proteger.....	32
2.4.2.3.	Tasa de error.....	32
2.4.2.4.	Espurias y relación de protección.....	33
2.4.2.5.	Mascara de transmisión.....	33
2.4.2.6.	Multiprogramación.....	34
2.4.3.	Asignación de frecuencias – concursos públicos.....	35
2.5.	Modelos de propagación para predicción de cobertura.....	36
2.5.1.	Recomendación UIT-R P.370.....	38
2.5.2.	Recomendación UIT-R P.1546-5.....	38
2.5.3.	Recomendación UIT-R P.1812.....	39
2.5.4.	Okumura Hata - Davidson.....	40
2.5.5.	Recomendación UIT-R P.525-3.....	41
CAPÍTULO 3 SIMULACIÓN DE UN SISTEMA TDT EN LA CIUDAD DE CUENCA		42
3.1.	Modelo de propagación para TDT en Cuenca.....	42
3.1.1.	Evaluación de los modelos de propagación.....	42
3.1.2.	Elección del método de propagación.....	44
3.1.3.	Elección del sitio de transmisión.....	47
3.1.3.1.	Método de Análisis.....	48
3.1.4.	Parámetros técnicos para la simulación.....	53
3.2.	Simulación en ICS Telecom.....	57
CAPÍTULO 4 DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ZONAS DE SOMBRA		63
4.1.	Detección de zonas de sombras para TDT en Cuenca.....	63
4.1.1.	Solución para disminución de zonas de sombra.....	69

4.2. Utilización de Gap Fillers	70
4.3. Simulación de la solución planteada	72
4.4. Resultados obtenidos.....	76
4.4.1. Gap Fillers implementados	76
4.4.2. Eliminación de zonas de sombra en el centro de la ciudad.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	85
Referencias Bibliográficas	87
Glosario de Términos.....	92

Índice de Figuras

Figura 1.1: Diagrama de Flujo del proceso de investigación científica.....	7
Figura 2.1: Diagrama Conceptual de un Sistema de Transmisión de Televisión. ..	9
Figura 2.2: Mapa de Adopción de Estándares de Televisión Digital.....	11
Figura 2.3: Segmentación del canal de 6MHz en ISDB-T.....	14
Figura 2.4: Utilización de los segmentos para programación en ISDB-T.	15
Figura 2.5: Canalización Mixta Televisión (Análogica - Digital).	16
Figura 2.6: Offset Frecuencia Central en ISDB-T.	16
Figura 2.7: Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión en ISDB-T.	17
Figura 2.8: Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión en ISDB-T.	20
Figura 2.9: Estructura de trama OFDM.	22
Figura 2.10: Redes de Frecuencia Única (SFN).	23
Figura 2.11: Redes de Frecuencia Múltiple (MFN).	24
Figura 2.12: Calidad de Imagen Televisión Analógica vs Televisión Digital.	25
Figura 3.1: Determinación de Puntos de Medición a Evaluarse.	43
Figura 3.2: Campo Eléctrico Medido y Campo Eléctrico Simulado.	45
Figura 3.3: Zona analizada para visibilidad de cerros en la ciudad de Cuenca	48
Figura 3.4: Visibilidad desde el Cerro Hito Cruz.	50
Figura 3.5: Visibilidad desde el Cerro Rayoloma.	51
Figura 3.6: Visibilidad desde el Cerro Barabón.	52
Figura 3.7: Visibilidad desde el Cerro Guagualzhumi.	53
Figura 3.8: Área a Cubrir TDT Cuenca.	54
Figura 3.9: Patrón de Radiación Antena UHF Tipo Panel.	55
Figura 3.10: Arreglo Compuesto - Software Antios versión 2.22.	56
Figura 3.11: Arreglo Compuesto - Software Antios versión 2.22.	57
Figura 3.12: Capa Clutter – TDT Cuenca - ICS Telecom.....	59
Figura 3.13: Parámetros Generales – TDT Cuenca - ICS Telecom.....	59
Figura 3.14: Patrón de Radiación – TDT Cuenca - ICS Telecom.	60
Figura 3.15: Parámetros de Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.....	61
Figura 3.16: Paleta de Usuario Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.....	61
Figura 3.17: Diagrama de Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.	62
Figura 4.1: Zonas de Sombra TDT – Cuenca.	65
Figura 4.2: Zonas de Sombra TDT en el Centro Histórico.....	66

Figura 4.3: Zonas de Sombra TDT en el sector oeste de la ciudad.....	67
Figura 4.4: Zonas de Sombra TDT en el sector sur de la ciudad.	68
Figura 4.5: Esquema Básico de un Sistema de Transmisión – GAP FILLER.....	69
Figura 4.6: Patrón de Radiación – Panel AP 4 Dipolos, Linear.....	71
Figura 4.7: Cobertura de Gap Fillers – TDT Cuenca.....	76
Figura 4.8: Cobertura de Gap Fillers – TDT Cuenca.....	77
Figura 4.9: Zona de Sombra por Quebrada - Racar.	78
Figura 4.10: Interferencia Cocanal – TDT Cuenca.....	79
Figura 4.11: Interferencia Cocanal con Retardo en Símbolos OFDM – TDT Cuenca.....	81
Figura 4.12: Nivel de Campo Eléctrico con Antenas Exteriores a 10 mts – Centro de Cuenca.	82

Índice de Tablas

Tabla 2. 1: Modos de Transmisión en ISDB-T.....	21
Tabla 2. 2: Bandas de Frecuencias para TDT en Ecuador.	30
Tabla 2. 3: Canalización para TDT en Ecuador.	30
Tabla 2. 4: Intensidad de Emisiones Espurias.....	33
Tabla 2. 5: Relación de Protección Señal Deseada/Señal Interferente.	33
Tabla 2. 6: Atenuación Mascara de Transmisión Crítica.	34
Tabla 2.7: Multiprogramación para ISDB-Tb.....	34
Tabla 2.8: Distribución de Canales Lógicos.	35
Tabla 3.1: Tabla de Valores de Campo Eléctrico Medidos/Estimados.....	44
Tabla 3.2: RMSE para Evaluación de los Modelos de Propagación.....	46
Tabla 3.3: Sitios de Transmisión a Evaluarse.	47
Tabla 3.4: Tabla comparativa de cobertura de cerros	49
Tabla 3.5: Parámetros Técnicos para Simulación TDT Cuenca.	54
Tabla 4.1: Transmisor Utilizado - Gap Filler TDT.....	70
Tabla 4.2: Antena Receptora – Gap Filler TDT.....	70
Tabla 4.3: Antena para Transmisión – Gap Filler TDT.	71
Tabla 4.4: Parámetros de Operación – Gap Filler Cuenca.....	72
Tabla 4.5: Parámetros de Símbolo OFDM – Modo 2K.	78
Tabla 4.6: Retardo Símbolo OFDM – Interferencia Cocanal Mejor Servidor.....	80

Resumen

La Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Ecuador se encuentra en una etapa de transición donde se prevé que para mediados del año 2018 se cumpla con la primera etapa de migración y para el año 2020 la migración en la totalidad de los sistemas de televisión analógica abierta al formato digital. En la ciudad de Cuenca actualmente existen sistemas de TDT que se encuentran realizando pruebas para su operación.

Los sistemas TDT frente a los sistemas analógicos convencionales presentan diferencias significativas siendo la cobertura uno de sus principales puntos a considerar. Es por ello que surge la necesidad de realizar un análisis de cobertura para estaciones de TDT en la ciudad de Cuenca. En base a esta premisa este proyecto de investigación analizó las zonas de sombras generadas por estaciones de TDT en la ciudad de Cuenca y en consecuencia propuso una solución adecuada para la eliminación de las mismas mediante mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico en sitio, el uso de software especializado para cobertura – ICS Telecom utilizando el modelo de propagación ITU R-1812, modelamiento de sistemas radiantes - Antios y un posterior análisis de interferencias cocanal para redes SFN.

Al final de este proyecto de investigación se expusieron los parámetros técnicos a ser considerados para obtener una adecuada cobertura en la ciudad de Cuenca por cual, se realizó recomendaciones a futuro para que sean consideradas en la planificación de dichos sistemas digitales.

Palabras Claves: SFN, TDT, Interferencia Cocanal, ITU R-1812, ICS Telecom, Antios, Interferencia.

Abstract

Nowadays, Digital Terrestrial Television (TDT) in Ecuador is in a transition phase in which it is anticipated that the first stage of migration will be fulfilled by mid-2018 and the migration of all the open analogue television systems to digital format will be completed by 2020. Currently, in Cuenca there are TDT systems that are performing tests for their operations.

TDT systems in comparison to conventional analogue systems show significant differences, being the coverage one of the most important to be considered. This is why it was necessary to carry out a coverage analysis for TDT stations in Cuenca. Based on this premise, this research sought to analyze the areas of shadows generated by TDT stations in Cuenca and appropriate solutions were proposed for the elimination of them through: field measurements of electrical intensity on site, the use of the specialized software for coverage ICS Telecom. This software implements ITU R-1812 propagation model, radiant systems modeling- Antios and an analysis of co-channel interference for SFN networks.

At the end of this research, technical parameters were presented to be considered in order to obtain adequate coverage in Cuenca. Furthermore, future recommendations were made to be considered in the planning of these digital systems.

Key Words: SFN, TDT, Co-Channel Interference, ITU R-1812, ICS Telecom, Antios, Interference.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Actualmente el Ecuador se encuentra en un proceso de transición de los Sistemas de Televisión Abierta Analógica a los Sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT) adoptando el estándar japonés con modificaciones brasileñas conocido como ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting- Terrestrial Brasil o Radiodifusión Digital de Servicios Integrados-Terrestre Brasil). El proceso consiste inicialmente en migrar todas las estaciones de televisión analógica en las principales ciudades: Quito, Guayaquil y Cuenca para posteriormente realizar el mismo proceso en las demás ciudades del país.

De acuerdo a las actividades que se han venido manejando, el país estableció a través del ente regulador de Telecomunicaciones adoptar el estándar ISDB-Tb mediante Resolución No. 084-05-CONATEL-2010 del 25 de marzo de 2010. A continuación de este proceso se delegó al Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL) lidere el proceso de implantación de la TDT en el Ecuador; posteriormente el 3 de agosto de 2011 se crea el CITDT (Comité Interinstitucional Técnico para la Introducción de TDT) conformado por el MINTEL, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y la entonces Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) ahora Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). Luego de la conformación de este comité se establece un proceso el cual tenía por objetivo principal el definir los parámetros técnicos bajo los cuales los sistemas de TDT tienen que operar, es por esto que a través de la conformación de GATR (Grupo de Aspectos Técnicos y Regulatorios) se envió una propuesta de Normativa Técnica la cual finalmente fue aprobada en el año 2015 mediante Resolución ARCOTEL-2015-0301.

Desde la adopción del Ecuador al estándar ISDB-Tb en el año 2010 hasta el 2015, en el cual ya se cuenta con una norma técnica definida, el país ha seguido el proceso de transición a través de la asignación de autorizaciones temporales de

frecuencias de Televisión y concursos públicos de asignación de frecuencias de Televisión para continuar con este proceso de cambio. Acotar también que el plan propuesto para el proceso de migración establece inicialmente que en el año 2016 las principales ciudades: Quito, Guayaquil y Cuenca realicen el apagón analógico, en 2017 las capitales de provincia y en el año 2018 el resto del país; este cronograma se ha visto modificado por múltiples factores considerando actualmente una nueva fecha para el apagón en las principales ciudades que fue el 30 de junio de 2017.

Adoptar un sistema de TDT presenta muchas ventajas en relación a los sistemas de Televisión Analógica como es: optimización del espectro radioeléctrico permitiendo manejar en el mismo ancho de banda de 6 MHz con la posibilidad de obtener hasta 4 canales en SD o multiprogramación a través del uso de canales virtuales, Interactividad y uso de contenidos con la utilización de Setup Box, Sistema integrado de emergencias EWBS (Emergency Warning Broadcasting System), Soporte de fabricantes para sistemas de transmisión y Setup Box esto debido por la creciente tendencia de optar por sistemas digitales versus sistemas analógicos.

En la ciudad de Cuenca actualmente las estaciones de televisión se encuentran en fase de pruebas, razón por la cual estas no están brindando el servicio de TDT. Adicionalmente otra razón por la cual aún no se está transmitiendo TDT es que no existe aún la opción comercial de acceder a los Setup Box para el público en general, aunque actualmente existen televisores integrados con la opción de receptar señales con el estándar ISDB-Tb.

1.2. Justificación del problema a investigar

Como se analizó en la sección anterior existen ventajas significativas para optar por el cambio de tecnología del formato analógica al formato digital. Por el contrario, como una de las principales desventajas que presenta la Televisión Digital frente a la Televisión Analógica es: la percepción de la señal transmitida en zonas de sombra, es decir, un dispositivo que recepta la señal emitida de un transmisor analógico de televisión en una zona de sombra tiene un margen más

amplio de error frente a un dispositivo que recepta la señal desde un transmisor digital.

Como ejemplo se puede considerar el siguiente escenario: se analiza un área geográfica que presenta NLOS (Non Line of Sight, Sin línea de vista) desde un transmisor de televisión ya sea este analógico o digital; para el primer caso es muy probable que la señal analógica se visualice con deficiencia de color, graneado o baja calidad en la señal de audio pero en fin la transmisión no se vería interrumpida; en cambio, en el caso digital si la señal percibida presenta errores considerables en recepción o el nivel de intensidad de campo no cumple con el valor mínimo de sensibilidad del equipo receptor se puede presentar congelamiento de la imagen o pérdida de la programación.

Por esta razón es importante tratar las zonas con NLOS o comúnmente llamadas “zonas de sombra” en donde la señal tiende a tener una seria degradación debido a obstáculos que atenúan la misma. En el caso digital son sumamente críticas estas zonas para la calidad de la señal.

Actualmente determinar zonas de sombra es posible sin la necesidad de realizar un Drive Test o un estudio en campo. Esto se lo puede hacer a través del uso de herramientas de Ingeniería para la predicción de cobertura utilizando modelos de propagación definidos, los mismos que pueden proyectar áreas de cobertura en cualquier espacio geográfico y detectar de esta manera degradación de la señal, es decir, zonas de sombra.

1.3. Definición del problema

Las zonas de sombras detectadas en sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT) impiden brindar una adecuada cobertura en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador, siendo necesaria la predicción de cobertura utilizando modelos de propagación definidos.

1.4. Objetivos

Los objetivos planteados para este trabajo de investigación son los siguientes:

1.4.1. Objetivo general:

Proponer el uso de una solución técnica adecuada a través de una simulación controlada que elimine las zonas de sombra detectadas en sistemas de Televisión Digital Terrestre (TDT) en la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador obteniendo un mayor porcentaje de cobertura.

1.4.2. Objetivos específicos:

- ✓ Describir la situación actual de la reglamentación y normativa vigente referente a los sistemas de Televisión Digital Terrestre en el país.
- ✓ Simular el área de cobertura de una estación de Televisión Digital Terrestre utilizando el Software de Ingeniería especializado ICS Telecom y el modelo de predicción de cobertura más adecuado.
- ✓ Detectar las posibles zonas de sombra obtenidas a partir del área de cobertura generada por una estación de TDT en la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador.
- ✓ Proponer la solución técnica más óptima para la eliminación de zonas de sombra obteniendo un porcentaje de cobertura mayor.

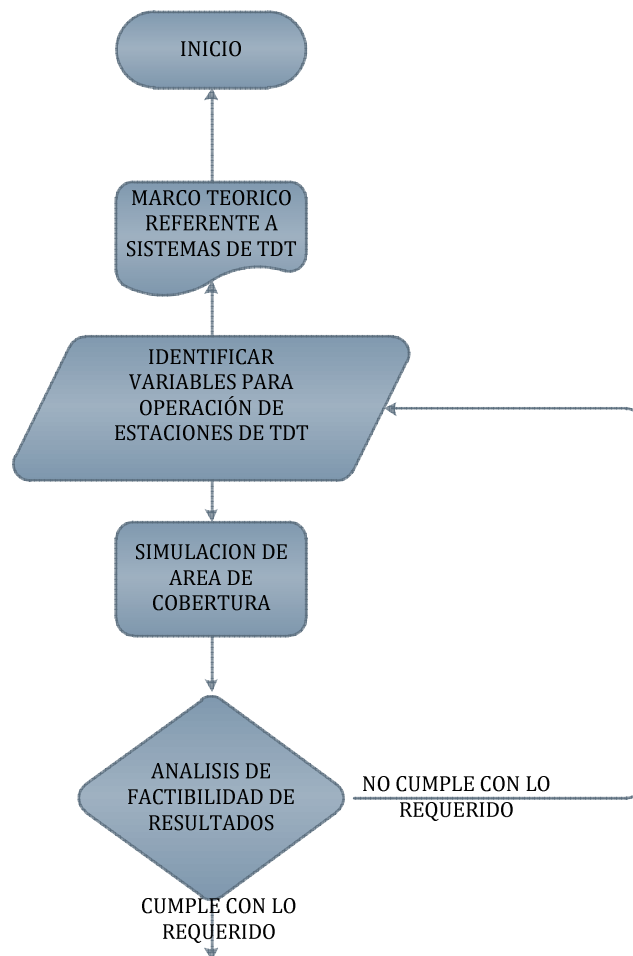
1.5. Hipótesis o idea a defender

Mediante la utilización de sistemas reemisores de señal (Gap Fillers) y la correcta configuración de sus parámetros técnicos se puede eliminar las zonas de sombra detectadas en un sistema de TDT en la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador.

1.6. Metodología de investigación.

El diseño del presente proyecto de investigación es de tipo “EXPERIMENTAL” debido a que dentro de un entorno controlado (Simulación) se puede definir el comportamiento resultante a través de la determinación de los parámetros de operación para el estudio de cobertura de una estación de TDT. Una vez obtenidos dichos resultados se analiza la inclusión de nuevas variables para mitigar las zonas de sombra encontradas.

Las nuevas variables tienen que aportar en la tarea de demostrar la hipótesis planteada del proyecto de investigación y resolver el planteamiento del problema de forma efectiva. El proceso bajo el cual se desarrollará el proceso de investigación está determinado por el siguiente diagrama de flujo.



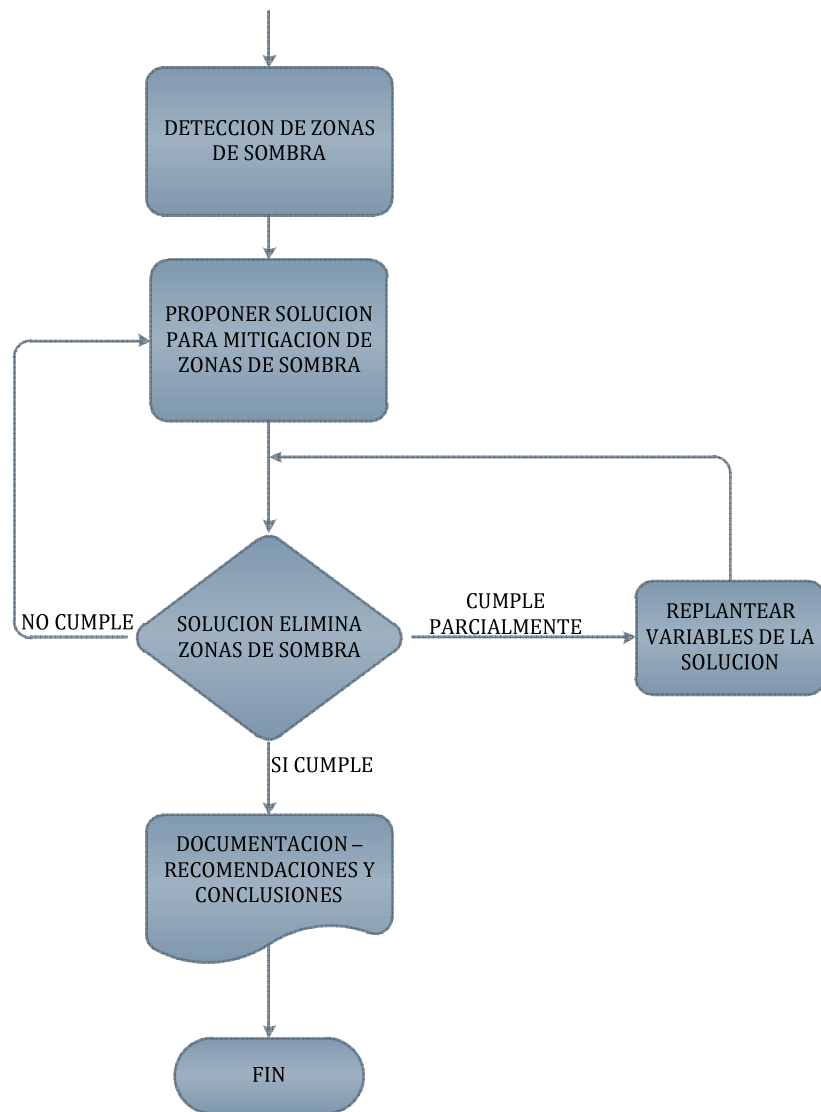


Figura 1.1: Diagrama de Flujo del proceso de investigación científica.
Fuente: Autor.

De acuerdo a la Figura 1.1 se establecen varias etapas en el proyecto de investigación científica. En una primera parte se prevé obtener toda la información teórica referente a la operación de estaciones de TDT. En base a la teoría recopilada identificar las variables a ser utilizadas en la simulación de área de cobertura utilizando un software de ingeniería especializada; definir valores para esas variables y de acuerdo al modelo de propagación más adecuado realizar la simulación de área de cobertura. Una vez obtenida esa cobertura se tiene que validar si la simulación cumple con las condiciones reales, caso contrario las

variables tienen que ser modificadas y la simulación nuevamente ejecutada hasta cumplir con la factibilidad.

En un segundo parte una vez obtenida la simulación se procede a detectar las zonas de sombra y se propone la mejor solución técnica para la mitigación de estas. Las nuevas variables forman parte de una nueva simulación donde se tiene que asegurar que la solución cumpla totalmente. Puede darse el caso que la solución cumpla parcialmente, es decir, que se logre mitigar las zonas de sombras pero que la solución genere interferencia co-canal. En este caso se tendrá que reformular el valor de las nuevas variables y se pondrá nuevamente en análisis hasta que el resultado de la simulación sea satisfactorio. Finalmente todo el proceso de investigación se tiene que documentar e incluir en este como producto resultante las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

1.7. Aportes teóricos y técnicos del proyecto de investigación

Dentro de la investigación a realizarse en el proyecto de titulación se desea realizar tanto aportes teóricos como técnicos. Se considera que el proyecto de investigación en el ámbito teórico aportara con información importante acerca del uso de un modelo de propagación en relación a otros y las características por las cuales es un modelo mucho más eficaz para la predicción de cobertura de una estación de TDT.

Por otro lado, en el ámbito técnico aportara con mayor información acerca de las áreas geográficas que presentaran zonas de sombra generadas por estaciones de TDT en la ciudad de Cuenca y la solución técnica para mitigar estos problemas; esto puede ser importante para una adecuada planificación de las estaciones de televisión que en su momento deseen iniciar las transmisiones en el formato digital.

CAPÍTULO 2

TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

2.1. Definición de televisión digital terrestre

Existen varias definiciones acerca de lo que es un sistema de Televisión Digital Terrestre; según indica (Collins, 2002) “ *La transmisión de las señales de televisión digital no es diferente a la televisión analógica, la diferencia está en la manera en la que se implementa*” en el caso de televisión digital la señal es manejada de manera distinta a la televisión analógica pero el diagrama conceptual del sistema de transmisión de la señal es similar. Por ejemplo, en la Figura 2.1 se presenta un diagrama de bloques simplificado que se implementa tanto en sistemas de televisión analógicos como en sistemas de televisión digital; para el caso de sistemas digitales la diferencia radica en que “*la señal en banda base está compuesta por un flujo de datos digitales que incluye el video y audio como datos igualmente. El método de modulación también es digital y el excitador usado en el transmisor también es diferente*” (Collins, 2002).

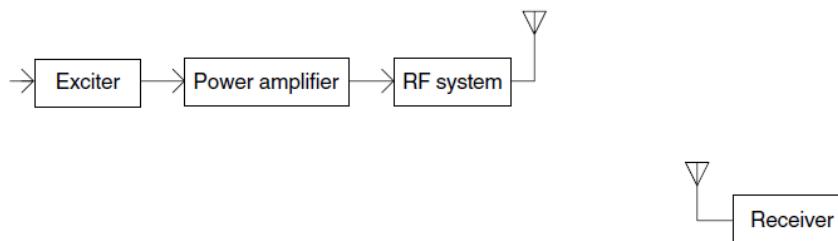


Figura 2.1: Diagrama Conceptual de un Sistema de Transmisión de Televisión.
Fuente: (Collins, 2002)

Otra definición indica que un sistema de televisión digital es considerado como “*un sistema de transmisión que consiste en el muestreo y codificación de imágenes y sonidos en un flujo de datos binarios (ceros y unos) que pueden ser distribuidas a través de diversas redes*” (Bizberge, Krakowiak, Labate, & Morone, 2013)

Finalmente, una tercera definición dice que la televisión digital terrestre “*es una nueva forma de transmitir las señales de Televisión Abierta o gratuita con*

ventajas, como mayor calidad de vídeo, imagen y sonido. Con la transmisión en formato digital se podrá aprovechar, de mejor manera, el espectro radioeléctrico, es decir, se liberarán bandas de frecuencias para el uso de nuevas tecnologías.” (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2017)

La Televisión Digital Terrestre de acuerdo a las diferentes definiciones se puede considerar con un sistema de transmisión que trata la señal de audio y video en banda base de forma digital al igual que al momento de ser transmitida por el espacio aéreo permitiendo obtener una mejor calidad de la señal y la optimización del espectro radioeléctrico.

2.2. Estándares de televisión digital terrestre

Se había determinado que la Televisión Digital como tal permite el tratamiento de la señal de manera digital tanto en banda base como en la etapa de transmisión y puede ser distribuido por diferentes redes ya sean estas: Terrestre (Radioeléctrica), Satelital, Redes Físicas, etc. Para el caso de TDT existen diferentes estándares en la actualidad que han sido implementados de acuerdo a las necesidades de cada país.

Existen 4 estándares actualmente a nivel mundial y son los siguientes:

- Estándar Estadounidense ATSC
- Estándar Europeo DVB-T
- Estándar Japonés ISDB-T
- Estándar Chino DTMB

En la Figura 2.1 se puede visualizar la adopción de los diferentes estándares de Televisión Digital Terrestre a nivel mundial diferenciados de la siguiente manera: Color verde para ATSC, Color Azul para DVB-T, Color Rosado para ISDB-T (Incluido ISDB-Tb) y finalmente Amarillo para el estándar DTMB. Se puede apreciar claramente que en relación al número de países, el estándar europeo es el que más adopción a tenido seguido por el estándar japonés.

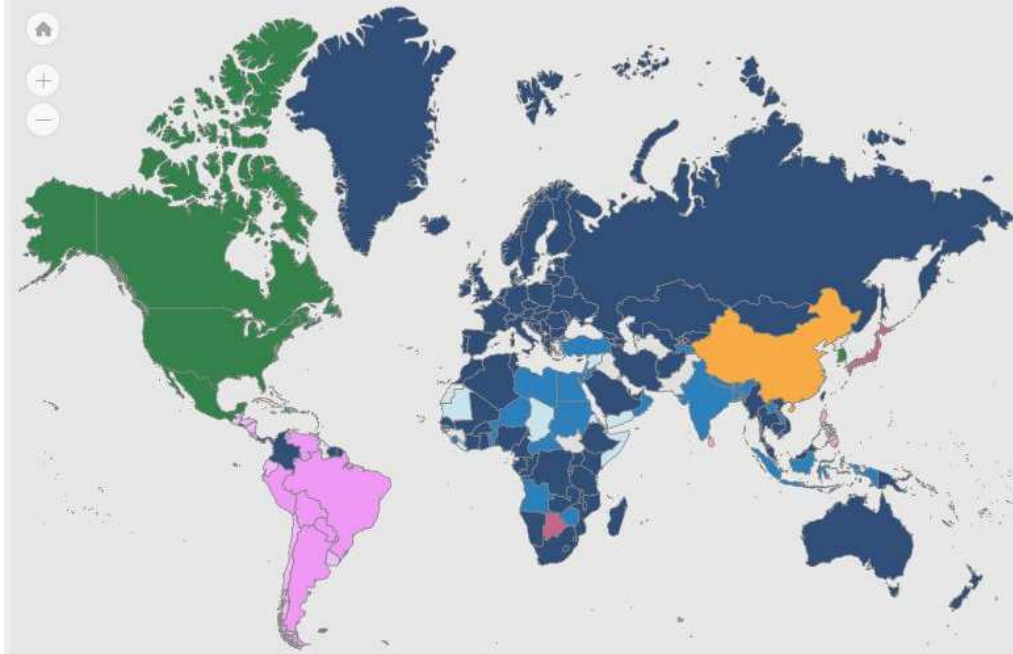


Figura 2.2: Mapa de Adopción de Estándares de Televisión Digital.
Fuente: (“Digital Terrestrial Television (DTT) - World Map (high resolution),” 2017)

2.2.1. Estándar estadounidense ATSC

ATSC (Advanced Television Systems Committee) es el estándar adoptado para televisión digital por Estados Unidos, Canadá, Corea del Sur y México. El Estándar ATSC consiste en un sistema diseñado para transmitir video de alta calidad y audio utilizando canales de 6 MHz y permite entregar una tasa de datos de información de alrededor de 19 Mbps. Se lo puede utilizar también con canales de 7 y 8 MHz.

Utiliza 2 métodos de operación para transmisión de la señal: 8-VSB (Vestigial Side Band) y 16-VSB; para el manejo del video comprende el uso de MPEG y para la señal de audio el uso del estándar ATSC AC-3.

Es un estándar que se diseñó principalmente para minimizar efectos de interferencia, mejorar la eficiencia del espectro radioeléctrico a través de los métodos de operación que utiliza y para ser implementado en redes de frecuencia múltiples (MFN).

2.2.2. Estándar europeo DVB

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI European Telecommunications Standards Institute) definió un conjunto de estándares para lo que es difusión de televisión digital y estos se encuentran definidos para televisión por satélite, cable y televisión digital terrestre. Para el caso de TDT se encuentra definido el estándar ETS 300 744 y se lo conoce como DVB-T (Digital Video Broadcast – Terrestrial).

El estándar DVB-T ha tenido la mayor adopción a nivel mundial concentrando su adopción en Europa, Oceanía, un gran porcentaje de África y Asia. En América se encuentra en etapa de implementación en Colombia, Panamá y Groenlandia.

DVB-T está diseñado para transmitir datos, señales de video y audio digital de alta calidad en canales de 7 u 8 MHz alcanzando una tasa de datos de información de alrededor de los 32 Mbps.

Es un estándar fuerte frente a las interferencias y optimiza el uso del espectro radioeléctrico a través del uso de redes de frecuencia única (SFN Single Frequency Network). Utiliza 2 métodos de operación: 2k y 8k implementando COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) como método de transmisión de la información. El estándar para el manejo de la información de audio y video usa MPEG-2 en su versión inicial; en 2008 incursiono la DVB-T2 la cual presenta el uso de H.264/MPEG-4 AVC.

2.2.3. Estándar japonés ISDB-T

ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) es el estándar para TDT desarrollado por el Grupo de Expertos en Televisión Digital del Japón (DiBEG). Adoptado por la mayoría de países en América Latina, Centro América y Japón es un estándar muy similar al DVB-T con la diferencia que utiliza segmentación en la banda de transmisión para permitir flexibilidad en el manejo de datos, video y audio en definición estándar y alta calidad.

ISDB-T está diseñado para ser transmitido en canales de 6, 7 u 8 MHz y presenta tasas de datos de información de 3.5 a 31 Mbps aproximadamente.

Para la transmisión el estándar utiliza BST-OFDM (Band Segmented Transmission-OFDM) el cual define que cada canal físico (6 MHz) se divida en 13 segmentos y cada uno de estos segmentos maneje individualmente su tipo de modulación sea esta: QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM.

El sistema ISDB-T para el manejo de video usa MPEG-2 y para el manejo de audio MPEG-2 ACC. La variación brasileña ISDB-Tb se diferencia en relación al estándar japonés por la implementación del uso de la norma H.264 para el manejo de video.

2.2.4. Estándar chino DTMB

DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) es el estándar definido por el gobierno chino para la implementación de televisión digital y fue lanzado oficialmente en el año 2007. Actualmente los países que se encuentran implementando o adoptando este estándar es China y Cuba.

DTMB al igual que el estándar japonés está diseñado para soportar recepción fija y móvil combinando programación de alta definición, programación en definición estándar y datos para interactividad.

DTMB está diseñado para transmitir en canales físicos de 6 u 8 MHz y presenta tasas de datos de información de 4.8 a 32.5 Mbps aproximadamente. Para la transmisión el estándar utiliza TDS-OFDM (Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y las modulaciones disponibles para DTMB son: 4QAM, 16-QAM o 64-QAM.

Las ventajas más relevantes del estándar es la opción de poder operar sistemas de red única (SFN) y sistemas de redes múltiples (MFN). Adicionalmente el estándar presenta una mejor eficiencia espectral, mayor rapidez en la sincronización y

estimación del canal en relación a los otros sistemas.

2.3. Estándar ISDB-T

2.3.1. Características generales del estándar

Como se mencionó en el numeral 2.2.3 como una breve descripción, ISDB-T es el estándar desarrollado por DiBEG y que se encuentra en etapa de implementación en la mayoría de países de América Latina y Centro América.

ISDB-T es un estándar que puede ser implementado en canales de 6, 7 u 8 MHz, debido a la naturaleza del estudio se procederá a dar una explicación del estándar bajo la utilización de los 6 MHz.

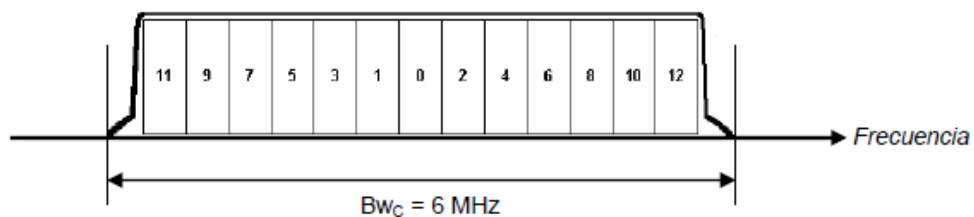


Figura 2.3: Segmentación del canal de 6MHz en ISDB-T.
Fuente: (Pisciotta, 2010)

De acuerdo a la Figura 2.3, se puede apreciar que ISDB-T en un canal de 6MHz se encuentra dividido en 13 segmentos los cuales tienen un ancho de banda de 428.57 KHz determinado por la siguiente relación:

$$AB_{segmento} = \frac{6MHz}{14 \text{ segmentos}} = 0.42857 MHz = 428.57 KHz$$

Para estimar el ancho de banda de un segmento se determinan en total 14 segmentos de los cuales uno se encuentra destinado para el uso de bandas de guarda. Por esta razón el ancho de banda disponible del canal en realidad es el de 13 segmentos de 428.57 KHz de ancho de banda cada uno, es decir, 5571,41 KHz.

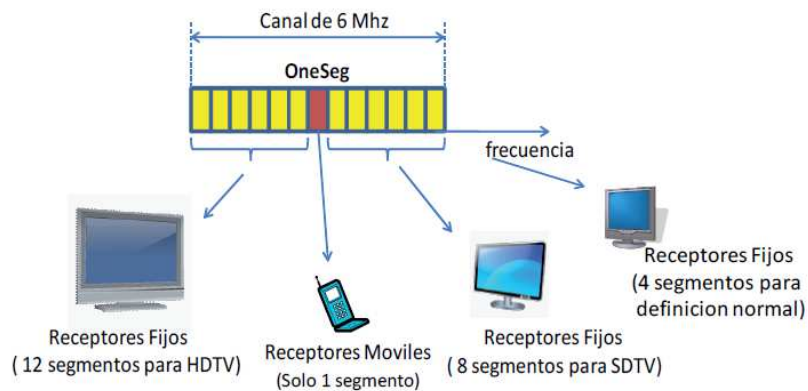


Figura 2.4: Utilización de los segmentos para programación en ISDB-T.
Fuente:(Loyola Arroyo, 2011)

De acuerdo a la Figura 2.4 se puede apreciar que de los 13 segmentos asignados al canal de 6MHz para la operación de televisión digital existe uno en la parte central denominada One Seg, el mismo es utilizado para la transmisión de programación para receptores móviles. De los 12 segmentos restantes dependiendo del número de segmentos utilizados se puede diferenciar el tipo de información a ser transmitida. Por ejemplo, con el uso de los 12 segmentos se puede transmitir 1 canal en alta definición HD, con 8 segmentos un canal con definición estándar SD y con 4 segmentos un canal con baja definición LD.

Bandas de guarda en ISDB-T

De los 428.57 MHz que se tiene asignado para bandas de guarda en ISDB-T se presenta el siguiente inconveniente:

Con la implementación de la televisión digital en un entorno urbano se observa la siguiente situación. La operatividad de estaciones de televisión digital y televisión analógica simultáneamente. Como se puede ver en la Figura 2.5 existe una porción de espectro radioeléctrico donde hay 3 canales de televisión: un canal digital ubicado en mitad de 2 canales analógicos; de acuerdo a esto, el canal digital al tener una banda de guarda simétrica va a producir un espaciamiento

disparejo en ambos extremos del canal con relación a los canales de televisión analógica adyacentes.

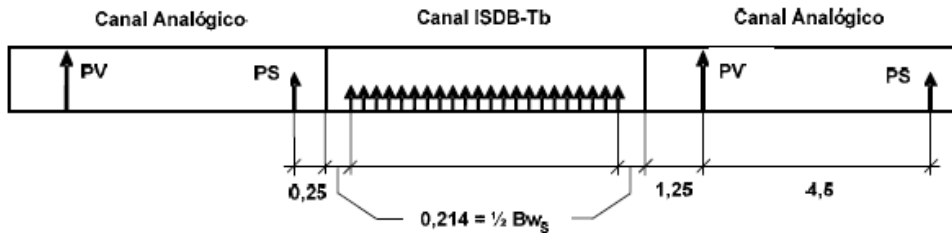


Figura 2.5: Canalización Mixta Televisión (Analógica - Digital).
Fuente: (Pisciotta, 2010)

Para asegurar un adecuado espaciamiento y control de interferencias es necesario utilizar para el caso de los canales digitales utilizar una banda de guarda asimétrica. Por lo tanto se ha determinado en base a mediciones las siguientes relaciones:

$$G_i = \frac{5}{14} \text{MHz} = 0.357 \text{MHz}$$

$$G_2 = \frac{1}{14} \text{MHz} = 0.071 \text{MHz}$$

$G_1 \rightarrow$ Banda de Guarda Inferior; $G_2 \rightarrow$ Banda de Guarda Superior

Con el uso de las bandas asimétricas la frecuencia central denominado f_0 a la cual se encuentra situado el segmento central presenta un desplazamiento. El nuevo desplazamiento se denominado f_0' .

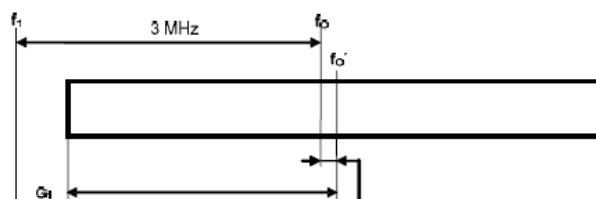


Figura 2.6: Offset Frecuencia Central en ISDB-T.
Fuente: (Pisciotta, 2010)

De acuerdo a la Figura 2.6 el valor de desplazamiento adicional de la frecuencia central se considera la siguiente relación:

$$f_0' - f_0 = \frac{1}{7} \text{MHz}$$

$$f_0' = f_0 + \frac{1}{7} \text{MHz}$$

Para determinar el valor del desplazamiento adicional se considera que f_0' vendría a ser el valor de ocupación de 6 y medio segmentos de los 13 disponibles más el valor adicional de la banda de guarda asimétrica inferior menos la mitad del canal de 6 MHz.

Diagrama de bloques de ISDB-T

De acuerdo a la Figura 2.7 se representa de manera sencilla el diagrama de bloques que tiene el estándar ISDB-T. Inicialmente la información de Audio, Video y Datos son sometidas a un proceso de compresión y codificación. Posteriormente esta información es multiplexada y unificada en una trama de transporte (Transport Stream). La TS ingresa en un proceso de codificación de canal en el cual se le adiciona información de control para posteriormente transmitir esa información utilizando BST-OFDM. A continuación, se explicará cada una de las etapas que son parte del diagrama de bloques del estándar ISDB-T

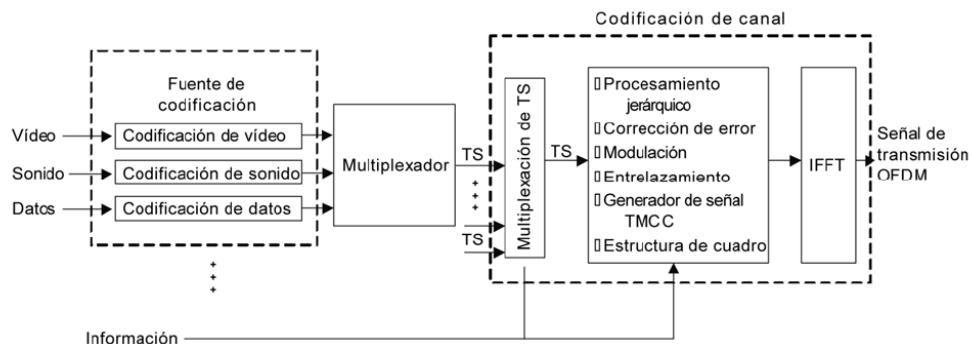


Figura 2.7: Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión en ISDB-T.
Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

2.3.2. Compresión y codificación de audio y video

En esta primera etapa considerada como etapa de ingreso, el estándar japonés adoptó el utilizar para el caso de la información de audio y video el formato de transporte MPEG-2. La información de audio, video y datos (formato especial) se codifica y comprime utilizando MPEG-2. En un inicio se denomina a este paquete de información como ES (Elementary Stream). Los ES son organizados y se empaquetan en unidades definidas conocidas como PES (Packetized Elementary Stream). A continuación, se presenta el primer nivel de multiplexación donde se combina la información proporcionada por los PES de audio, video y datos en una única trama de transporte denominada TS (Transport Stream) con una longitud de 188 Bytes considerando que 1 Byte es utilizado para Sincronismo y 187 Bytes como información útil.

2.3.3. Codificación del canal

A continuación luego de que la información de audio, video y datos es procesada y combinada en una única trama de transporte se procede con los siguientes procesos descritos a continuación:

2.3.3.1. Multiplexación de TS y procesamiento jerárquico

Una de las falencias que presenta MPEG-2 es que no fue diseñado para transmisión jerárquica o recepción móvil, es por esta razón que el estándar adiciona 16 Bytes a la TS y denomina a los nuevos paquetes como TSP (Transport Stream Packet) con una longitud de 204 Bytes.

Los TS inicialmente pasan por un proceso de codificación de canal en el cual se utiliza el Código Red Solomon (204,188) que permite asegurar la corrección hasta de 8 Bytes en el receptor.

Posteriormente los TSP se multiplexan y se ubican en un contenedor denominado BTS (Broadcast Transport Stream) permitiendo de esta manera obtener diferentes servicios en diferentes niveles jerárquicos.

Estos niveles jerárquicos se definen 3 capas denominadas: A, B y C, es por esto que de los 13 segmentos en ISBT se puede definir hasta 3 capas para transmisión de HDTV, SDTV, LDTV o recepción móvil.

2.3.3.2. Corrección de error

Una vez generado el BTS el siguiente proceso es utilizar un método de dispersión de energía donde se distribuye de forma equitativa la energía generada por el flujo de bits en el plano espectral. Esto es *“para asegurar la dispersión de energía del espectro radiado”* (Luz, 2005)

El proceso consiste en separar la información contenida en Bytes continuos para que los errores se distribuyan de mejor forma y evitar lo que se conocen como ráfagas de error (Burst Error). Por lo tanto, se aplica un Entrelazado de Byte (Byte Interleaving) reordenando la trama de información introduciendo retardo para Bytes continuos.

Posteriormente en el receptor la información es reordenada nuevamente.

Finalmente, los datos pasan por el último proceso de codificación en el cual se utiliza un codificador convolucional y se complementa con un proceso denominado “punzado”.

El codificador convolucional para el estándar ISDB-T maneja secuencias de salida definidas como K_l y estas pueden ser: $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ y $7/8$. Posteriormente los datos a la salida de codificador pasan por un proceso de selección de acuerdo a un patrón llamado “punzado”.

2.3.3.3. Sistema de transmisión

En la Figura 2.8 se puede apreciar el esquema que utiliza el estándar ISDB- T para la etapa de transmisión. Inicialmente la información luego de ser codificada ingresa en un proceso de mapeo de bits a símbolos y es separada por cada nivel jerárquico para ser modulada dependiendo del servicio que se vaya a transmitir. En un mismo canal de 6 MHz puede existir hasta 3 capas o niveles jerárquicos y cada uno de ellos de manera independiente maneja su tipo de modulación.

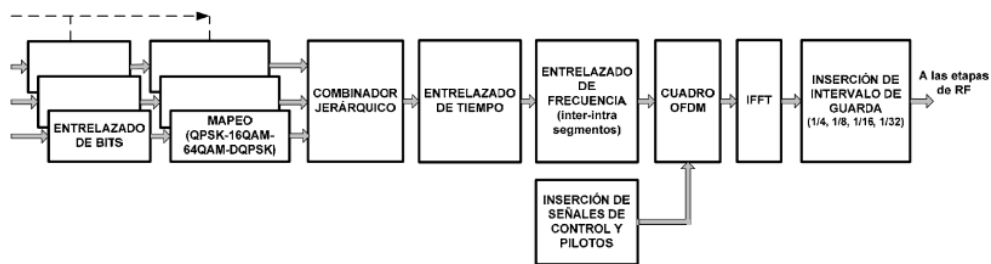


Figura 2.8: Diagrama de Bloques del Sistema de Transmisión en ISDB-T.
Fuente: (Pisciotta, 2010)

Los tipos de modulación que el estándar permite manejar son:

- DQPSK
- QPSK (Transmisión recepción móvil – One seg)
- 16 QAM
- 64 AQM (Transmisión HDTV)

La información generada de las diferentes capas jerárquicas es combinada e insertada dentro de segmentos de datos temporalmente donde se realiza un proceso de entrelazado en el tiempo y luego un entrelazado en frecuencia.

Se estructura el cuadro OFDM formado por los símbolos sucesivos y se agregan varias señales piloto para control y sincronismo. En el estándar ISDB-T existen 3 modos de transmisión, cada uno de ellos se componen de diferentes números de

subportadoras y se clasifican en: Modo 1, Modo 2, Modo 3 presentando las siguientes características de acuerdo a la tabla 2.1

Tabla 2. 1: Modos de Transmisión en ISDB-T.

ISDB-T	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Numero de Segmentos OFDM	13		
Ancho de Banda Útil	5.575 MHz	5.573 MHz	5.572 MHz
Separación entre Portadoras	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
Numero de Subportadoras	1405	2809	5617
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Numero de Símbolos por Trama	204		
Duración de un Símbolo	252 us	504 us	1008 us
Duración del Intervalo de Guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de Símbolo		
Secuencia de Salida - Codificador	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8		
Tasa de Transmisión	3.651 - 23.234 Mbps		

Fuente: (“DiBEG | Structure of Japan’s Digital Broadcasting Standard,” n.d.)

Es importante acotar que de acuerdo a (Loyola Arroyo, 2011) “ *El modo 1 se utiliza en la tecnología OneSeg para dispositivos móviles debido a su gran resistencia al corrimiento de la frecuencia de transmisión ocasionado por el efecto Doppler. Los modos de transmisión 2 y 3 con su mayor intervalo de guarda de OFDM, se utilizan en redes de una sola frecuencia (single frequency network) para contrarrestar el problema de multitrayectorias originado por antenas colindantes que utilizan la misma frecuencia de transmisión. Esta mayor resistencia se debe al mayor espacio entre subportadoras vecinas en el dominio de la frecuencia.*”

Ahora bien, es importante considerar la información de los diferentes tipos de modos y sus características debido a que dependiendo del modo que se elija para la transmisión y el tipo de modulación, se estructurará la trama OFDM a ser transmitida.

Como ejemplo se tiene la Figura 2.9 donde se presentan 2 diferentes tramas para OFDM utilizando un segmento con el Modo 1 para la transmisión.

En la trama de la izquierda se utiliza modulación QAM y en la trama del lado derecho se utiliza DQPSK. La disposición de los datos y las portadoras piloto y control difieren de acuerdo a la modulación que se ocupe.

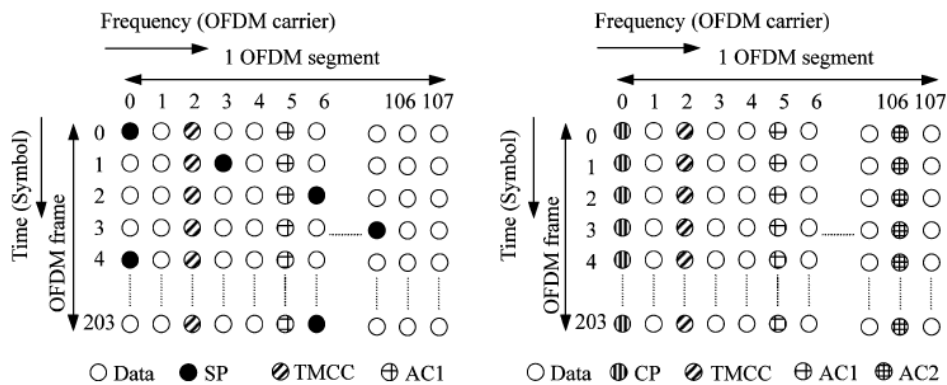


Figura 2.9: Estructura de trama OFDM.
Fuente: (Takada & Saito, 2006)

2.3.4. Red de frecuencia única (SFN) y múltiple (MFN)

En lo que respecta al estándar ISDB-T existen 2 tipos de redes que se pueden implementar. El primero conocido como Red de Frecuencia Única (SFN) y el segundo conocido como Red de Frecuencia Múltiple (MFN)

Las redes SFN, Figura 2.10, son capaces de reutilizar la misma frecuencia de transmisión para replicar la señal en áreas continuas o adyacentes. Generalmente estas redes son utilizadas como una solución efectiva ante la saturación del espectro radioeléctrico en las bandas de televisión.

Un ejemplo claro del uso de estas redes es principalmente en ciudades donde existe un transmisor de gran potencia y repetidores que replican la señal utilizando

potencias menores. Uno de los inconvenientes de las redes SFN principalmente es la interferencia que se produce entre símbolos debido al solapamiento de las áreas de cobertura. En ISDB-T esto se puede reducir considerablemente utilizando mayores intervalos de guarda entre símbolos, es por esta razón y como se indicó en el numeral 2.3.3.3 que los modos 2 y 3 son utilizados generalmente en estos casos.

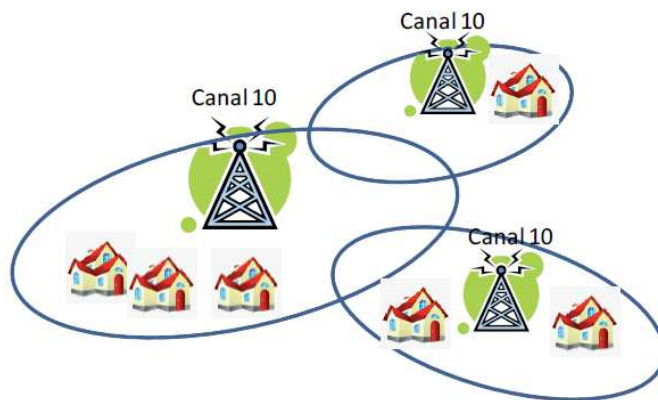


Figura 2.10: Redes de Frecuencia Única (SFN).
Fuente: (Loyola Arroyo, 2011)

Las Redes de Frecuencia Múltiple (MFN Multiple Frequency Network), Figura 2.11, como su nombre lo indica son todo lo contrario a una red SFN debido a que en este tipo de esquemas se utilizan diferentes canales o frecuencias de televisión para la transmisión de una misma programación.

Estas redes son de uso muy común en Japón especialmente para ciudades pequeñas donde la disponibilidad de espectro es mayor. Las redes MFN son mucho menos eficientes que las redes SFN pero en costos de implementación son mucho más económicas.

Para el caso de Latinoamérica las redes MFN no son muy consideradas para su implementación.

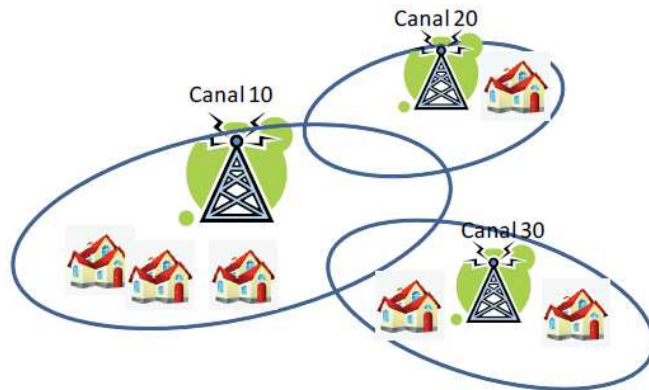


Figura 2.11: Redes de Frecuencia Múltiple (MFN).
Fuente: (Loyola Arroyo, 2011)

2.3.5. Sistema de recepción

Los sistemas de recepción para el estándar ISDB-T tienen que considerar algunas diferencias en relación a los sistemas de recepción habituales de Televisión Analógica Abierta. Se presentan los más importantes a continuación:

- Los receptores de televisión digital terrestre deben ser adecuados para permitir la interoperabilidad entre transmisiones analógicas y digitales, es decir, deben ofrecer una solución que permita la conversión digital al formato analógico. Esto debido a la gran cantidad de terminales que existen actualmente. Estos dispositivos conversores son conocidos como “Set-Top Box”.
- Una ventaja de los receptores digitales frente a los receptores analógicos es un menor umbral de recepción. Para el caso analógico comúnmente un receptor necesita al menos obtener una señal con un valor de intensidad de campo de 70 dBuV/m, en el caso digital gracias a su resistencia al ruido e interferencia puede recibir al menos una señal con un valor de intensidad de campo de 60 dBuV/m comúnmente. En el Ecuador el valor de intensidad de campo eléctrico se encuentra definido en 51 dBuV/m para un área de servicio principal. La desventaja frente a utilizar un menor umbral de recepción es la complejidad en la recepción debido al uso de mecanismos de corrección de errores y técnicas de interleaving.

- En televisión analógica a medida que existe una degradación de la señal transmitida: la señal de video y audio empeoran gradualmente permitiendo observar fenómenos como graneado de la señal de video o disminución en la intensidad del audio hasta llegar a casos donde la degradación es tal que tanto video como audio logran ser percibidos con dificultad. Para el caso de receptores digitales una disminución en la intensidad de la señal no implica degradación de la calidad de imagen, audio o datos, es decir, la calidad de la señal siempre debe ser la misma frente a las degradaciones y esa es una de las características principales que deben tener en cuenta los receptores digitales. Únicamente el usuario perderá abruptamente la percepción visual de la señal digital en el momento que la señal recibida sea menor al umbral de recepción del equipo, a este comportamiento se le conoce como efecto arrecife.

En la Figura 2.12 se puede apreciar una comparación en la calidad de la señal vs potencia recibida de un sistema de Televisión Digital y un sistema de Televisión Analógica.

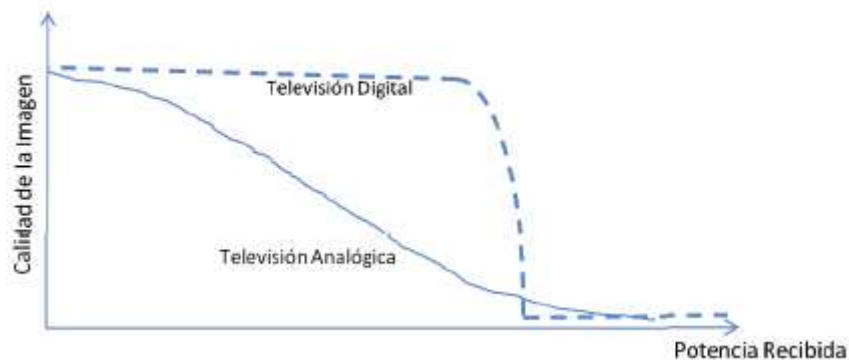


Figura 2.12: Calidad de Imagen Televisión Analógica vs Televisión Digital.
Fuente: (Loyola Arroyo, 2011)

2.3.6. Estándar ISDB-Tb

Se ha detallado en los numerales anteriores las principales características del estándar ISDB-T. Existe una variación brasileña del estándar japonés conocido

como ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial, Brazilian version). Esta modificación al estándar japonés es el utilizado en su gran mayoría en Latinoamérica y Centroamérica por lo que realizar una descripción de las modificaciones efectuadas al estándar inicial es sumamente importante.

ISDB-Tb presenta el mismo patrón de características operacionales que el estándar japonés con la diferencia inicial en la etapa de compresión del sistema de audio y video. ISDB-Tb para la compresión de la información de video utiliza la recomendación ITU-T H.264 (MPEG-4 AVC, Advanced Video Coding) y para audio el estándar MPEG-4 AAC; con estas modificaciones se aporta con una eficiencia del doble que ofrece el estándar ISDB-T en relación a la multiprogramación, es decir, ISDB-Tb permite la transmisión simultánea de 6 canales en definición estándar o 4 canales en súper definición o 2 canales en alta definición; también se puede utilizar la multiprogramación combinando las diferentes opciones indicadas.

Otra diferencia importante de ISDB-Tb es el uso de un mayor número de cuadros por segundo para el caso de recepción móvil, 30 cuadros por segundo en lugar de 15 cuadros por segundo manejado por ISDB-T. Finalmente incluir que ISDB-Tb presenta interactividad y para ello ISDB-Tb cuenta con el middleware denominado Ginga NCL como herramienta para la desarrollo e implementación de aplicaciones.

2.4. ISDB-Tb en el Ecuador

La inserción de la televisión digital terrestre en el Ecuador tuvo sus inicios en el año 2010 cuando la Ex Superintendencia de Telecomunicaciones - SUPERTEL (Actualmente ARCOTEL) realizó pruebas técnicas de los diferentes sistemas de televisión digital terrestre existentes: ATSC, DVB, ISDB-Tb y DTMB. Como resultado de esas pruebas se emitió un informe técnico donde se realizaba un análisis de los diferentes estándares de TDT. Este análisis consideraba parámetros como: Inversión, Impacto Social Económico, Aspecto Técnicos y Planificación

del Espectro. Dicho informe se remitió al entonces Consejo Nacional de Telecomunicaciones - CONATEL, el cual mediante Resolución 084-05-CONATEL-2010 de fecha 25 de marzo de 2010 resolvió adoptar el estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb para ser implementado en el país.

2.4.1. Apagón analógico

En agosto de 2011 se crea el Comité Técnico de Implementación de la Televisión Digital Terrestre (CITDT) el cual es el encargado de coordinar y asesorar técnicamente en el proceso de implementación de TDT.

En julio de 2011 el Entonces CONATEL delega al Ministerio de Telecomunicaciones para que lidere y coordine el proceso de implementación de TDT. Mediante Resolución RTV-681-24-CONATEL-2012 fecha de 18 de octubre de 2012 se aprueba el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre donde se considera la opción de solicitar autorizaciones temporales para la operación de estaciones de televisión digital terrestre donde se determina como principales parámetros: el ancho de banda para la operación de ISDB-Tb se mantiene en los 6MHz como en el caso analógico, se atribuye la banda UHF para el servicio de TDT en Simulcast y se acuerda el cronograma del apagón analógico de acuerdo al siguiente detalle:

- 31 de diciembre de 2016 para “*áreas de cobertura de las estaciones que cubran al menos una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población mayor a 500,000 habitantes*” (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2010)
- 31 de diciembre de 2017 para “*áreas de cobertura de las estaciones que cubran al menos una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población entre 500,000 y 200,000 habitantes*”(Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2010)

- 31 de diciembre de 2018 para “*áreas de cobertura de las estaciones que cubran al menos una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población menor a 200,000 habitantes*”(Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2010)

Este cronograma inicial se vio afectado debido a diversos factores, razón por la cual a través de un pronunciamiento del MINTEL y su réplica a través de diferentes medios de comunicación en diciembre de 2016, se comunicó a los ciudadanos que la nueva fecha para que la primera fase finalice sería el 30 de junio de 2017 y no el 31 de diciembre de 2016 como se resolvió inicialmente de acuerdo a lo indicado en el Plan Maestro de Transición.

Actualmente la primera fase para el apagón analógico no logro finalizarse en junio de 2017, y una de las razones para ello es que “... *el MINTEL ha establecido, como uno de los requisitos primordiales para la evolución a la Televisión Digital Terrestre –TDT-, que al menos el 90% de la población debe estar preparada para recibir en sus hogares la señal digital.*” (“MINTEL reprograma el cronograma de evolución a la televisión digital terrestre – TDT.,” 2017), razón por la cual a través de un comunicado emitido en el mes de junio de 2017 resolvió reprogramar el cronograma del apagón analógico con al menos un año más, es decir, tentativamente hasta mediados del 2018 para la fase inicial.

2.4.2. Normativa Técnica

Mediante Resolución N° CITDT-2011-02-004 de 16 de septiembre de 2011, el CITDT aprueba la conformación del Grupo de Aspectos Técnicos y Regulatorios (GATR) parte integrante del Grupo de Asesoría y Comités Consultivos del CITDT. El GATR contempla como una de sus actividades principales la elaboración de una propuesta de normativa técnica para TDT.

Una vez elaborada la propuesta de normativa se pone en conocimiento al MINTEL; el Comité Técnico de Implementación de la Televisión Digital

Terrestre (Grupo conformado por el MINTEL) aprueba la propuesta y remite a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para la elaboración y aprobación de la normativa definitiva.

La ARCOTEL en abril de 2015 conforma un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual fue el encargado de elaborar el proyecto de normativa. Dicho proyecto se puso en conocimiento del público en general a través audiencias públicas y mediante Resolución ARCOTEL-2015-0301 de fecha 14 de agosto de 2015 la ARCOTEL autoriza la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre.

La normativa técnica contempla los parámetros, canalización de frecuencias y condiciones técnicas bajo las cuales los sistemas de televisión digital abierta tienen que operar en el Ecuador utilizando el estándar ISDB-Tb.

La norma técnica se encuentra dividida en los siguientes capítulos:

- Capítulo I – Aspectos Generales: en este capítulo se encuentra definido el objeto de la normativa técnica, Ámbito, Definiciones y Abreviatura de la terminología técnica utilizada a lo largo de la norma técnica.
- Capítulo II – Bandas de Frecuencias, Canalización y Canales: en este capítulo se encuentra indicado las bandas de frecuencias asignadas para el servicio de televisión digital terrestre con sus respectivos rangos de operación, canalización de cada una de las bandas de frecuencias indicando el número de canal físico, frecuencia inicial y final (MHz) de canal físico y frecuencia central de operación. Adicionalmente se encuentra definido la manera en la que la ARCOTEL realizara la Asignación de Canales, asignación de frecuencias auxiliares y asignación de canales en zonas fronterizas.
- Capítulo III – Características Técnicas: En esta sección se define todo lo referente a los parámetros técnicos, Multiprogramación y Televisión Móvil – One Seg que deben cumplir las estaciones de televisión digital terrestre. En la sección Parámetros técnicos se encuentra definido el estándar de

transmisión de TDT, Intensidad de campo mínima, Tasa de Error (MER), Intensidad de Emisiones Espurias, Relación de Protección de Señales, Mascara de Transmisión, Redes de Frecuencia Única (SFN), Redes de Frecuencia Múltiple (SFN), Características de Transmisión y Características adicionales de la Trama de Datos.

2.4.2.1. Banda de frecuencias y canalización

La norma técnica establece que las bandas de frecuencias atribuidas para el servicio de televisión digital terrestre se encuentren dispuestas en la banda UHF específicamente en la Banda IV y Banda V de acuerdo a la Tabla 2.2

Tabla 2. 2: Bandas de Frecuencias para TDT en Ecuador.

BANDA DE FRECUENCIAS UHF TDT	
BANDA IV	de 470 a 482 MHz, 512 a 608 MHz y de 614 a 644 MHz
BANDA V	de 644 a 698 MHz

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

La canalización está dispuesta en 32 canales físicos con un ancho de banda de 6 MHz. Para canales lógicos debido a la multiprogramación la norma establece un máximo de 55 canales lógicos. La frecuencia de la portadora principal está definida a $1/7$ MHz de la frecuencia central del canal físico, esto debido al uso de bandas de guarda asimétricas.

Tabla 2. 3: Canalización para TDT en Ecuador.

CANALES UHF			
CANAL FÍSICO	FRECUENCIA INICIAL DEL CANAL (MHz)	FRECUENCIA FINAL DEL CANAL (MHz)	FRECUENCIA DE LA PORTADORA CENTRAL DE LA SEÑAL (MHz)
14	470	476	$473 + 1/7$
15	476	482	$479 + 1/7$
21	512	518	$515 + 1/7$

CANALES UHF			
CANAL FÍSICO	FRECUENCIA INICIAL DEL CANAL (MHz)	FRECUENCIA FINAL DEL CANAL (MHz)	FRECUENCIA DE LA PORTADORA CENTRAL DE LA SEÑAL (MHz)
14	470	476	473 + 1/7
15	476	482	479 + 1/7
22	518	524	521 + 1/7
23	524	530	527 + 1/7
24	530	536	533 + 1/7
25	536	542	539 + 1/7
26	542	548	545 + 1/7
27	548	554	551 + 1/7
28	554	560	557 + 1/7
29	560	566	563 + 1/7
30	566	572	569 + 1/7
31	572	578	575 + 1/7
32	578	584	581 + 1/7
33	584	590	587 + 1/7
34	590	596	593 + 1/7
35	596	602	599 + 1/7
36	602	608	605 + 1/7
38	614	620	617 + 1/7
39	620	626	623 + 1/7
40	626	632	629 + 1/7
41	632	638	635 + 1/7
42	638	644	641 + 1/7
43	644	650	647 + 1/7
44	650	656	653 + 1/7
45	656	662	659 + 1/7
46	662	668	665 + 1/7
47	668	674	671 + 1/7
48	674	680	677 + 1/7
49	680	686	683 + 1/7
50	686	692	689 + 1/7
51	692	698	695 + 1/7

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

En la Tabla 2.3 se puede visualizar la canalización para TDT. La asignación empieza en el canal 14 y termina en el canal físico 51; el canal 37 que no se encuentra asignado debido a que está contemplado de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias para el servicio de radioastronomía.

Además, una de las consideraciones que se realiza en la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre es que para la ciudad de Cuenca la asignación del canal 15 (476-482 MHz) no es posible debido a que este canal se encuentra dispuesto para el servicio de telefonía fija inalámbrica rural con el uso de CDMA 1X.

2.4.2.2. Intensidad de campo mínima a proteger

De acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre las estaciones de televisión deben mantener un nivel de intensidad de campo eléctrico de 51 dBuV/m para por lo menos el 90% del tiempo y el 50% de los sitios donde se recepta la señal con antenas exteriores.

2.4.2.3. Tasa de error

De acuerdo a (Alonso, Pupo, Hernández, & Nieto, 2015) se define a la Tasa de Error de Modulación (MER Modulation Error Rate) como un "... parámetro cuantitativo que permite evaluar la calidad de una modulación digital. Brinda información sobre la degradación de las señales debido a múltiples causas, como pueden ser las que afectan la relación señal ruido, las provocadas por el ruido de fase de osciladores, las perturbaciones causadas por los ecos, entre otras".

En la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre se define que este parámetro debe cumplir con un valor medido de MER igual o mayor a 32 dB.

2.4.2.4. Espurias y relación de protección

A lo que respecta a la intensidad de emisiones espurias o señales no deseadas dentro o fuera del canal físico, se establece las siguientes condiciones de acuerdo a la Tabla 2.4

Tabla 2. 4: Intensidad de Emisiones Espurias.

SEPARACIÓN EN RELACIÓN CON LA PORTADORA CENTRAL DE LA SEÑAL DIGITAL	ATENUACIÓN MÍNIMA EN RELACIÓN CON LA POTENCIA MEDIA MEDIDA EN LA FREQ. CENTRAL DE LAS PORTADORAS OFDM
> 15 MHz	60 dB para $P > 25$ W, Limitada a 1 mW en VHF y 20mW en UHF.
< -15 MHz	Para $P \leq 25$ W, Limitada a 25 μ W en VHF y UHF.

Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Para la relación de protección de señal deseada/señal no deseada se detalla en la Tabla 2.5 los parámetros de protección que se deben cumplir:

Tabla 2. 5: Relación de Protección Señal Deseada/Señal Interferente.

SEÑAL DESEADA	SEÑAL INTERFERENTE	RELACIÓN DE PROTECCIÓN (DB)		
		CANAL INFERIOR (N-1)	COCANAL	CANAL SUPERIOR (N+1)
NTSC	ISDB-Tb	-11	34	-11
ISDB-Tb	NTSC	-26	7	-26
ISDB-Tb	ISDB-Tb	-24	19	-24

Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Estos valores se encuentran considerados para el peor de los casos, es decir cuando se utilice la modulación 64 QAM con un FEC de 3/4.

2.4.2.5. Mascara de transmisión

Para evitar interferencias en los canales adyacentes tanto de estaciones de televisión digital como televisión analógica, la norma ha acogido la observación

que realiza la norma ABNTNBR 15601 en relación al uso de máscaras de transmisión a la salida del transmisor. La norma técnica optó por el uso de filtros de máscara crítica y la atenuación que debe mantener dicho filtro se encuentra detallado en la Tabla 2.6

Tabla 2. 6: Atenuación Mascara de Transmisión Crítica.

SEPARACIÓN O ALEJAMIENTO CON RELACIÓN A LA PORTADORA CENTRAL DE LA SEÑAL DIGITAL (MHz)	ATENUACIÓN MÍNIMA CON RELACIÓN A LA POTENCIA MEDIA, MEDIDA EN LA FRECUENCIA DE LA PORTADORA CENTRAL MÁSCARA CRÍTICA (dB)
-15	97
-9	97
-4.50	67
-3.15	50
-3	34
-2.86	20
-2.79	0
2.79	0
2.86	20
3	34
3.15	50
4.50	67
9	97
15	97

Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

2.4.2.6. Multiprogramación

Del canal físico de 6 MHz asignado, existe la posibilidad de realizar multiprogramación o capas como se indicó anteriormente en el numeral 2.3.3.1, es decir, utilizar canales lógicos para transmitir simultáneamente diferentes programaciones. En la Tabla 2.7 se observa la asignación de los canales lógicos partiendo de un canal físico de 6 MHz.

Tabla 2.7: Multiprogramación para ISDB-Tb.

MULTIPROGRAMACION EN CANAL DE 6 MHz			
HDTV (1080i)			
HDTV (720p)		HDTV (720p)	
HDTV (720p)		SDTV	SDTV
SDTV	SDTV	SDTV	SDTV

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

En la Tabla 2.8 se encuentra definida la distribución de canales lógicos de acuerdo al número de canales físicos. Para el caso de multiprogramación para 2 canales en HDTV (720p) se puede analizar la factibilidad de otorgamiento y es por esta razón que la norma considera esta posibilidad de programación.

Tabla 2.8: Distribución de Canales Lógicos.

Número de canales físicos	Distribución de canales lógicos				Número de canales lógicos
22	HDTV (1080i)				22
7	HDTV (720p)	SDTV	SDTV		21
3	SDTV	SDTV	SDTV	SDTV	12
32	TOTAL				55

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

2.4.3. Asignación de frecuencias – concursos públicos

Con la publicación de la Ley Orgánica de Comunicación – LOC en el registro oficial suplemento 22 el 25 de junio de 2013 establece en el Artículo 106 la distribución equitativa de frecuencias para medios públicos, privados y comunitarios y en el Artículo 110 la adjudicación por concurso para medios privados y comunitarios. De igual manera la Ley Orgánica de Telecomunicaciones publicada el registro oficial suplemento 439 del 18 de febrero de 2015 establece en el Artículo 50 que el otorgamiento de frecuencias se lo realizará a través de un proceso publico competitivo.

En base a esto la ARCOTEL es la entidad encargada de llevar a cabo el proceso y para el efecto actualmente se encuentra culminando la tercera convocatoria a concursos públicos para estaciones de radiodifusión y televisión para medios de comunicación social privados y comunitarios. Para el caso de televisión abierta las bases del concurso contemplan la asignación de frecuencias dentro del rango establecido en la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, esto con el objetivo de liberar aquellas frecuencias de Televisión

que se encuentran en la banda baja de UHF y banda VHF y que en su momento fueron asignadas a estaciones de televisión analógica abierta.

Cuando una persona natural o jurídica accede a una frecuencia a través de concurso público, en la resolución emitida por la ARCOTEL se agrega una cláusula que indica lo siguiente: “... *el concesionario tendrá un año a partir de la adjudicación para iniciar sus operaciones, ya sea en formato de televisión analógica o digital terrestre, con la condición de que una vez que se cumplan los plazos establecidos para el apagón analógico, deberán operar únicamente en el formato ISDB-T Internacional aprobado para la televisión digital terrestre.*” (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2015)

Es por esta razón que los ganadores de los concursos públicos de frecuencias de televisión abierta deben estar preparados para la migración del formato analógico al formato digital en los plazos establecidos para la transición.

2.5. Modelos de propagación para predicción de cobertura

Los Modelos de Propagación para predicción de cobertura son modelos matemáticos actualmente implementados mediante software que permiten predecir con cierto error la intensidad de señal de un servicio de radiocomunicaciones en un área geográfica específica.

Los modelos de propagación en sus inicios fueron desarrollados a través de campañas de medición donde se determinaban en entornos específicos (condiciones climáticas, topografía del terreno, etc.) mediciones de intensidad de señal, en base a estas mediciones se determinaban curvas de atenuación que posteriormente servían para predicciones en condiciones similares; el gran problema de estos modelos es que el error que se presentaba era muy grande debido a que no se consideraba factores como: pérdidas por difracción, pérdidas por multitrayecto, condiciones climáticas diferentes, etc.

A medida que la capacidad de procesamiento de los sistemas computacionales aumentó y los sistemas de información geográfico (SIG) empezaron a ser utilizados para modelar topografías de terrenos con mayor precisión, los modelos de propagación empezaron a ser desarrollados utilizando algoritmos matemáticos más complejos y que permiten realizar predicciones mucho más precisas.

Los modelos de propagación se dividen en 3 clases:

- Modelos Estadísticos: Estos modelos son desarrollados a partir de mediciones de campo (Drive Test) bajo diferentes condiciones de operación: alturas de recepción, frecuencias de operación, polarizaciones de operación. Con toda esta información se obtienen curvas y ecuaciones que son aplicadas para diferentes escenarios.
- Modelos Semi determinísticos: Son modelos de propagación que utilizan cartografía digital y el método de filo de cuchillos para la predicción de cobertura. El modelo de filo de cuchillos consiste en simular obstáculos en el trayecto entre Transmisor y Receptor determinando pérdidas por difracción.
- Modelos Determinísticos: Estos modelos tienen en cuenta para reflexiones y multitrayecto de la señal, son utilizados para ambientes urbanos debido a que requieren de una base de datos vectorial que indican información de edificaciones y estructura de los mismos. Estos modelos ocupan el método Ray Tracing el cual consiste en una técnica utilizada en óptica que permite determinar la reflexión de la señal por obstáculos.

Para el estudio de la propagación de una estación de televisión digital terrestre a continuación se detallan los principales modelos de propagación existentes para determinar el área de cobertura de un sistema de radiodifusión terrestre.

2.5.1. Recomendación UIT-R P.370

La recomendación UIT-R P.370 está basada en la determinación de valores de intensidad de campo eléctrico para ondas métricas y decimétricas, es decir para frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 MHz utilizando curvas de propagación en función de varios parámetros.

En esta recomendación se considera la existencia de curvas que están determinadas para trayectos terrestres y curvas para trayectos marítimos.

Las principales características del modelo estadístico se presentan a continuación:

- Se obtienen valores de intensidad de campo para el 50% de las ubicaciones y distintos porcentajes de tiempo.
- Se consideran también diferentes alturas para antenas transmisoras (37.5 m a 1200 m) y una altura de recepción de 10m. para alturas de transmisión menores a 37.5 m se debe utilizar ciertas consideraciones descritas en la resolución mencionada.
- Si la altura de transmisión no corresponde a las representadas en las curvas se tiene que realizar un proceso de interpolación para obtener el valor de campo eléctrico.

Esta recomendación para servicios de radiodifusión presenta un error considerable en relación al valor real y no es muy considerada para planificación de sistemas de televisión y radiodifusión. Por esta razón como reemplazo se considera la recomendación UIT-R P.1546-5.

2.5.2. Recomendación UIT-R P.1546-5

La recomendación UIT-R P.1546 describe un modelo semi determinístico para la predicción de intensidad de campo eléctrico para servicios terrenales en el rango de frecuencias comprendidos entre 30 a 3000 MHz. A través del uso de curvas

que están basados en función de la distancia, altura de antenas (Transmisión y Recepción), frecuencia de operación y porcentaje de tiempo se puede determinar el nivel de campo eléctrico en un punto determinado.

Adicionalmente una vez obtenido este valor se aplican correcciones donde se considera el despejamiento del terreno y obstáculos que obstruyen la línea de vista entre el transmisor y un punto de recepción referencial.

Las principales características del modelo se presentan a continuación:

- Se obtienen valores de intensidad de campo eléctrico para trayectos terrestres, marítimos o mixtos en frecuencias comprendidas entre 30 a 3000 MHz.
- Se consideran alturas de transmisión de hasta 3000 m y distancias de hasta 1000 m.
- Para alturas de recepción se considera para trayectos terrestre una altura mínima de 1m y para trayectos marítimos una altura mínima de 3m.
- Las curvas de intensidad de campo se encuentran dispuestas para 1%, 10% o 50% de tiempo y para el 50% de las ubicaciones.
- Valores de campo eléctrico expresados en dB para un PER de 1kW.

2.5.3. Recomendación UIT-R P.1812

La recomendación UIT-R P.1812 es un complemento de la recomendación UIT-R P.1546-5 y describe un modelo semi determinístico de predicción de cobertura para servicios terrenales punto a zona de ondas métricas y decimétricas, es decir en el rango de frecuencias comprendido entre 30 a 3000 MHz.

Este método requiere que se cuente con una base digital de las elevaciones del terreno si no se cuenta con esta información es mejor optar por el modelo descrito anteriormente.

Las características de la recomendación se detallan a continuación:

- El método permite predecir la intensidad de campo eléctrico para un porcentaje de tiempo comprendido entre el 1% al 50 % y para porcentajes de ocupación entre el 1% a 90%.
- Comprende la predicción a distancias entre 0.25 km a 3km.
- El método es simétrico como define la recomendación debido a que el tratamiento de los 2 puntos terminales (Transmisor y Receptor) es el mismo. Permite alturas de los 2 puntos terminales hasta los 3000 m de altura sobre el suelo.
- La determinación del campo eléctrico se basa en el uso de ecuaciones las cuales consideran propagación por LOS, difracción, dispersión troposférica, reflexión, etc.
- El método permite predecir la zona de servicio, determinar la disponibilidad de un nivel de señal específico, reducción de la zona de servicio y disponibilidad ocasionada por señales no deseadas.

2.5.4. Okumura Hata - Davidson

En base a las mediciones de campo y obtención de curvas realizadas por Yoshihisa Okumura inicialmente para predicción de campo eléctrico en zonas urbanas; Masaharu Hata en el año de 1980 desarrollo un modelo de ecuaciones que estiman las pérdidas de propagación en diferentes ambientes o zonas: Urbana, Semiurbana y Rural. El resultado que se obtiene de la aplicación de las ecuaciones es la perdida por propagación en función de los parámetros de frecuencia, distancia y las alturas de transmisión y recepción.

Posteriormente la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA) recomendó una modificación del modelo Hata con el objetivo de ampliar el rango de parámetros y distancias del modelo de Okumura – Hata y permitir correcciones de enlaces hasta 300 km de distancia.

Las características del modelo se detallan a continuación:

- El modelo es aplicable para frecuencias entre los 30 MHz a 1500 MHz.
- Distancia entre 1 km hasta 300 km.
- Altura de la antena transmisora desde los 30 m hasta los 200 m.
- Altura de la antena receptora entre 1m y 10 m.
- Se aplica un factor de corrección para la altura de recepción y de define el cálculo para las diferentes zonas indicadas anteriormente.

2.5.5. Recomendación UIT-R P.525-3

Es un modelo de propagación semi-determinístico que trata acerca de la aplicación de fórmulas sobre el cálculo de atenuación en el espacio libre. En esta recomendación se encuentran especificadas fórmulas para enlaces punto a zona y pérdidas en el espacio libre.

Se debe tener en consideración las indicaciones que se realizan en esta recomendación en relación al uso de sistemas radiantes, altura de los sistemas y polarizaciones de los mismos.

En realidad es un modelo de propagación de fácil aplicación pero se realiza el análisis del modelo debido a que se ha sido utilizado comúnmente para la predicción de cobertura de estaciones de radiodifusión (Radio y Televisión).

CAPÍTULO 3

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA TDT EN LA CIUDAD DE CUENCA

En el presente capítulo se realiza el análisis de predicción de cobertura de una estación de TDT en la ciudad de Cuenca y en base a ello se determina las zonas de sombra generadas.

Para ello inicialmente determina el modelo de propagación adecuado para la predicción de cobertura de acuerdo a la zona geográfica. Posteriormente se evalúa el mejor sitio de transmisión y finalmente los parámetros de operación de adecuados para poder evaluar los resultados obtenidos.

3.1. Modelo de propagación para TDT en Cuenca

Para determinar el modelo de propagación de cobertura más idóneo a utilizar en la ciudad de Cuenca se planificó la obtención de mediciones de intensidad de campo eléctrico de una estación de TDT en operación en la ciudad de Cuenca.

Una vez realizadas estas mediciones se evaluó 5 modelos de propagación comúnmente utilizados para la predicción de cobertura de estaciones terrestres en la banda UHF. Finalmente se eligió el modelo de propagación que menor error de medición presentó.

3.1.1. Evaluación de los modelos de propagación

Con el uso del Sistema SACER (Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico) que posee la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) para realizar el control y monitoreo de sistemas de radiocomunicaciones, se procedió a realizar un Drive Test u obtención de la cobertura de una estación de TDT en la ciudad de Cuenca.

Para lo cual se planificó realizar un recorrido por el centro y la periferia de la ciudad tratando de obtener la mayor cantidad de puntos para un análisis adecuado. Una vez obtenido los niveles de campo eléctrico se procedió a depurar las mediciones y determinar puntos específicos para el análisis de cobertura.

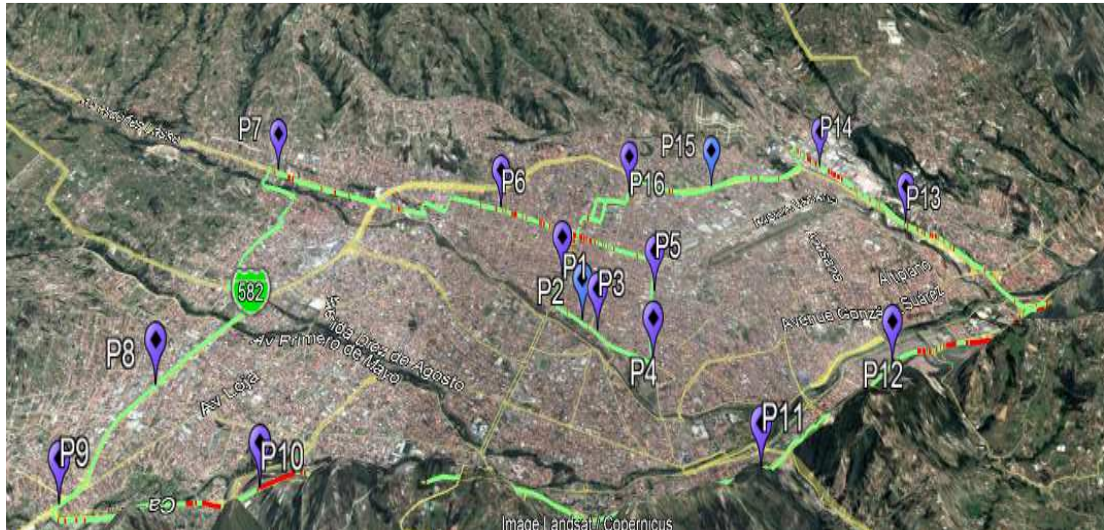


Figura 3.1: Determinación de Puntos de Medición a Evaluarse.
Fuente: Google Earth modificado por el Autor

En la Figura 3.1 se puede apreciar la zona urbana de la ciudad de Cuenca y la elección de los 16 puntos a ser evaluados para determinar el modelo de propagación más adecuado para la predicción de cobertura de una estación de TDT en Cuenca. Para la determinación de los diagramas de cobertura se utilizó el software de ingeniería ICS-TELECOM que la ARCOTEL posee. Las consideraciones que se tomaron en cuenta para generar las áreas de cobertura fueron principalmente:

- Altura de recepción a 1.5 metros del suelo.
- Clutter para sistemas de radiodifusión.
- Modelo Digital de Terreno o Elevaciones con una resolución de 25 metros.

Los modelos de propagación para determinar áreas de cobertura para sistemas de radiodifusión fueron detallados en el capítulo 2, numeral 2.5 de los cuales se consideraron:

- Rec. UIT-R P.370
- Rec. UIT-R P.1546-5
- Rec. UIT-R P.1812
- Okumura Hata / Davidson
- UIT-R P.525-3

3.1.2. Elección del método de propagación

Una vez determinadas las predicciones de cobertura utilizando los modelos de propagación propuestos, se comparó los valores obtenidos con las mediciones de campo.

Tabla 3.1: Tabla de Valores de Campo Eléctrico Medidos/Estimados.

#	DESCRIPCION	E. MEDIDO	E - UIT-R P.1812	E - UIT-R P.1546	E - UIT-R P.370	E - ITU-R P.525	OKUMURA HATA DAVIDSON
1	Punto 1	59	71,5	52,4	74	73,9	44,4
2	Punto 2	64,1	70,8	52	73,3	73,2	44,2
3	Punto 3	66,05	70,8	52,1	73,2	73,1	44,3
4	Punto 4	66,05	68,9	50,4	71,4	71,3	42,9
5	Punto 5	66,05	68,2	49,3	70,8	70,7	39,6
6	Punto 6	49,4	68,4	48,9	70,9	70,9	41,3
7	Punto 7	49,1	63,5	42,6	66,1	66	34,2
8	Punto 8	64,65	67	46,3	69,5	69,5	38,9
9	Punto 9	64,65	66,9	46,1	69,4	69,3	38,8
10	Punto 10	52,35	58,3	55	95,2	55,7	66,1
11	Punto 11	64	71,6	52,6	74,1	73,9	42,3
12	Punto 12	55,5	65,8	46,1	68,4	68,4	37,7
13	Punto 13	57,3	65,2	45,4	67,8	67,8	36,8
14	Punto 14	53,25	65,3	45,4	67,9	67,9	36,1
15	Punto 15	62,15	65,4	45,6	67,9	67,9	36,5
16	Punto 16	67,45	65,2	45,6	67,8	67,7	37

Fuente: Autor

En la Tabla 3.1 se puede apreciar un resumen de los valores de campo eléctrico medidos y valores de campo eléctrico obtenidos a través de la simulación de los diferentes modelos de propagación en los 16 puntos referenciales determinados en la ciudad de Cuenca.

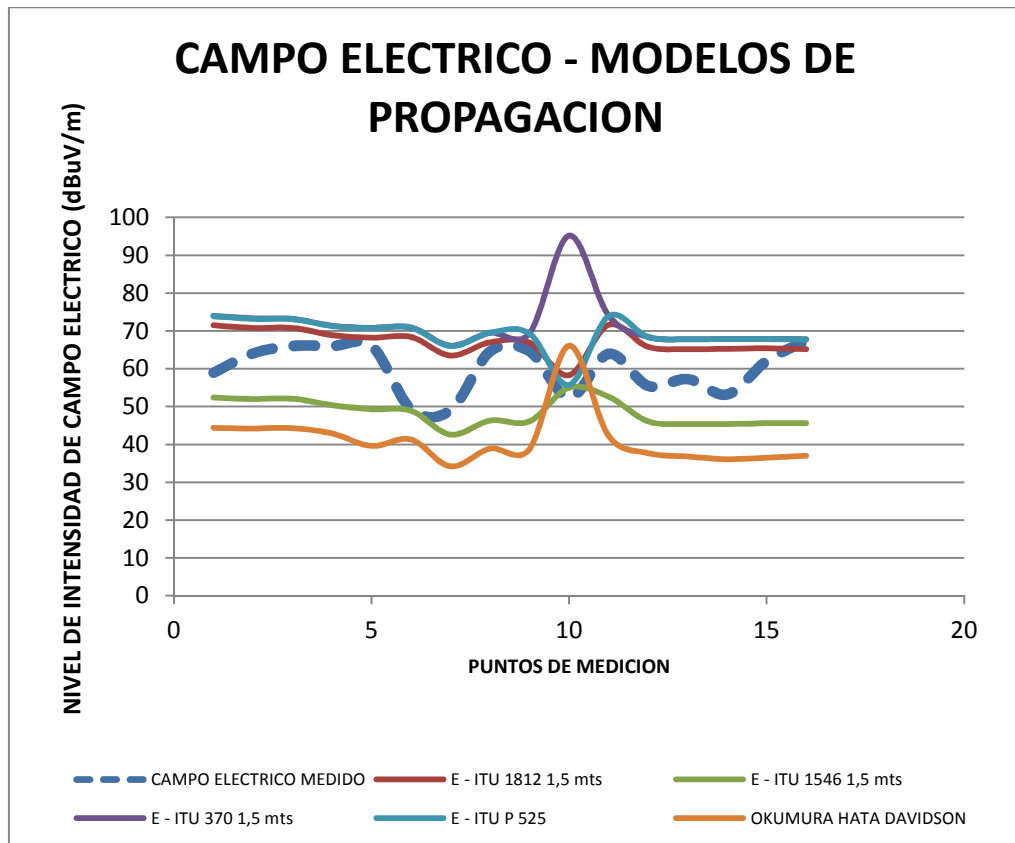


Figura 3.2: Campo Eléctrico Medido y Campo Eléctrico Simulado.
Fuente: Autor

En la Gráfica 3.2 se encuentra detallado con líneas entrecortadas los valores referentes al campo eléctrico medido a lo largo de los 16 puntos, los valores determinados a través de simulación están dispuestos con líneas continuas.

Con un análisis preliminar se puede visualizar que los valores obtenidos con el modelo ITU-R P.1812 e ITU-R P.525 tienen mucha similitud pero ambos modelos presentan valores por encima de los valores reales; en cambio el modelo Okumura Hata Davidson presenta un comportamiento similar al modelo ITU-R

P.1546 con una atenuación mucho mayor y ambos modelos con medidas por debajo de la real.

A simple vista determinar el modelo de propagación con menor error no es posible debido a que existen diferentes comportamientos, por lo tanto para establecer el error de cada uno de los modelos simulados en relación a las mediciones de campo eléctrico reales se utilizó el Error Cuadrático Medio (RMSE). RMSE permite determinar de manera más adecuada el error de dispersión en dB de los modelos propuestos con relación a las medidas reales.

La ecuación para obtener el valor RMSE en dB está determinada por:

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Vm_i - Ve_i)^2}$$

Donde:

- n es el número de puntos de evaluación.
- Vm_i es el valor de la medición real en cada punto.
- Ve_i es el valor estimado de la simulación en cada punto.

Aplicando este criterio de evaluación de error, se presenta la Tabla 3.2 los siguientes resultados obtenidos:

Tabla 3.2: RMSE para Evaluación de los Modelos de Propagación.

ERROR CUADRATICO MEDIO	ITU-R P.1812	ITU-R P.1546	ITU-R P.370	ITU-R P.525	OKUMURA HATA DAVIDSON
RMSE (dB)	9,084354683	13,6949687	15,6458354	11,0464248	21,92860005

Fuente: Autor

De acuerdo a la Tabla 3.2 se puede apreciar que el modelo de propagación ITU-R P.1812 presenta un menor error de medición en relación a los otros modelos

evaluados. Adicionalmente todos los modelos expuestos a excepción del Modelo Okumura Hata Davidson presentan valores de error cercanos entre sí.

Se puede complementar este análisis indicando que en la Figura 3.1 los valores presentados por el modelo ITU-R P.1812 son superiores y cercanos a la medición real. Sin embargo, el error puede disminuirse considerando que no se están tomando en cuenta para el análisis pérdidas por condiciones atmosféricas, atenuación por edificaciones, etc.

En base a lo indicado anteriormente se define que el modelo más adecuado para realizar las simulaciones de TDT en Cuenca es el modelo ITU-R P.1812 debido a que presenta un menor RMSE, es decir, es el modelo de propagación que permite determinar con más confiabilidad mediciones de campo eléctrico cercanas a las reales.

3.1.3. Elección del sitio de transmisión

Como siguiente proceso una vez determinado el modelo de propagación a utilizar se procede a realizar el análisis del mejor sitio de transmisión para una estación de TDT en Cuenca. Se consideró el sitio que provea las mejores condiciones de propagación, es decir, el lugar que presente que por su geografía indique menores elementos de atenuación.

En la ciudad de Cuenca existen ubicaciones de referencia donde actualmente se encuentran operando sistemas de radiocomunicaciones. Se toma como referencia y análisis los siguientes sitios descritos en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3: Sitios de Transmisión a Evaluarse.

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA S.N.M. (m)	PARROQUIA
CERRO HITO CRUZ	2°55'51.50"S	78°59'51.70"O	2830	TURI
CERRO RAYOLOMA	2°54'13.00"S	78°57'59.20"O	2602	MONAY
CERRO BARABÓN	2°53'34.40"S	79° 5'15.10"O	3312	SAN JOAQUÍN
CERRO GUAGUALZHUMI	2°53'32.50"S	78°54'39.60"O	2973	PACCHA

Fuente: Autor

3.1.3.1. Método de Análisis

El método de análisis utilizado para determinar el mejor sitio, es a través de la visibilidad de sitio en relación al área por cubrir; para lo cual a través del Software ICS TELECOM versión 13.2.3 se determina para cada uno de los sitios de transmisión un diagrama de visibilidad o zona libre de obstrucciones.

Para realizar el análisis del mejor sitio de transmisión se define inicialmente una zona comprendida por el área urbana y parroquias rurales periféricas de la ciudad de Cuenca.

En la figura 3.3 se referencia la zona que va a ser analizada conjuntamente con los diagramas de visibilidad obtenidos a través del Software ICS Telecom ICS TELECOM versión 13.2.3.

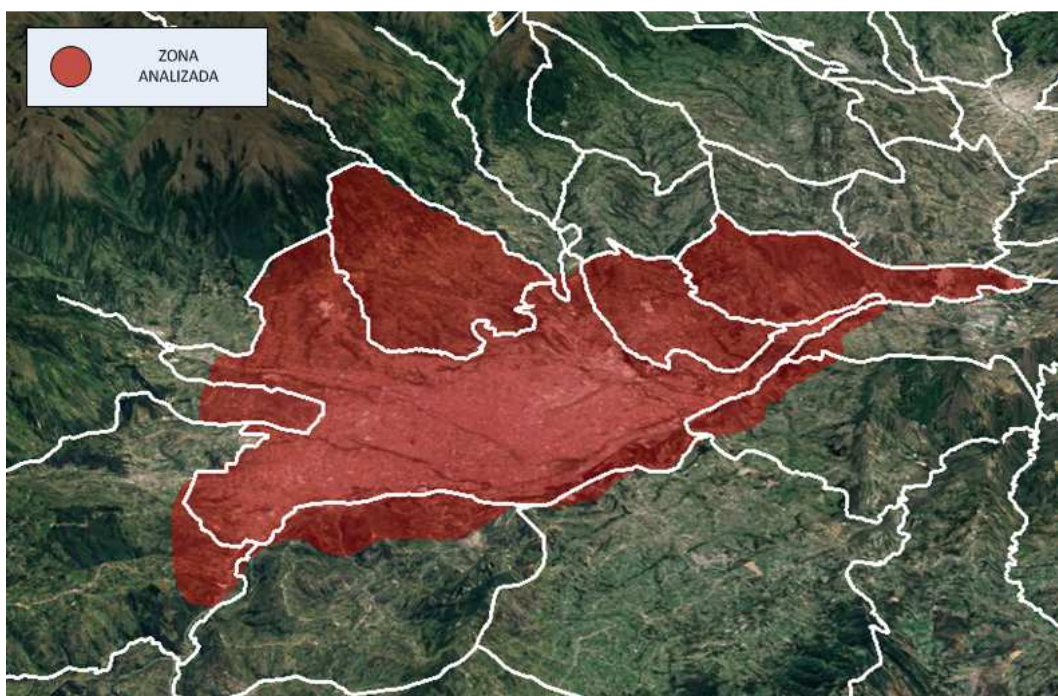


Figura 3.3: Zona analizada para visibilidad de cerros en la ciudad de Cuenca
Fuente: Google Earth modificado por el Autor

Una vez determinada la zona a ser analizada, a continuación, se efectúa una tabla comparativa donde se evalúa el porcentaje de área cubierta por cada uno de los

sitios detallados en la tabla 3.3. contrastando los diagramas de visibilidad con la zona propuesta.

En base a estos resultados se realiza un análisis de cada sitio:

Tabla 3.4: Tabla comparativa de cobertura de cerros

PORCENTAJE DE VISIBILIDAD AREA URBANO RURAL - CUENCA		
DESCRIPCION	AREA (Km²)	PORCENTAJE (%)
AREA ANALIZADA (REFERENTE)	144	100%
ÁREA COBERTURA HITOCRUZ	128,22	89,04%
ÁREA COBERTURA GUAGUALZHUMI	112,35	78,02%
ÁREA COBERTURA RAYOLOMA	78,81	54,73%
ÁREA COBERTURA BARABÓN	83,39	57,91%

Fuente: Autor

- **Cerro Hitocruz:**

De la Tabla 3.4 muestra que el cerro Hitocruz presenta una buena línea de vista en la zona urbana - rural con porcentaje alrededor a 90% presentando inconvenientes parcialmente en algunos sectores de la parroquia el Vecino, Bellavista, Machangará y Yanuncay a la altura de la Avenida Ricardo Muñoz.

Con relación a las parroquias rurales presentan perdida de línea de vista en la parroquia Turi a la altura del sector el Calvario - Autopista, parroquia Baños, parroquia Sinincay y las estribaciones de la parroquia Ricaurte.

Más adelante en la Figura 3.4 se referencia la visibilidad que presenta el Cerro Hitocruz hacia la zona urbana de la ciudad de Cuenca delimitada por las parroquias identificadas con líneas en color rojo y parroquias rurales circundantes identificadas con líneas en color blanco.

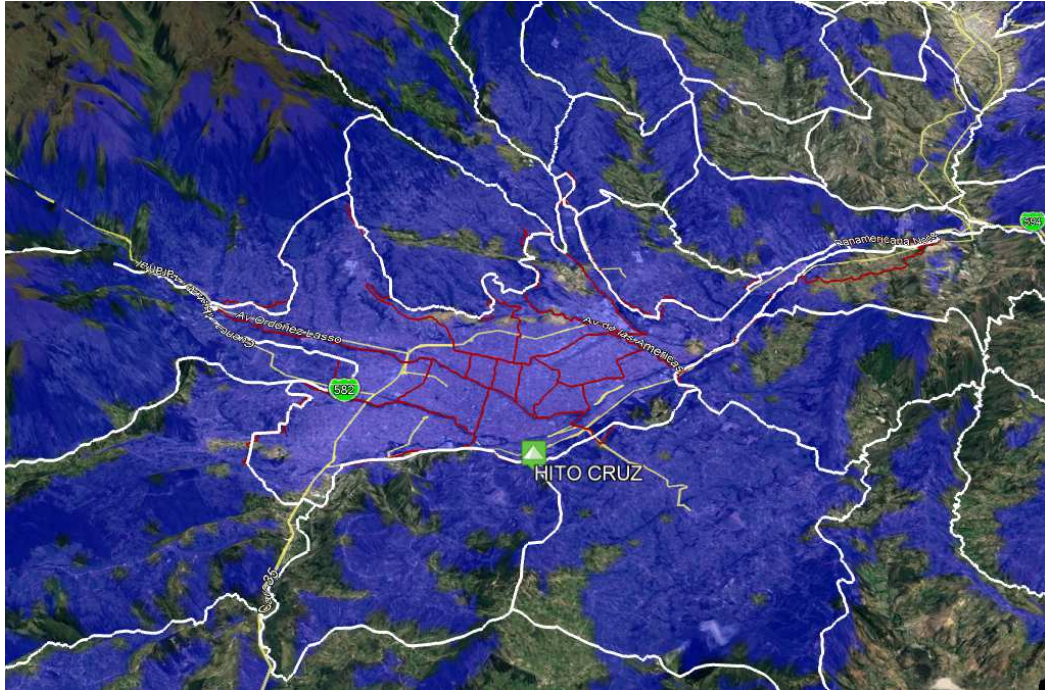


Figura 3.4: Visibilidad desde el Cerro Hito Cruz.
Fuentes: ICS Telecom, Google Earth modificado por el Autor

- **Cerro Rayoloma:**

De la Tabla 3.4 la visibilidad de este cerro es mucho menor que la presentada en el cerro Hito Cruz con un porcentaje de alrededor del 55% presentando serias limitaciones en las parroquias: San Sebastián a la altura de la calle Las Pencas, avenida Abelardo J. Andrade y sector Racar; parroquia El Batán a la altura de la vía Cuenca-Molleturo (Medio Ejido) y parroquia Yanuncay en el sector Arenal en la avenida de las Américas.

De acuerdo a la Figura 3.5 se puede apreciar la visibilidad que presenta el Cerro Rayoloma hacia la zona urbana de la ciudad de Cuenca delimitada por las parroquias identificadas con líneas en color rojo y parroquias rurales circundantes identificadas con líneas en color blanco. Adicionalmente no existe línea de vista directa en gran parte de las parroquias rurales: Ricaurte, Sinincay, Sayausi, Baños, San Joaquín y Turi limitando de gran manera que se obtenga una buena cobertura desde este sitio.

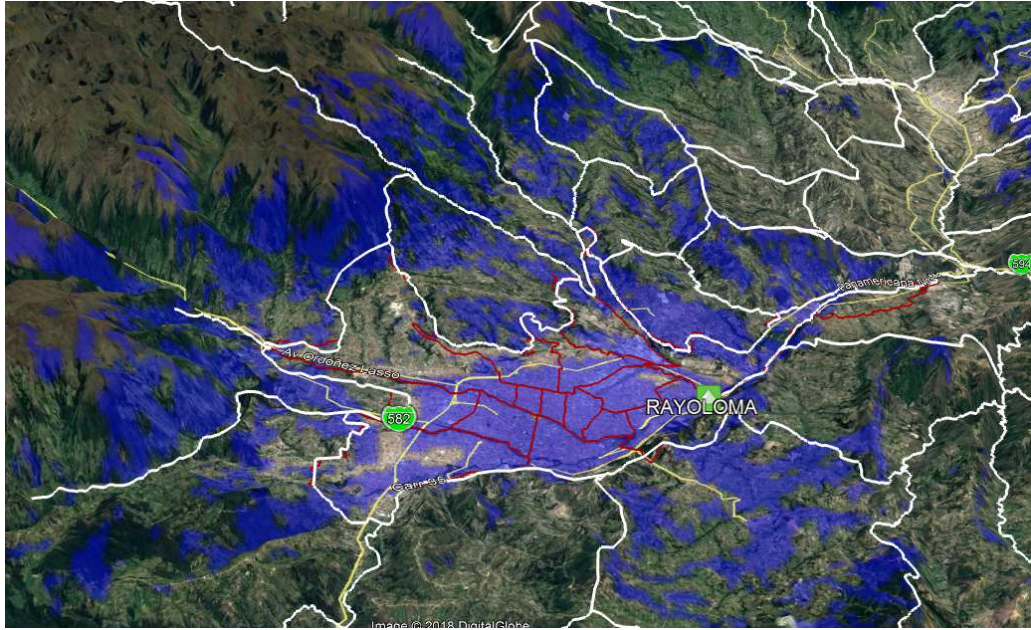


Figura 3.5: Visibilidad desde el Cerro Rayoloma.
Fuentes: ICS Telecom, Google Earth modificado por el Autor

- **Cerro Barabón:**

Del resultado de la Tabla 3.4 se observa que el porcentaje de cobertura en la zona urbana – rural desde el cerro Barabón es de alrededor del 60% presentando mayores inconvenientes en las parroquias: Hermano Miguel y Machangará debido a que se encuentran más alejadas en la zona Noreste de la ciudad. También no se presenta línea de vista en el centro de la ciudad en los sectores de San Blas, calle Paseo 3 de noviembre, Avenida Solano desde la avenida 12 abril hasta la avenida Remigio Crespo y finalmente el sector de la avenida Ricardo Muñoz y avenida Remigio Crespo.

De acuerdo a la Figura 3.6 se puede apreciar la visibilidad que presenta el cerro Barabón hacia la zona urbana de la ciudad de Cuenca delimitada por las parroquias identificadas con líneas en color rojo y parroquias rurales circundantes identificadas con líneas en color blanco. En la zona rural circundante al casco urbano de la ciudad se presentan zonas sin línea de vista en las parroquias Turi, Valle, Paccha y Sinincay. La parroquia Ricaurte y Baños parcialmente.

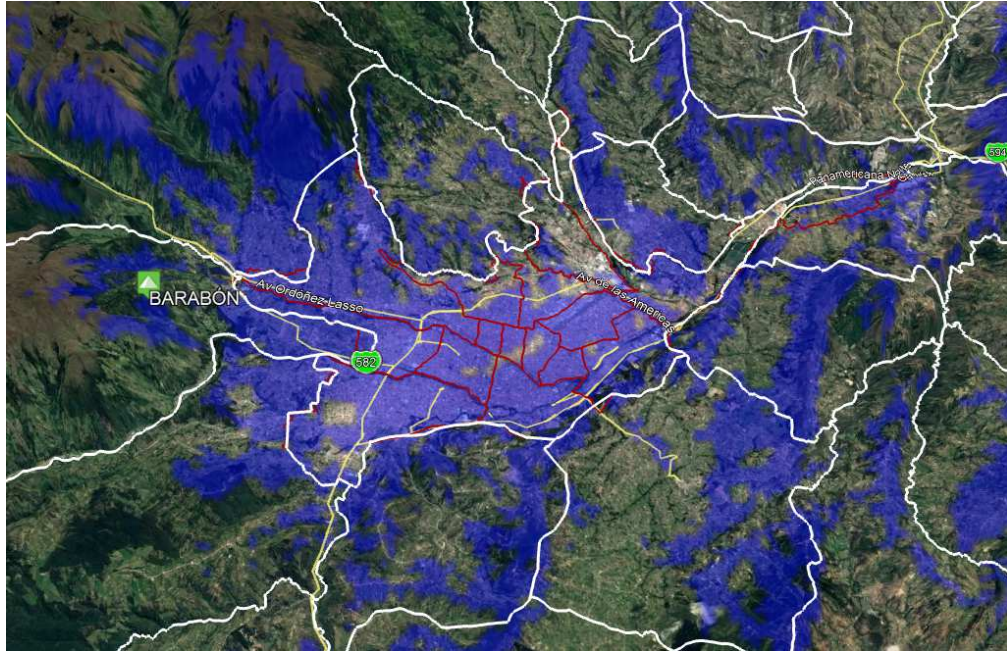


Figura 3.6: Visibilidad desde el Cerro Barabón.
Fuentes: ICS Telecom, Google Earth modificado por el Autor

- **Cerro Guagualzhumi:**

El cerro Guagualzhumi presenta visibilidad a la zona urbana en un 75-80% presentando inconvenientes parcialmente en las parroquias Yanuncay, El Batán, San Sebastián, Bellavista, El Vecino y Hermano Miguel. También se ve problemas de línea de vista en los sectores Parque Iberia, Mall del Río y Monay Baguanchi.

De acuerdo a la Figura 3.7 se puede apreciar la visibilidad que presenta el Cerro Guagualzhumi hacia la zona urbana de la ciudad de Cuenca delimitada por las parroquias identificadas con líneas en color rojo y parroquias rurales circundantes identificadas con líneas en color blanco.

En relación a la zona rural circundante la mayor afección se encuentra dispuesta en las parroquias Turi y Baños.

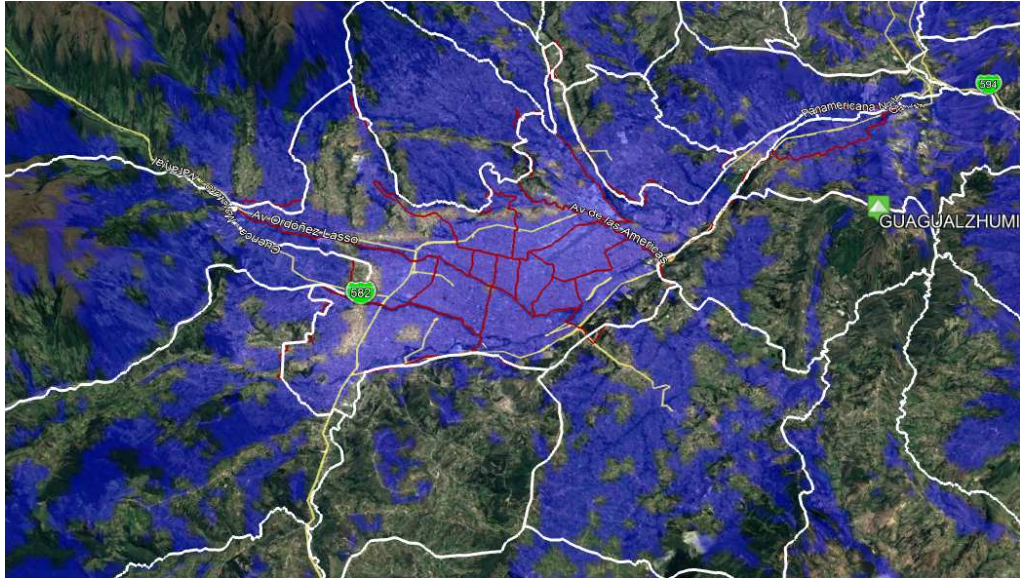


Figura 3.7: Visibilidad desde el Cerro Guagualzhumi.
Fuentes: ICS Telecom, Google Earth modificado por el Autor

Una vez analizados cada uno de los cerros propuestos y la visibilidad respecto a la zona urbana y rural circundante en la ciudad de Cuenca se optó por elegir al cerro Hito Cruz como sitio donde se realizan las simulaciones de cobertura debido a que presentó la mejor visibilidad en relación a los otros cerros evaluados. Adicionalmente en la zona rural presenta buenos resultados de visibilidad presentando problemas en sectores reducidos de las parroquias Turi y Ricaurte.

3.1.4. Parámetros técnicos para la simulación

Se desea cubrir la zona geográfica compuesta por el casco urbano de la ciudad de Cuenca y parroquias rurales cercanas circundantes. De acuerdo a la Figura 3.8 el área delimitada con color verde es la determinada a servir y las parroquias urbanas de la ciudad se encuentran identificadas con lineado en color rojo.

Las secciones de color verde que no se encuentren dentro de la zona urbana son parte de las parroquias rurales circundantes las cuales se consideraron por la población que reside en las mismas.

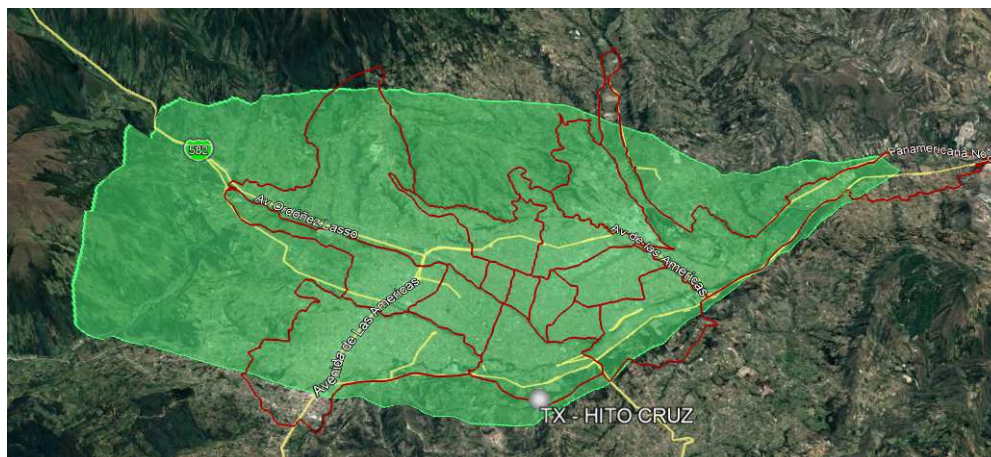


Figura 3.8: Área a Cubrir TDT Cuenca.
Fuentes: Google Earth modificado por el Autor

Para la simulación se considera los resultados obtenidos de los análisis de los numerales 3.1.2 y 3.1.3 por lo tanto se considera lo siguiente descrito en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5: Parámetros Técnicos para Simulación TDT Cuenca.

PARAMETROS DE OPERACIÓN PROPUESTOS		
Ubicación de Transmisor	CERRO HITOCRUZ	
Coordenadas Geográficas (WGS 84)	2°55'47.90"S	78°59'48.09"O
Altura s.n.m.	2830	M
Modelo de Propagación	ITU R 1812	
Porcentaje de Ubicaciones	50	%
Porcentaje de Tiempo	95	%
Sistema Radiante	Marca: ALDENA	Modelo: ATU 08 0742xS
Ganancia de Antena	10.9	dBd
Configuración de Arreglo	4/10°/14.9 dBd/-5°	
	4/315°/14.9 dBd/-5°	
Polarización	Horizontal	
Altura de Transmisión	25	M
Altura de Recepción	1,5	M
Frecuencia de Operación	635 + 1/7	MHz
Modulación	64	QAM
FEC	3/4	
Potencia de Transmisión	500	W
Perdida adicionales	1.5	dB
P.E.R	18595.16	W
Intensidad de Campo Eléctrico a Evaluar	51	dBuV/m

Fuente: Autor

Se utiliza la configuración más exigente para HDTV con ISDB-Tb para una modulación 64 QAM y una relación de corrección de errores $\frac{3}{4}$. Para el caso de pérdidas adicionales se considera el valor típico de pérdida por cable, conectores, acopladores, distribuidores, etc. Este valor también se encuentra determinado en la resolución ARCOTEL-2015-0818 de fecha 25 de noviembre de 2015.

3.1.4.1. Sistema radiante utilizado

Para la elección del sistema radiante se consideró la utilización de antenas tipo panel de mayor uso. El arreglo de antenas se simuló y dispuso de tal forma que cubra el área indicada en la Figura 3.8, aproximadamente se tuvo que cubrir un área sectorial de 230° . Según se puede apreciar en la Figura 3.9 se indica el Plano E y H del patrón de radiación de la antena utilizada en el arreglo compuesto, así como, el diagrama de radiación en 3D. En este caso se ha elegido una antena UHF tipo panel que trabaja en las frecuencias de 470 MHz a 820 MHz con polarización horizontal.

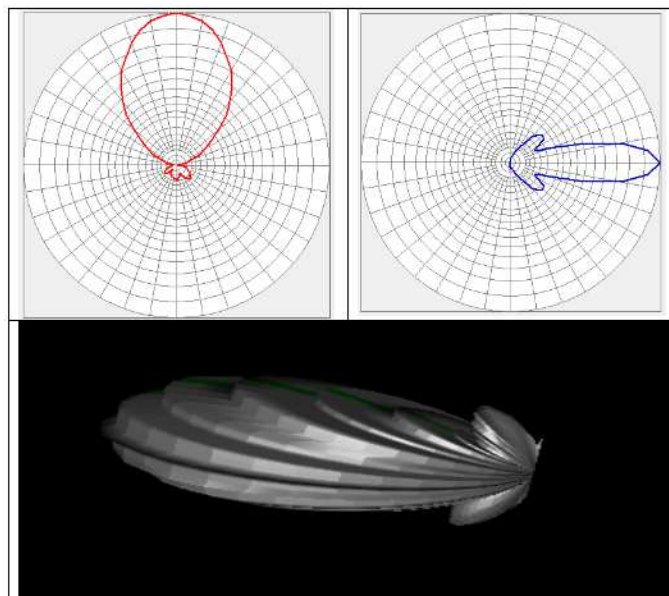


Figura 3.9: Patrón de Radiación Antena UHF Tipo Panel.
Fuente: Antios versión 2.22

El sistema utilizado para la determinación del patrón de radiación resultante del arreglo antenas es el Software Antios versión 2.22 de la compañía ATDI. Se

determinó el uso de Antios debido a que se requería obtener un patrón de radiación real y la información contenida en catálogos técnicos no permitía aquello debido a que se indica únicamente el patrón de un solo elemento (antena).

En la Figura 3.10 se observa la construcción del arreglo compuesto en el Software Antios versión 2.22.

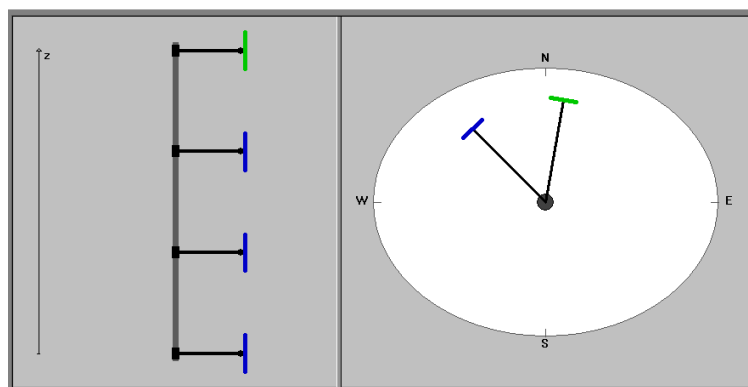


Figura 3.10: Arreglo Compuesto - Software Antios versión 2.22.
Fuente: Antios versión 2.22

Para obtener el patrón de radiación resultante se utilizó un arreglo compuesto en el cual 4 paneles estaban alineados a 10° y otros 4 paneles a 310° . La separación considerada en cada elemento de los 2 conjuntos lineales era de 1 metro.

De acuerdo a la Figura 3.11 se indica el patrón de radiación en los planos E y H respectivamente, así como, el patrón resultante en 3D. Se puede observar que el arreglo presenta una ganancia en el Azimut (340°) de máxima radiación de 17.1 dBd. En los Azimuts de 10° y 310° existen una atenuación de 2.2 dB de acuerdo a la disposición de los elementos del arreglo compuesto. Se pudo verificar que a medida que los 2 arreglos lineales se acercaban la ganancia del arreglo y la directividad aumentaban.

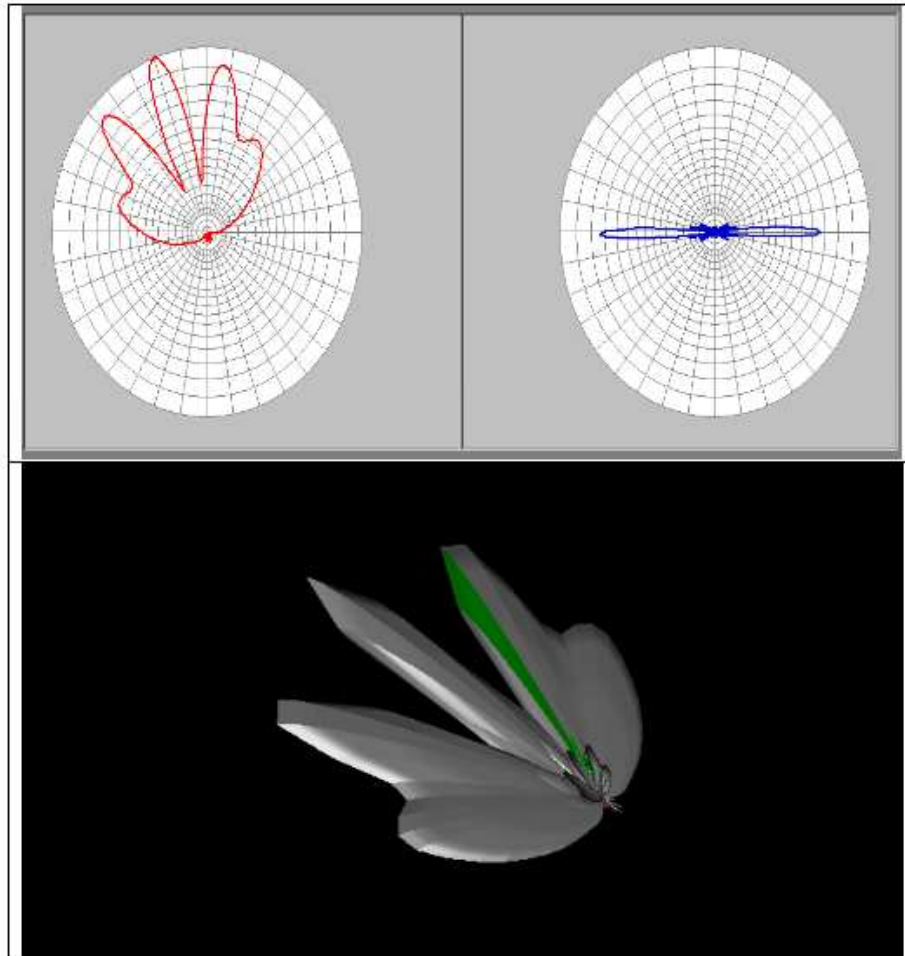


Figura 3.11: Arreglo Compuesto - Software Antios versión 2.22.
Fuente: Antios versión 2.22

3.2. Simulación en ICS Telecom

Para obtener el diagrama de la cobertura en base a los parámetros técnicos establecidos e indicados en la sección anterior se utilizó el software de predicción de cobertura denominado ICS TELECOM versión 13.2.3 de la empresa francesa ATDI.

- **Modelo digital de terreno (DEM/DTM)**

En ICS TELECOM versión 13.2.3 se utilizó un Modelo Digital de Terreno con una resolución de 25 metros para la ciudad de Cuenca debido a que actualmente

no hay un mapa con una resolución menor con las condiciones requeridas para simulación de coberturas para TDT.

- **Capa de atenuaciones (Clutter)**

Para el caso de atenuaciones producidas por diferentes terrenos y zonas se utilizó un archivo denominado capa de atenuación o Clutter, el cual proyecta sobre el Modelo Digital de Terreno pérdidas de acuerdo a las zonas determinadas. Estas pueden ser: Centros Poblados, Bosques, Arboricultura, Paramo, Pastos, Vegetación, etc.

Inicialmente se obtuvo un archivo Clutter con información básica de la ciudad de Cuenca. Debido a esto fue necesario considerar ciertos cambios para que el resultado a obtener sea el óptimo y que se detalla a continuación:

- Ajuste de alturas y pérdidas por zonas de atenuación en la ciudad de Cuenca.
- Creación e inserción de las zonas: edificios, parques, estructuras metálicas y zonas verdes dentro del clutter inicial.

Para poder lograr estas modificaciones, inicialmente se integró la información georeferenciada de la ciudad (Shape File - SHP) referente a principales edificaciones, parques, estructuras metálicas y zonas verdes a la información del clutter. ICS TELECOM versión 13.2.3 a través de la opción constructor de clutter permitió obtener este resultado e integrar estas condiciones de atenuación para que el diagrama de cobertura sea lo más real posible.

Luego se ajustó el clutter con alturas promedios y pérdidas adecuadas por cada una de las zonas estimadas. Esto con el propósito de asemejar las condiciones de atenuación a la realidad de la ciudad. En la figura 3.12 se referencia la capa clutter utilizada con las diferentes zonas especificadas anteriormente.

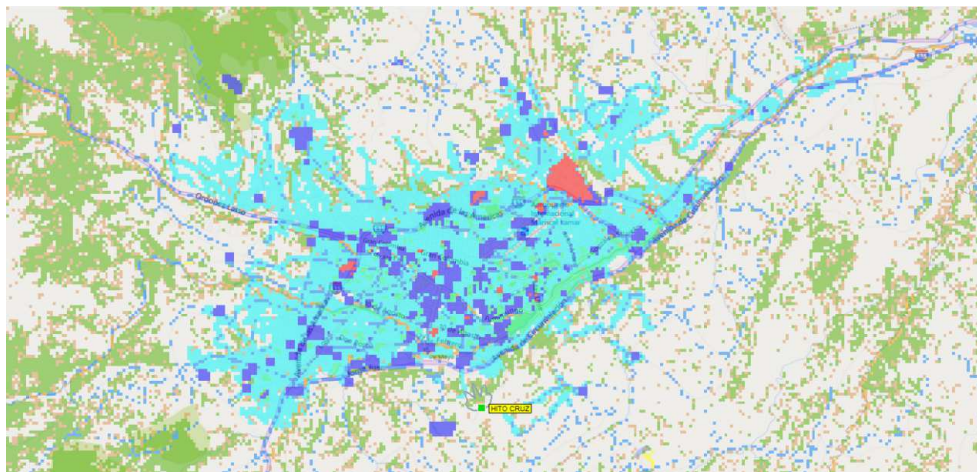


Figura 3.12: Capa Clutter – TDT Cuenca - ICS Telecom.
Fuente: ICS Telecom.

- **Parámetros técnicos de la estación transmisora**

En ICS TELECOM versión 13.2.3 se permite ingresar la información técnica de la estación transmisora a ser simulada. A través de la opción Parámetros Tx/Rx se pueden modificar estos datos.

Figura 3.13: Parámetros Generales – TDT Cuenca - ICS Telecom.
Fuente: ICS Telecom.

Según se muestra en la Figura 3.13 en la pestaña General, se encuentran los parámetros principales de configuración de la estación de TDT donde se especifica: potencia del transmisor, ganancia máxima del arreglo de antenas, pérdidas por atenuación, tipo de sistema a simular (ISDB-Tb), frecuencia central de operación, altura base antena y ancho de banda.

En la Figura 3.14 se puede visualizar la pestaña Radiación en la cual se procede a cargar los patrones de radiación E y H, mismos que fueron proporcionados por el archivo generado por el Software Antios.

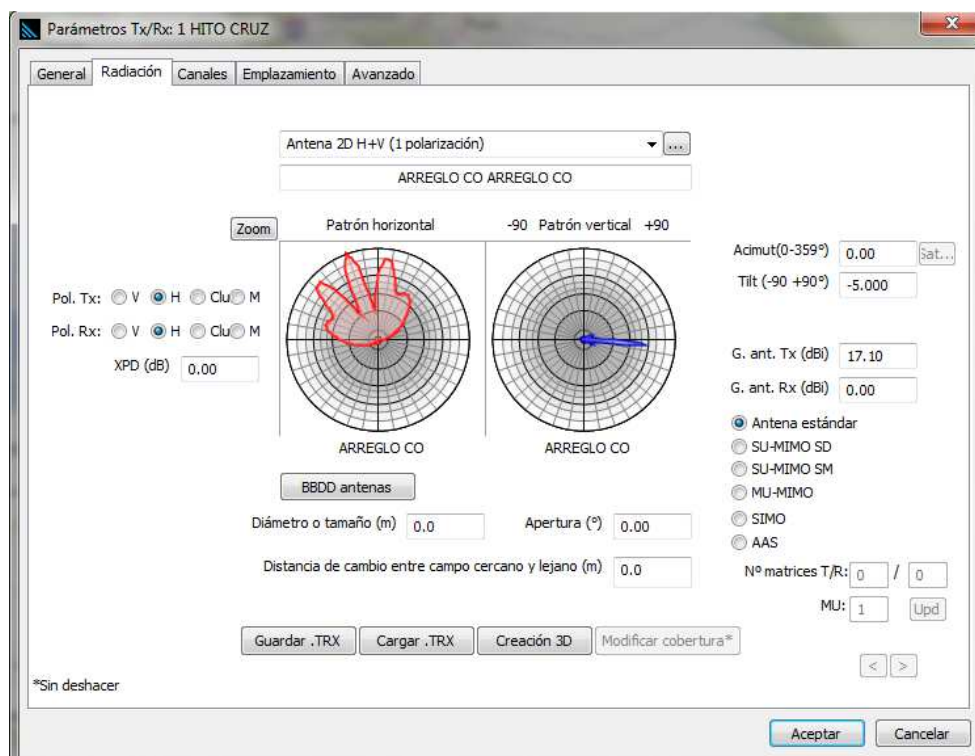


Figura 3.14: Patrón de Radiación – TDT Cuenca - ICS Telecom.
Fuente: ICS Telecom.

- **Parámetros técnicos para iniciar la simulación**

En la Figura 3.15 se puede apreciar el menú donde se configuran las condiciones para la simulación de cobertura como son: el umbral mínimo de recepción (51 dBuV/m de acuerdo a la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de

Televisión Digital Terrestre), altura de recepción (1.5 mts), referencia de cálculo de PER/PIRE (Dipolo 1/2 longitud de onda) y distancia máxima de cálculo (50 Km). Esta opción se encuentra dentro de los parámetros de cobertura.

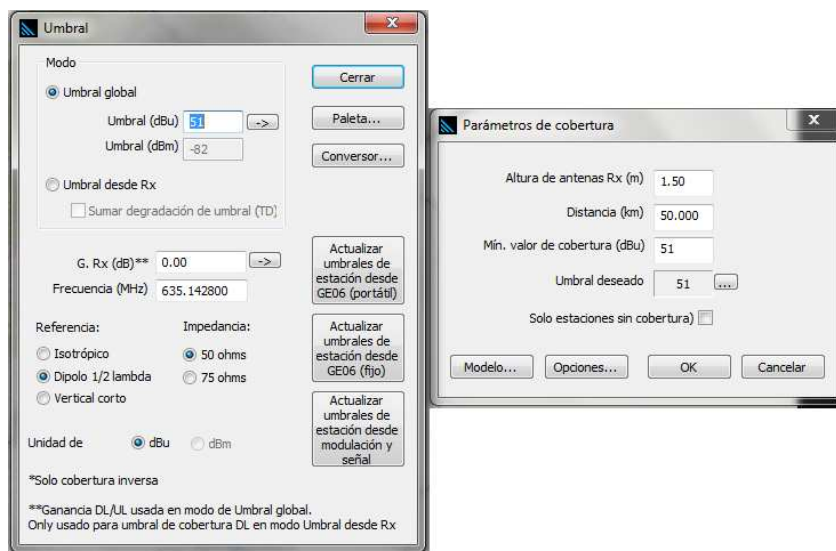


Figura 3.15: Parámetros de Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.
Fuente: ICS Telecom.

Para establecer los diferentes niveles de campo eléctrico a visualizar se procedió a modificar la paleta de colores predeterminada. Dentro de Opciones en el menú Parámetros de Cobertura se puede apreciar esta opción según se observa en la Figura 3.16.

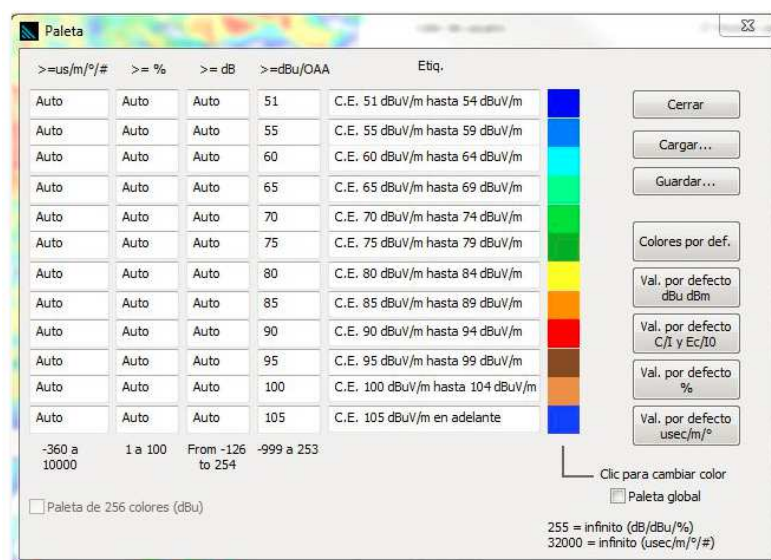


Figura 3.16: Paleta de Usuario Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.
Fuente: ICS Telecom.

Se muestra a continuación en la Figura 3.17, el diagrama de cobertura obtenido a través de simulación. El nivel de intensidad de campo eléctrico se encuentra dispuesto en diferentes colores desde los 112 dBuV/m hasta los 51 dBuV/m de acuerdo a lo que establece la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre en el país.

Los sectores que se encuentren por debajo de 51 dBuV/m se consideran fuera del área de cobertura principal y son parte del análisis en el proyecto de investigación.

A partir de este punto en el siguiente capítulo, se procederá con el análisis y la detección de las denominadas zonas de sombra para posteriormente plantear la solución adecuada.

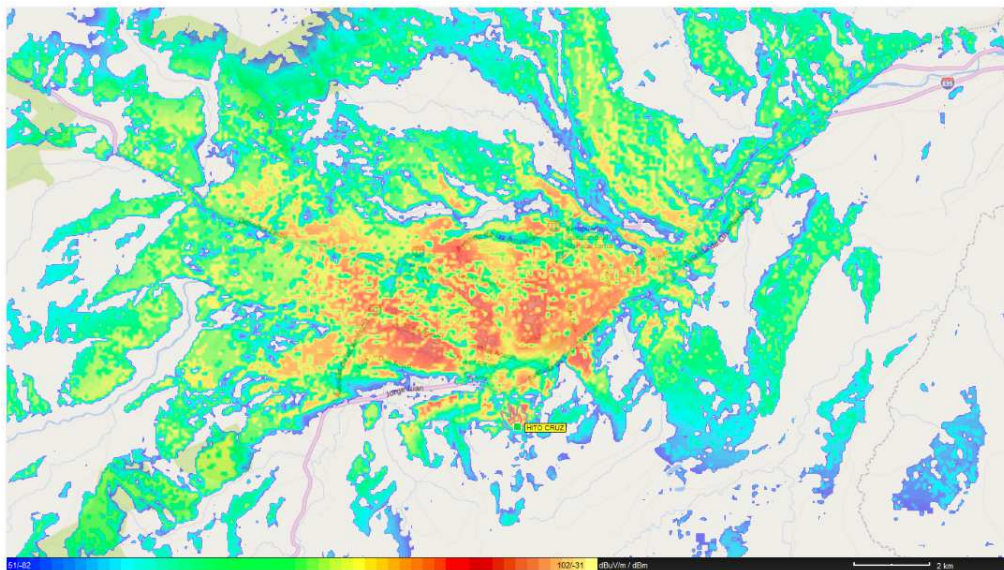


Figura 3.17: Diagrama de Cobertura – TDT Cuenca - ICS Telecom.

Fuente: ICS Telecom.

CAPÍTULO 4

DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ZONAS DE SOMBRA

4.1. Detección de zonas de sombras para TDT en Cuenca

De acuerdo al diagrama de cobertura de la Figura 3.16 donde se muestra el nivel de intensidad de campo eléctrico en la ciudad de Cuenca para una estación de TDT y según establece la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, el nivel de campo eléctrico con valores mayores o igual a 51 dBuV/m es considerado como área de cobertura principal.

Bajo estas consideraciones para determinar o detectar las posibles zonas de sombra para una estación de TDT en Cuenca se ha considerado lo siguiente:

- Zonas Geográficas con niveles de intensidad de campo eléctrico menor a 51 dBuV/m.
- Zonas Geográficas que sirvan a sectores importantes de la ciudad.

Se han detectado 9 sectores que presentan zonas de sombras en la ciudad de Cuenca de acuerdo a las consideraciones estimadas y se han nombrado de la siguiente manera:

1. Racar
2. El Cebollar
3. Hermano Miguel
4. Sinincay
5. Mall del Rio
6. Narancay
7. Ciudadela Kennedy
8. Milchichig
9. Centro de la Ciudad

- Racar: Comprende desde las calles De Los Cerezos y Avenida Abelardo J. Andrade hasta la Urbanización Mutualista Azuay II, el centro comercial Mall de Racar y la intersección de las calles San Pedro del Cebollar y Vía Al Carmen de Sinincay.
- El Cebollar: Comprende desde la Avenida Abelardo J. Andrade hacia el Norte vía a Lazareto.
- Hermano Miguel: Comprende desde el Parque Industrial a la altura del sector Uncovía continuando por la calle Paseo Rio Machángara incluida el barrio de Los Trigales.
- Sinincay: Comprende la cabecera parroquial de Sinincay incluido el barrio Carmen de Sinicay ubicado al norte de la urbe.
- Mall del Rio: Comprende el sector desde la Autopista Cuenca - Azogues y Avenida de las Américas continuando por la parte baja de Carmen de Guzho, Avenida 12 de Octubre hasta el centro comercial Mall del Rio ubicado en la Calle Felipe II y Autopista Cuenca – Azogues.
- Narancay: Esta comprendido por la Panamericana Sur desde el sector Narancay hacia la entrada a Nero
- Ciudadela Kennedy: Este sector comprende desde el redondel ubicado en la Avenida Gonzales Suarez y Panamericana Norte continuando hacia el Portete Tarquí hasta el ingreso al Parque Industrial.
- Milchichig: Comprende la Quebrada del Rio Milchichig en el sector norte de la ciudad empezando desde la Avenida Abelardo J. Andrade.

En la Figura 4.1 se puede apreciar 8 de las 9 zonas determinadas identificadas con diferentes colores alrededor de la zona urbana de la ciudad.

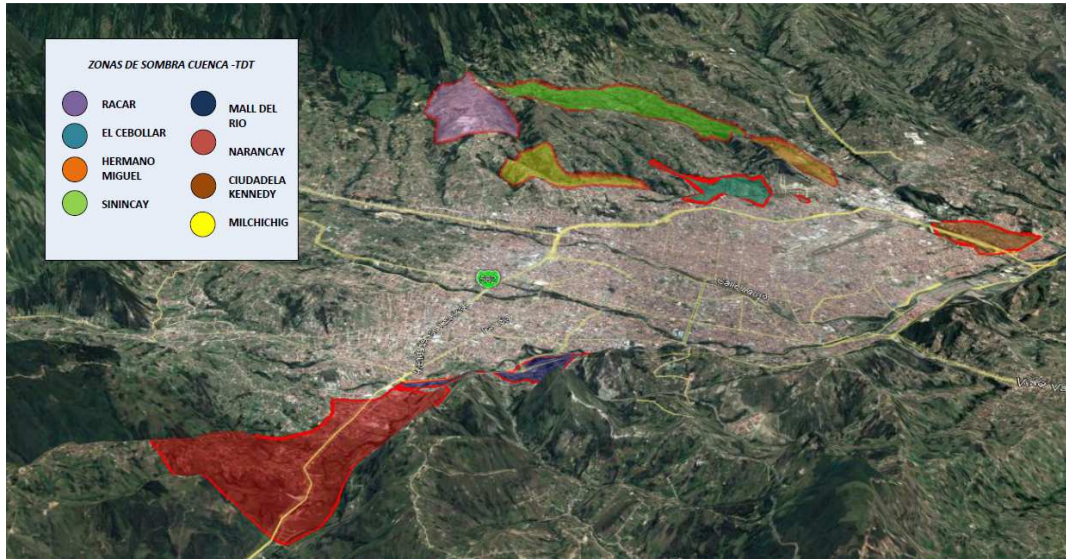


Figura 4.1: Zonas de Sombra TDT – Cuenca.
Fuente: Google Earth modificada por el Autor.

Para el área considerada como la novena zona de sombra se puede apreciar que en la Figura 4.2 se encuentran las calles donde se ha detectado niveles de campo eléctrico menores a lo que establece la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, a continuación, se detalla específicamente los lugares:

- Zonas de Sombra del Centro de la Ciudad: Debido a las edificaciones que se encuentran distribuidas a lo largo del centro de la ciudad existen zonas de sombra generadas por atenuaciones que se producen por obstrucción. Se definió diferentes sectores que engloban el centro de la ciudad y se especificaron como: sector centro histórico, sector oeste y sector sur. Se puede apreciar con más detalle en las Figura 4.2, 4.3 y 4.4. las diferentes posibles zonas de sombra determinadas.

En la Figura 4.2 se puede apreciar las zonas delimitadas con líneas entrecortadas como posibles zonas de sombras. En lo que corresponde al centro histórico de Cuenca podemos apreciar que posiblemente el sector correspondiente al parque Calderón y sus alrededores existirá mayor incidencia de estas zonas.



Figura 4.2: Zonas de Sombra TDT en el Centro Histórico.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

En la Figura 4.3 se puede apreciar las zonas delimitadas con líneas entrecortadas como posibles zonas de sombras. En lo que corresponde al sector oeste de la zona céntrica de la urbe podemos apreciar que existen zonas de sombra especialmente en la Avenida Ordoñez Lasso, en el sector denominado El Tejar al inicio de la Avenida de las Américas y en el sector de la Unidad Nacional a la altura del coliseo mayor de deportes.

Principalmente estas zonas de sombra son generadas debido a las pérdidas o atenuación de la señal receptada en esos puntos por edificaciones del lugar. Por ejemplo, se mencionó la Avenida Ordoñez Lasso como un punto de zonas de sombra y esto es debido al conjunto de estructuras de gran altura que existen en el sector y que fácilmente permite que la señal se degrade.

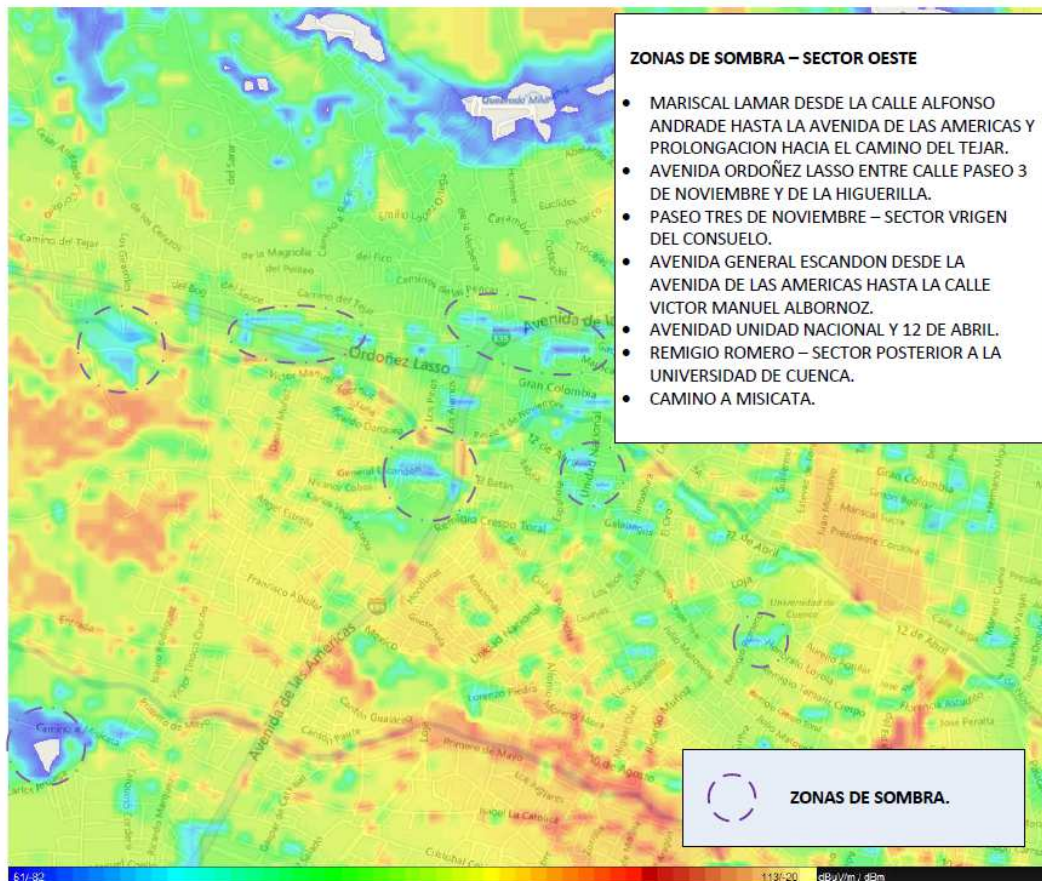


Figura 4.3: Zonas de Sombra TDT en el sector oeste de la ciudad.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

Finalmente, en la Figura 4.4 se determina las zonas delimitadas con líneas entrecortadas como posibles zonas de sombras en el sector sur de la urbe. En la zona sur los sectores afectados son los que se encuentran en la periferia del cerro Hitocruz donde se consideró ubicar el transmisor de TDT para el referido estudio.

Cabe recalcar que de acuerdo a lo especificado en el numeral 3.1.3.1. la visibilidad que se obtiene desde el cerro Hitocruz es muy buena, es decir alrededor de un 90% presentando problemas en las parroquias rurales circundantes al lugar de transmisión justamente por las condiciones geográficas del terreno.

Otro sector que presenta el mismo inconveniente es la avenida 24 de Mayo y subida de Turi hasta el sector de la Universidad del Azuay.

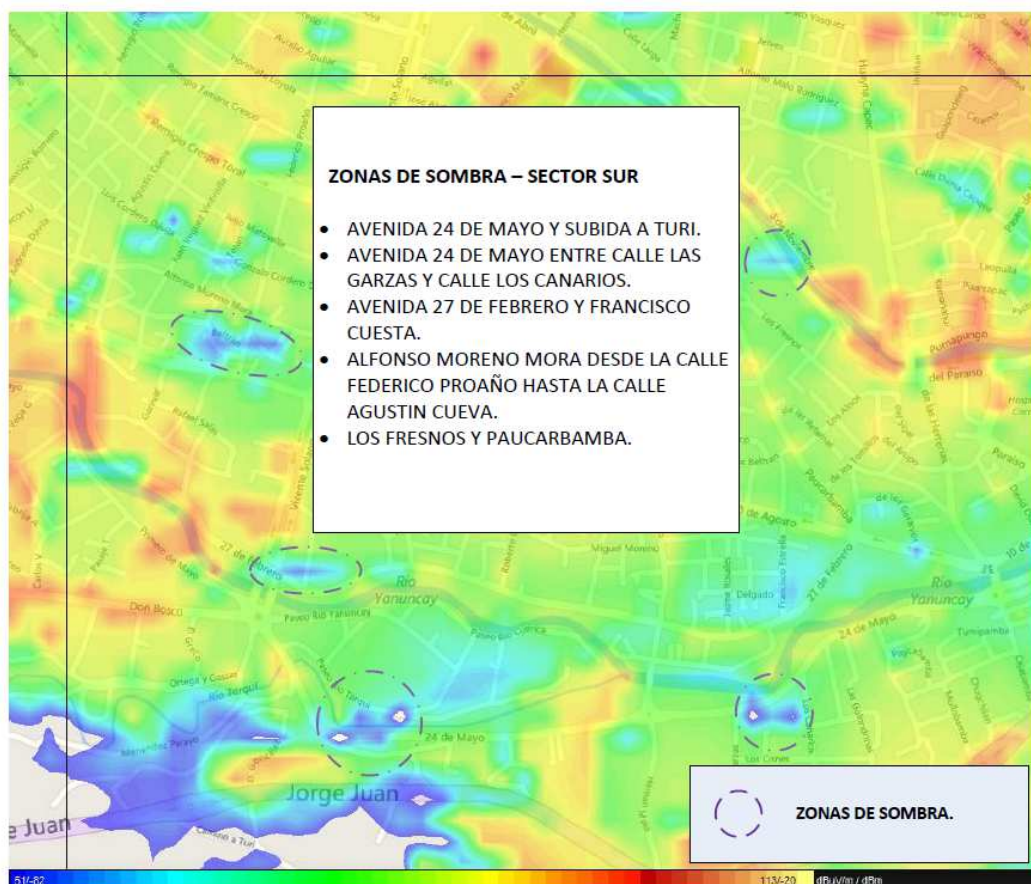


Figura 4.4: Zonas de Sombra TDT en el sector sur de la ciudad.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

El criterio para definir estas zonas dentro del centro de la ciudad fue principalmente

1. Zonas donde el valor de nivel de intensidad de campo eléctrico sea menor a 51 dBuV/m.
2. Zonas donde el valor de nivel de intensidad de campo eléctrico sea igual o cercano a 51 dBuV/m. Para ello se considera el análisis realizado en el numeral 3.1.2. donde se evalúa los modelos de propagación para TDT en Cuenca. El modelo ITU-R P.1812 utilizado para realizar las predicciones de cobertura cuenta con un error de dispersión aproximado de 9 dB esto quiere decir que en situaciones reales las zonas con niveles de campos eléctricos cercanos a 51 dBuV/m son más propensas a tener un nivel de

intensidad de campo eléctrico menor y se encontrarían dentro de una posible zona de sombra.

4.1.1. Solución para disminución de zonas de sombra

Para las zonas de sombra determinadas anteriormente excepto el centro de la ciudad de Cuenca, se ha dispuesto como solución para mejoramiento del área de cobertura en TDT la utilización de repetidores de señal denominados “GAP FILLERS”. El diagrama de bloques de un sistema que utiliza GAP FILLERS es el siguiente:

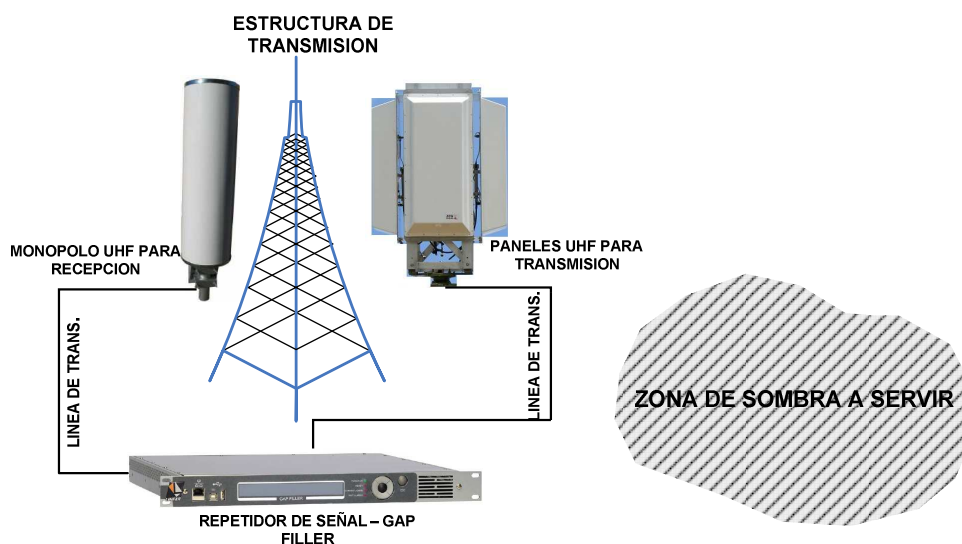


Figura 4.5: Esquema Básico de un Sistema de Transmisión – GAP FILLER.
Fuente: Autor.

En la Figura 4.5 se puede apreciar un esquema de transmisión básico para la utilización de repetidores para TDT mediante el uso de Gap Fillers. Para la recepción se utiliza una antena monopolo UHF (Patrón Omnidireccional), luego la señal ingresa al equipo repetidor donde puede existir 2 formas de tratamiento de la señal: con regeneración de la señal o directa. Con regeneración de la señal, esta es demodulada, se corrigen errores de trama y modulada nuevamente. De modo directo la señal no recibe tratamiento a nivel de trama y es amplificada

nuevamente. Finalmente la señal es radiada mediante el uso de paneles UHF hacia el sector a servir.

4.2. Utilización de Gap Fillers

De acuerdo a lo indicado en el numeral 4.1.1. se procede a utilizar los siguientes equipos y antenas para el diseño y simulación de los Gap Fillers:

Tabla 4.1: Transmisor Utilizado - Gap Filler TDT.

EQUIPO REPETIDOR GAP FILLER	
MARCA	LINEAR
MODELO	RP-10U
ANCHO DE BANDA	5 - 6 MHz
RANGO FRECUENCIA UHF	470-860 MHz
CONECTOR ENTRADA RF	Conector Hembra, Tipo N
POTENCIA ENTRADA RF	-72 dBm a -15 dBm (hasta 0 dBm)
POT. MAX. OPERACIÓN	2.5 w

Fuente: Autor.

En la Tabla 4.1 se puede apreciar las características del equipo transmisor a utilizar; del catálogo de repetidores existentes en el mercado la opción más viable es el modelo RP-10U de la empresa italiana Linear debido a que se consideró un modelo que tenga la característica de tratamiento de la señal sin regeneración. Para el tema de diseño se tuvo que considerar que el nivel de campo eléctrico recibido sea tal que cumpla con la potencia de entrada al módulo de RF.

Tabla 4.2: Antena Receptora – Gap Filler TDT

ANTENA RECEPTORA	
MARCA / MODELO	LINEAR / PAN –TS4/U
FRECUENCIA DE OPERACION	470-860 MHz
GANANCIA (dBd)	5
POLARIZACION	Horizontal
ANCHO DE HAZ DE MEDIA POTENCIA	E-17° H-360°
CONECTOR ENTRADA RF	Conector Hembra, Tipo N

Fuente: Autor.

Para la antena receptora se ha considerado el uso de una antena monopolo de baja ganancia de la empresa Linear. Sus características están descritas en la Tabla 4.2. Esta antena ha sido considerada dentro del diseño del sistema pero no fue necesario su uso en la simulación del sistema de repetición.

Tabla 4.3: Antena para Transmisión – Gap Filler TDT.

ANTENA TRANSMISORA	
MARCA	LINEAR
MODELO	PANEL API 4 DIPOLOS
ANCHO DE BANDA	470-746 MHz
GANANCIA (dBd)	12
VSWR	1.15:1
POLARIZACION	Horizontal
ANCHO DE HAZ DE MEDIA POTENCIA	E-14° H-45°
CONECTOR ENTRADA RF	Conector Hembra, Tipo N

Fuente: Autor.

La antena utilizada para la radiación de señal a las zonas de sombras es un panel de 4 dipolos UHF de la empresa Linear. Con un ancho de haz en el plano H de 45 grados; se consideró el uso de un solo panel debido a que presentaba las características ideales para las áreas determinadas.

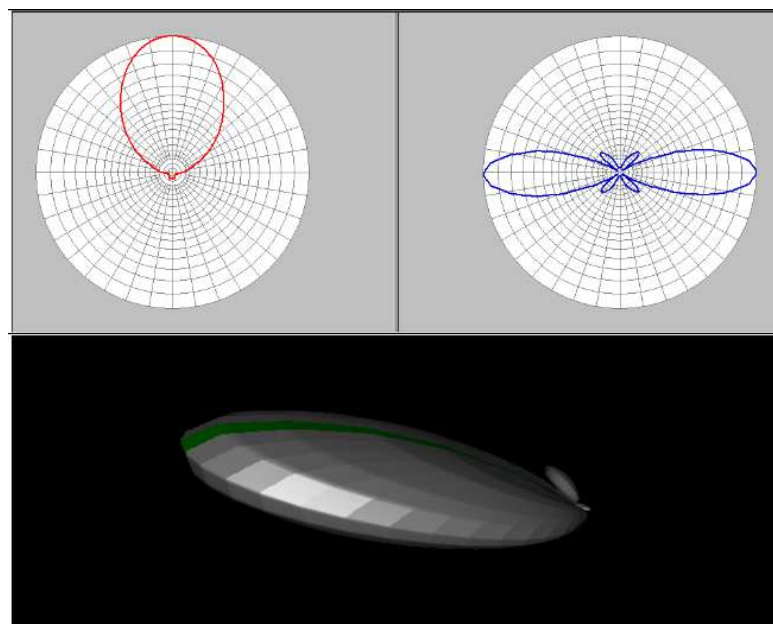


Figura 4.6: Patrón de Radiación – Panel AP 4 Dipolos, Linear.

Fuente: Software Antios.

En la Figura 4.6 se puede apreciar el patrón de radiación obtenido mediante el software Antios y que posteriormente fue utilizado en el software ICS Telecom para la simulación de los Gap Fillers.

4.3. Simulación de la solución planteada

Una vez elegido el equipo transmisor y el sistema radiante para la repetición de la señal TDT en las zonas de sombra detectadas, se procedió a definir los parámetros de operación para cada uno de los Gap Fillers. También se escogió el mejor sitio de transmisión dentro de las zonas de sombra utilizando las herramientas del software ICS TELECOM versión 13.2.3.

A continuación, se presenta los parámetros de operación utilizados:

Tabla 4.4: Parámetros de Operación – Gap Filler Cuenca.

PARAMETROS DE OPERACIÓN - GAP FILLER		
RACAR		
NOMBRE DE GAP FILLER	RACAR	
COORDENADAS	2°50'46.46"S	79° 2'31.73"O
ALTURA S.N.M.	2948 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	25 mW (13.98 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	10 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 160° TILT: -5°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
EL CEBOLLAR		
NOMBRE DE GAP FILLER	CEBOLLAR	
COORDENADAS	2°52'35.37"S	79° 0'12.89"O
ALTURA S.N.M.	2591 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	2 W (33 dBm)	

TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	10 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 170° TILT: -20°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
HERMANO MIGUEL		
NOMBRE DE GAP FILLER	H. MIGUEL	
COORDENADAS	2°51'27.52"S	78°59'15.53"O
ALTURA S.N.M.	2572 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	200 mW (23 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	10 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 240° TILT: -20°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
SININCAY 1		
NOMBRE DE GAP FILLER 1	SININCAY	
COORDENADAS	2°50'38.71"S	79° 2'5.75"O
ALTURA S.N.M.	2990 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	50 mW (17 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	25 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 110° TILT: -10°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
SININCAY 2		
NOMBRE DE GAP FILLER 2	SININCAY 2	
COORDENADAS	2°51'32.46"S	79° 0'6.19"O
ALTURA S.N.M.	2659 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	20 mW (13 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	7 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 0° TILT: -10°	

PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
MALL DEL RIO 1		
NOMBRE DE GAP FILLER 1	M. RIO 1	
COORDENADAS	2°55'6.96"S	79° 1'50.44"O
ALTURA S.N.M.	2571 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	200 mW (23 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	5 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 140° TILT: -3°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
MALL DEL RIO 2		
NOMBRE DE GAP FILLER 2	M. RIO 2	
COORDENADAS	2°55'5.19"S	79° 0'51.61"O
ALTURA S.N.M.	2538 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	100 mW (20 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	40 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 200° TILT: -5°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
NARANCA Y		
NOMBRE DE GAP FILLER 1	NARANCA Y	
COORDENADAS	2°55'33.51"S	79° 2'28.66"O
ALTURA S.N.M.	2580 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	2 W (33 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	12 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 195° TILT: 0°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
CIUDADELA KENNEDY 1		
NOMBRE DE GAP FILLER 1	KENNEDY	

COORDENADAS	2°53'3.97"S	78°58'27.42"O
ALTURA S.N.M.	2489 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	100 mW (20 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	15 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 115° TILT: -10°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
CIUDADELA KENNEDY 2		
NOMBRE DE GAP FILLER 2	KENNEDY 2	
COORDENADAS	2°52'49.92"S	78°58'8.70"O
ALTURA S.N.M.	2472 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	50 mW (17 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	10 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 110° TILT: -10°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	
MILCHICHIG		
NOMBRE DE GAP FILLER	MILCHICHIG	
COORDENADAS	2°52'52.83"S	79° 1'39.20"O
ALTURA S.N.M.	2710 m	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	635 + 1/7	
ANCHO DE BANDA	6 MHz (5571 MHz utilizado)	
POTENCIA DE SALIDA	100 mW (20 dBm)	
TIPO DE ANTENA	PANEL UHF 4 DIPOLOS	
GANANCIA DE LA ANTENA	12 dBd	
ALTURA DE LA ANTENA	15 m	
CONFIGURACION DE LA ANTENA	AZ: 115° TILT: -10°	
PERDIDAS ADICIONALES	1.5 dB	
POLARIZACION	HORIZONTAL	

Fuente: Autor.

En la Tabla 4.4. se puede visualizar los parámetros de operación utilizados en la simulación de cobertura para cada uno de los repetidores de los sectores

analizados. Adicionalmente de las zonas de sombras determinadas en el numeral 4.1. se buscó utilizar un solo repetidor con el objetivo de cubrir de manera adecuada con niveles de campo eléctrico iguales o mayores a 51 dBuV/m las áreas indicadas, sin embargo, en las zonas de Sinincay, Ciudadela Kennedy y Mall del Rio no fue posible esto debido a que la topografía del terreno no permitió la utilización de un solo repetidor; razón por la cual se vio la necesidad de utilizar 2 Gap Fillers en diferentes ubicaciones. Cabe mencionar que los parámetros técnicos utilizados fueron dispuestos para generar el menor solapamiento de cobertura con otros repetidores y generar menor interferencia cocanal.

4.4. Resultados obtenidos

En esta sección se exponen los resultados obtenidos a partir de la simulación realizada y los parámetros indicados en el numeral 4.3.

4.4.1. Gap Fillers implementados

Luego de realizada la simulación de cobertura con la implementación de repetidores de señal de acuerdo a los parámetros técnicos descritos en la Tabla 4.4. se referencian en la Figura 4.7.

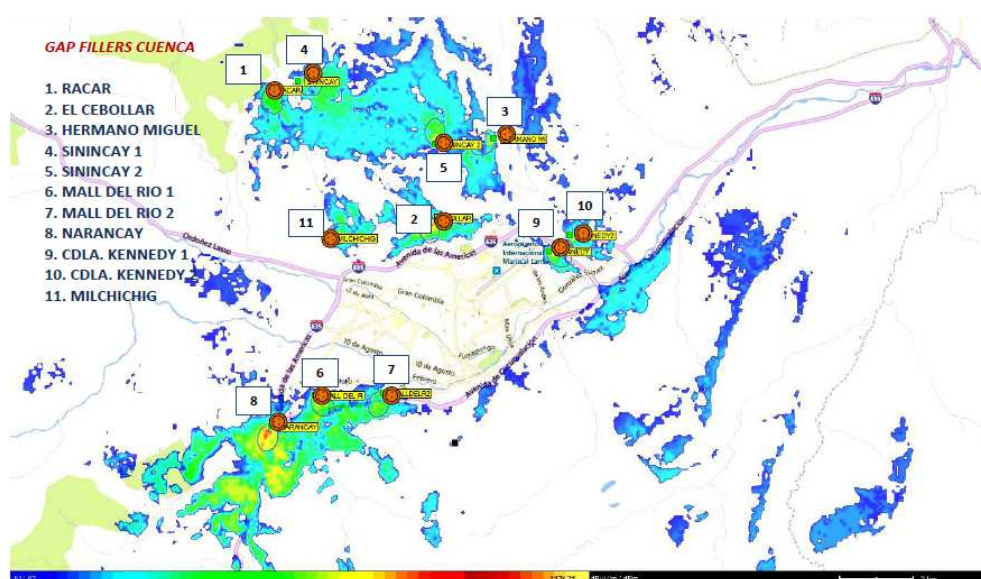


Figura 4.7: Cobertura de Gap Fillers – TDT Cuenca.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

En el mapa se encuentra representado el nivel de intensidad de campo eléctrico en diferentes escalas de colores. El color rojo principalmente referencia el nivel de intensidad más alto (aproximadamente 115 dBuV/m) hasta el color azul oscuro que representa el nivel de intensidad más bajo (cercano o igual a los 51 dBuV/m). El valor mínimo de intensidad de campo eléctrico como se indicó en el capítulo 2 está basado en la normativa técnica vigente.

En la Figura 4.8 se puede ver la cobertura generada por los repetidores conjuntamente con la cobertura generada por la estación principal (Cerro Hito Cruz).

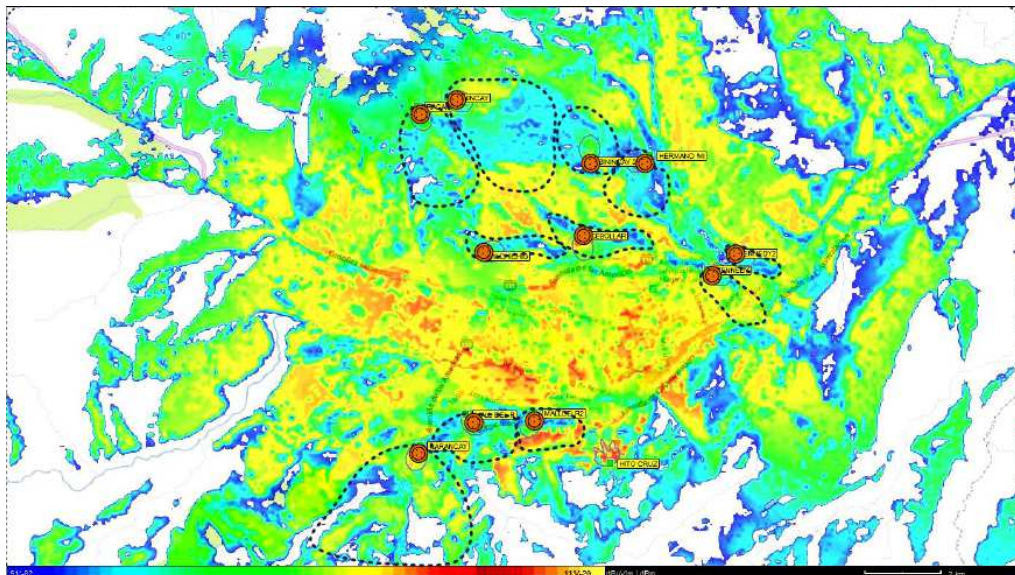


Figura 4.8: Cobertura de Gap Fillers – TDT Cuenca.
Fuente: ICS Telecom Modificada por el Autor.

Se puede apreciar que las áreas geográficas con zonas de sombra que inicialmente se mostraban en la Figura 3.16 han sido rectificadas con el uso de los Gap Fillers. Cabe indicar que existen zonas donde persiste la pérdida de señal y no fue posible obtener niveles de campo eléctrico adecuados, esto debido, a que se encontró presencia de terrenos muy irregulares como el caso de quebradas. Un ejemplo claro de esta observación es en la zona de Racar que se puede observar con más detalle en la figura 4.8.

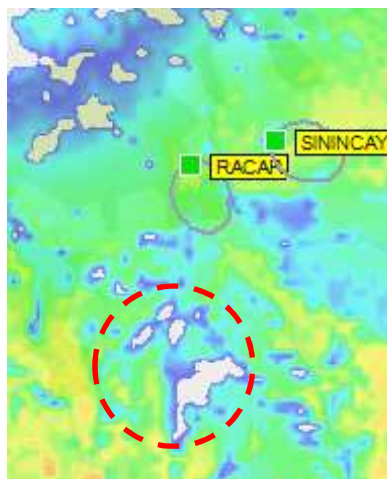


Figura 4.9: Zona de Sombra por Quebrada - Racar.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

Se verifico igualmente la interferencia cocanal generada por la estación matriz y los Gap Fillers implementados sea la menor posible. Inicialmente usando ICS TELECOM versión 13.2.3 fue posible determinar la interferencia cocanal del sistema.

Tabla 4.5: Parámetros de Símbolo OFDM – Modo 2K.

SIMBOLO OFDM - ISDB-Tb	
Modulación de las Portadoras	64 QAM
FEC	3/4
Tiempo de Guarda T_G	1/8 T_u 31.5 μs
Tiempo Útil de Símbolo T_U	252 μs
Tiempo Total de Símbolo T_S	283.5 μs
Distancia de Reflexión	9.45 km

Fuente: Autor.

En la Tabla 4.5 se encuentran detallados los parámetros del símbolo OFDM utilizados para la simulación y que se configuraron para analizar la interferencia cocanal.

Se escogió la relación de Tiempo de Guarda de 1/8 debido a que esta relación permite considerar distancia de reflexión o distancia entre transmisores (matriz - repetidores) de hasta 9.45 km en una red SFN.

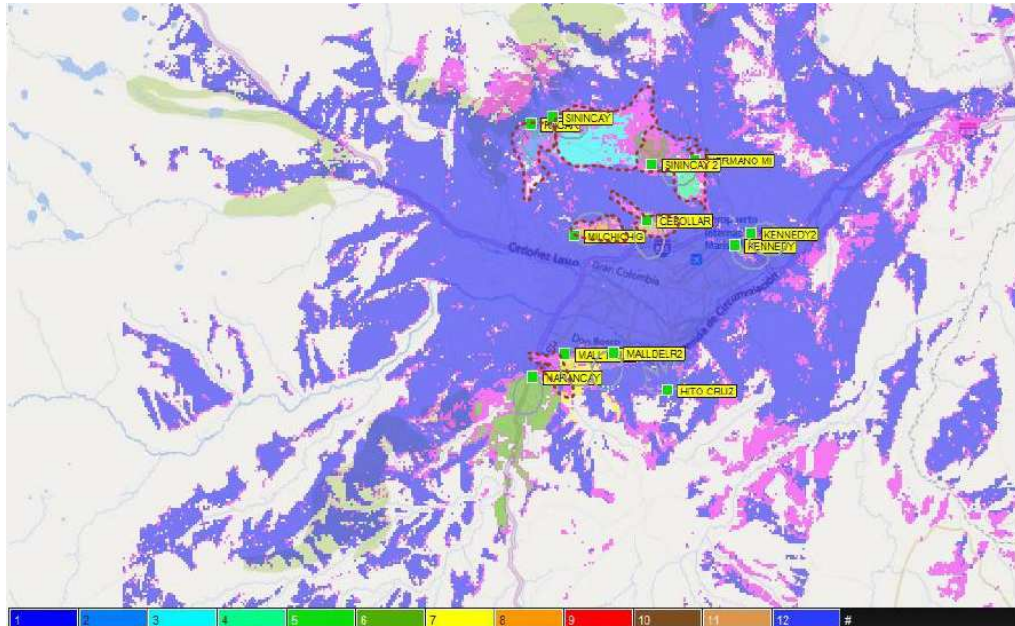


Figura 4.10: Interferencia Cocanal – TDT Cuenca.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

El resultado del análisis de interferencia cocanal utilizando el método de mejor servidor se muestra en la Figura 4.10 donde cada una de las áreas de cobertura están determinadas con un color diferente. Por ejemplo el color azul oscuro que predomina es el correspondiente al área generada por la estación transmisora Hito Cruz y el color morado claro corresponde al área donde se produce interferencia cocanal.

El análisis de interferencia utilizando el método de mejor servidor es realizado individualmente para cada transmisor, es decir, como ejemplo se tiene que: si se realiza el análisis de interferencia cocanal en Racar, el Gap Filler ubicado en esa zona se considera como el emisor principal para esa área de cobertura y los reemisores colindantes incluido el transmisor Hito Cruz son considerados como interferentes.

El proceso se repite con cada uno de los sistemas dispuestos en el área de operación. De esta manera es posible determinar de mejor forma la interferencia cocanal.

En base a lo indicado anteriormente las áreas donde se está produciendo interferencia cocanal son la zona baja de Racar, periferia de Sinincay, alrededores de bellavista, Control Sur - Mall del Rio y zona alta Milchichig.

Inicialmente se consideró que el tiempo de transmisión de los símbolos OFDM tanto de la estación principal como de los Gap Fillers implementados es el mismo.

Con el objetivo de mitigar la interferencia cocanal se considera realizar el análisis cuando se genera intencionalmente un retardo en los símbolos OFDM de los diferentes transmisores.

Por lo tanto se procede a modificar el tiempo de retardo en los símbolos OFDM de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 4.6: Retardo Símbolo OFDM – Interferencia Cocanal Mejor Servidor.

RETARDO - SIMBOLO OFDM	
HITOCRUZ	0 s
RACAR	15 us
SININCAY	20 us
SININCAY 2	10 us
HERMANO MIGUEL	15 us
KENNEDY	27 us
KENNEDY 2	25 us
NARANCA Y	0 s
M. RIO 1	5 us
M. RIO 2	25 us
MILCHICHIG	0 s
CEBOLLAR	0 s

Fuente: Autor.

En la Figura 4.11 se encuentra el diagrama con el resultado de la interferencia cocanal luego de aplicado el retardo en cada uno de los emisores de señal TDT. Como se puede apreciar la interferencia cocanal disminuyó considerablemente en las áreas de interés.

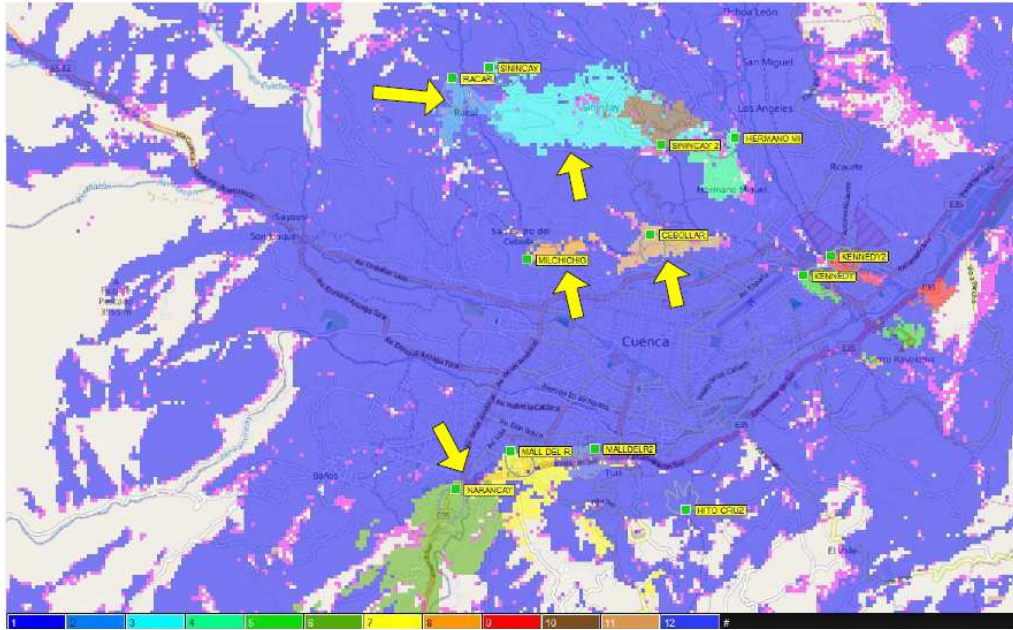


Figura 4.11: Interferencia Cocanal con Retardo en Símbolos OFDM – TDT Cuenca.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

4.4.2. Eliminación de zonas de sombra en el centro de la ciudad

Referente a las zonas de sombra detectadas en el numeral 4.1 debido a edificaciones situadas a lo largo del centro de la ciudad se ha considerado: no realizar la sugerencia de instalar micro repetidores para mejorar el nivel de intensidad de campo para TDT puesto que sería innecesario debido a que no se consideran zonas que cubran un área extensa de servicio.

Por lo tanto se propone que sería adecuado el uso de antenas exteriores con alturas de recepción de 10 metros en promedio, tomando en cuenta principalmente edificios y construcciones de gran dimensión.

Determinando el nivel de intensidad de campo eléctrico a una altura de 10 metros sobre el suelo, se obtiene que de acuerdo a la Figura 4.12. efectivamente el nivel de campo eléctrico es superior en por lo menos 15 dB al mínimo de nivel establecido en la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre en la mayoría de lugares donde se consideraron como zonas de sombra.

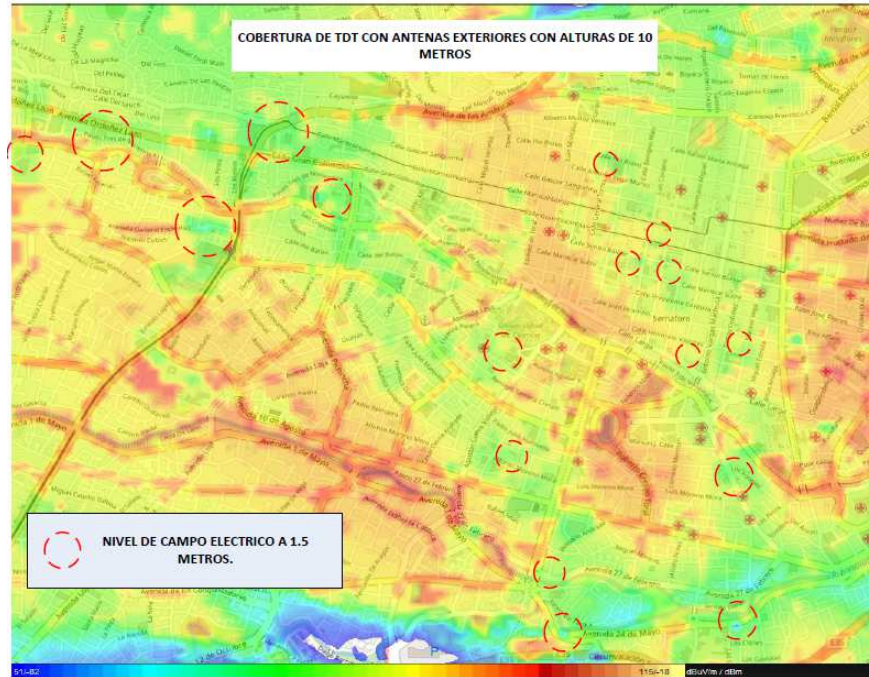


Figura 4.12: Nivel de Campo Eléctrico con Antenas Exteriores a 10 mts – Centro de Cuenca.
Fuente: ICS Telecom modificada por el Autor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al finalizar este proyecto de investigación se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. El modelo de propagación de cobertura más adecuado para Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Cuenca es el modelo ITU-R- 1812 debido a que presenta un error de 9 dB en relación a las mediciones reales frente a otros modelos de propagación como son: ITU-R P.1546, ITU-R P.525, ITU-R P.370 y Okumura- Hata Davidson.
2. En la ciudad de Cuenca el sitio más óptimo para la transmisión de una estación de Televisión Digital Terrestre es el cerro Hito Cruz debido a que presenta la mejor visibilidad en la zona urbana de la ciudad y la menor obstrucción por obstáculos debido a la altura y perfil topográfico que presenta en relación a otros sitios de transmisión analizados como fueron: Cerro Barabón, Cerro Rayoloma y Cerro Guagualzhumi.
3. La utilización de reemisores de señal o Gap Fillers es una solución sumamente adecuada para el reúso de frecuencias en una red SFN debido a que permite ampliar áreas de cobertura produciendo bajas interferencias cocanal. Adicionalmente el estándar ISDB-Tb presenta características de robustez frente a Interferencias Inter Símbolo (ISI) utilizando para ello tiempos de guarda en diferentes modos.
4. El software de predicción de cobertura ICS TELECOM versión 13.2.3 es una herramienta sumamente poderosa que permite realizar planificaciones de sistemas de Televisión Digital Terrestre a través del uso de modelos digitales de terrenos, capas de atenuaciones, capas de edificios, búsqueda de mejores emplazamientos para transmisión, análisis de interferencias, etc. permitiendo manejar un gran número de situaciones donde se pueden

realizar análisis del sistema y comportamientos. Adicionalmente la herramienta Antios permitió la construcción de arreglos de antenas compuestos donde se pudo modificar las características técnicas de cada uno de los elementos y como resultado obtener un patrón de radiación que permitió ser utilizado en ICS TELECOM versión 13.2.3 para las simulaciones de la estación Hito Cruz y los Gap Fillers implementados.

5. En Cuenca se determinaron 7 zonas de sombra donde el uso de reemisores de señal o Gap Fillers pudo eliminar satisfactoriamente estos problemas de señal, sin embargo, existen zonas geográficas que por sus características geográficas son sitios donde la degradación de la señal es muy grande y no permite un nivel de campo eléctrico adecuado como son quebradas principalmente. Para la octava zona de sombra analizada que se consideró en aquellos lugares con niveles inferiores a 51 dBuV/m dentro del centro de la ciudad Cuenca, se recomendó el uso de antenas exteriores determinando un mejoramiento en el nivel de campo eléctrico a receptor.

Recomendaciones

Al finalizar este proyecto de investigación se han determinado las siguientes recomendaciones para proyectos de investigación o planificación de sistemas de Televisión Digital Terrestre y que son enumerados a continuación:

1. Para obtener una predicción de cobertura adecuada de un sistema de Televisión Digital Terrestre es importante realizar un análisis previo del modelo de propagación a utilizar considerando el error (dB) que presenta en relación a las mediciones reales y la zona geográfica donde se desea realizar la predicción, así como, disponer de la información actualizada de las características físicas de edificaciones de la ciudad, tipos de terrenos y atenuaciones de las mismas aportara de manera importante a la obtención de resultados adecuados.
2. Cuando se utiliza arreglos de antenas ya sean lineales o compuestos es importante conocer el patrón de radiación resultante del mismo. Para la obtención correcta con los mejores resultados es importante considerar: Patrón de radiación individual, separación de antenas en un arreglo, azimut de cada elemento, ángulo de elevación, polarización de cada elemento, etc. Todas estas características permitirán que el patrón resultante sea correcto.
3. De acuerdo a la norma técnica para televisión digital terrestre se establece el uso de canales digitales (One Seg, SDTV, HDTV) considerando el uso de la multiprogramación. En este sentido sería importante realizar el estudio del análisis del funcionamiento de varios sistemas de televisión digital terrestre en la ciudad para redes SFN considerando la interferencia cocanal como principal punto de estudio.
4. Para la utilización de redes SFN se considera fundamental analizar adecuadamente los diferentes modos para ISDB-Tb donde se puede ver: modulación de símbolo OFDM, tiempo de guarda, tiempo de símbolo, velocidad de transmisión, FEC, tipo de señal (One Seg, SDTV, HDTV),

etc. También para la interferencia ISI considerar tiempos de guarda de acuerdo a las distancias de reflexión o distancia máxima para reemisores de señal de acuerdo a lo que establece la norma ABNT-1401.

5. Cuando se implementen estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Cuenca a más de verificar un adecuado nivel de campo eléctrico y baja interferencia cocanal en caso de utilizar redes SFN también es importante tener en cuenta que las zonas provistas por un área de servicio principal cuenten con un nivel óptimo de MER, es decir, de acuerdo a la normativa actual este valor debe mantenerse hasta un valor de 32 dB.

Referencias Bibliográficas

- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, A. (2015). ARCOTEL-2015-0301: Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre. ARCOTEL.
- Alonso, R. M., Pupo, E. F., Hernández, R. D., & Nieto, G. G. (2015). Sistema experimental para la caracterización del MER. *Revista Telemática*, 14(3), 30–40.
- Asamblea de la República del Ecuador. (2015). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. 438, 40.
- Asociación Brasileña de Normas Técnicas, A. (2007). Norma Brasileña: Televisión Digital Terrestre - Sistema de transmisión ISDB-Tb. ABNT. Recuperado a partir de <http://www.abnt.org.br/normalizacao/abnt-catalogo>
- Benoit, H. (2008). *Digital television: satellite, cable, terrestrial, IPTV, mobile TV in the DVB framework* (3rd ed). Burlington, MA: Focal Press.
- Bizberge, A., Krakowiak, F., Labate, C., & Morone, R. (2013). Políticas de TDT: del predominio del mercado al desafío por un sistema democrático de televisión. 2013): *Las políticas de comunicación en el siglo XXI. Buenos Aires: La Crujía*. Recuperado a partir de <http://politicasyplanificacion.sociales.uba.ar/files/2014/07/tdt.pdf>
- Chie, S., Zambrano, M., & Medina, C. (2016). Estándares actuales de televisión digital: Una breve reseña. *Prisma*, 6(1), 19–23.
- Collins, G. W. (2002). *Fundamentals of digital television transmission*. New York: Wiley. Recuperado a partir de <http://iclibezp1.cc.ic.ac.uk/login?url=http://ieeexplore.ieee.org/xpl/bkabstractplus.jsp?bkn=5201684>

- Consejo Nacional de Telecomunicaciones, C. (2010). RTV-681-24-CONATEL-2012: Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital en Ecuador. CONATEL.
- Constitucional, T. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Quito-Ecuador: Registro Oficial, 449*, 20–10.
- DiBEG | Structure of Japan's Digital Broadcasting Standard. (s/f). Recuperado el 3 de octubre de 2017, a partir de <http://www.dibeg.org/techp/structure/structure.html>
- Digital Terrestrial Television (DTT) - World Map (high resolution). (2017). Recuperado el 25 de agosto de 2017, a partir de <http://www.dtvstatus.net/map/map.html>
- Fischer, W. (2007). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology* (3a ed.). Dordrecht: Springer.
- Kasampalis, S., Lazaridis, P. I., Zaharis, Z. D., Bizopoulos, A., Zettas, S., & Cosmas, J. (2014). Comparison of Longley-Rice, ITU-R P.1546 and Hata-Davidson propagation models for DVB-T coverage prediction (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/BMSB.2014.6873518>
- Loyola Arroyo, L. A. (2011). *Televisión digital al alcance de todos: Una introducción simple al estándar japonés ISBD-T y a las telecomunicaciones*. Madrid: Bubok.
- Luz, R. R. (2005). *Sistemas de radiocomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Medina, J., Villa, C., Saquicela, V., Espinoza Mejía, M., Astudillo, D., Albán, H., & Palacio Baus, K. S. (2014). On the implementation of a Laboratory of Digital Television according to the ISDB-Tb standard.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2017). ¿Qué es la TDT? Recuperado el 23 de agosto de 2017, a partir de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/que-es-la-tdt/>

- MINTEL reprograma el cronograma de evolución a la televisión digital terrestre – TDT. (2017). Recuperado el 2 de noviembre de 2017, a partir de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-reprograma-el-cronograma-de-evolucion-a-la-television-digital-terrestre-tdt/>
- Olivier Pelly. (2011). Mediciones. En *Manual de Comprobación Técnica del Espectro - ITU* (p. 768). Ginebra Suiza: Librería Electrónica de la UIT. Recuperado a partir de http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-S.pdf
- Osmany, L. M. A. R. I., & Núñez, Y. (2016). Propuesta para Evaluación Objetiva de Calidad de Video de Definición Estándar. *Revista Telem@tica*. ISSN, 1729, 3804.
- Pinto, Á. D., Torres, J. M., García Bello, A. S., Pérez, N. A., & Uzcátegui, J. R. (2016). Modelo para Estimación de Pérdidas de Propagación en Sistema de Televisión Digital Abierta. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 37(2), 67–81.
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb (Primera Parte). Recuperado a partir de http://www2.elo.utfsm.cl/~elo341/SistemaISDB_Tb.pdf
- Saad Dera. (2011). La comprobación técnica del espectro como función esencial de un sistema de gestión del espectro. En *Manual de Comprobación Técnica del Espectro - ITU* (p. 768). Ginebra Suiza: Librería Electrónica de la UIT. Recuperado a partir de http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-S.pdf
- Suing, A., González, V., & Aguaded, I. (2015). Géneros y formatos para la televisión digital. Análisis en los países andinos. *Anagramas Rumbos y Sentidos de la Comunicación*, 14(27). Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/html/4915/491548261002/>

- Takada, M., & Saito, M. (2006). Transmission system for ISDB-T. *Proceedings of the IEEE*, 94(1), 251–256.
- Telecomunicaciones, U. I. de. (2012). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Ginebra Suiza. Recuperado a partir de <http://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones, I. (2001). ITU-R P.370: Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1 000 MHz. Servicios de radiodifusión. ITU. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.370-7-199510-W/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones, I. (2013). ITU-R P.1546-5: Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz. ITU. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones, I. (2015). ITU-R P.1812-4: Método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas. ITU. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1812/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones, I. (2016). ITU-R P.525-3: Cálculo de la atenuación en el espacio libre. ITU. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.525/es>
- Vega, C. P. (2007). Transmisión de Televisión Digital. *Universidad de Cantabria*. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search>. Recuperado a partir de <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/estandares%20de%20transmision%20digital.pdf>

Yamada, H. (2009). *Developments in Television Band Frequency Sharing Technology*.

NISTEP Science & Technology Foresight Center. Recuperado a partir de

<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/2800/1/NISTEP-STT031E-24.pdf>

Glosario de Términos

ABNT:	Asociación Brasileña de Normas Técnicas
ACC:	Advanced Audio Coding
ARCOTEL:	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ATSC:	Advanced Television Systems Committee
AVC:	Advanced Video Coding
BPSK:	Binary Phase Shift Keying
BST-OFDM:	Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CITDT:	Comité Técnico de Implementación de la Televisión Digital Terrestre
Clutter:	Mapa de Atenuaciones
COFDM:	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CONATEL:	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
dB:	Decibelio
dBd:	Ganancia sobre un dipolo de media longitud de onda
dB_i:	Ganancia isotrópica
dBuV/m:	Medida de intensidad de campo Eléctrico en dB.
DiBEG:	Digital Broadcasting Experts Group
DQPSK:	Differential Quadrature Phase-Shift Keying
DTM:	Modelo Digital de Terreno
DTMB:	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast
DVB-T:	Digital Video Broadcast – Terrestrial
ES:	Elementary Stream
ETSI:	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
EWBS:	Emergency Warning Broadcasting system
FEC:	Forward Error Correction
Gap Filler:	Reemisor de Señal TDT
GATR:	Grupo de Aspectos Técnicos y Regulatorios
HDTV:	High Definition TV
ISDB-T:	Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial

ISDB-Tb:	Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial, Brazilian Version
ITU:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LOC:	Ley Orgánica de Comunicación
LOS:	Line of Sight
LOT:	Ley Orgánica de Telecomunicaciones
MER:	Modulation Error Rate
MFN:	Multiple Frequency Network
MINTEL:	Ministerio de Telecomunicaciones
MPEG:	Moving Picture Experts Group
NLOS:	Non Line of Sight
NTSC:	Comité Nacional de Sistema de Televisión
OFDM:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PER:	Potencia Efectiva Radiada
PES:	Packetized Elementary Stream
PIRE:	Potencia Isotrópica Radiada
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK:	Quadrature Phase Shift Keying
RF:	Radio Frecuencia
RMSE:	Error Cuadrático Medio
SACER:	Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico
SDTV:	Standard Definition TV
SENATEL:	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SENPLADES:	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SFN:	Simple Frequency Network
SHP:	Shapefile
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SUPERTEL:	Superintendencia de Telecomunicaciones
TDS-OFDM:	Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing
TDT:	Television Digital Terrestre
TIA:	Telecommunications Industries Association

TS: Transport Stream
UHF: Ultra High Frequency
VHF: Very High Frequency
VSF: Vestigial Side Band



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Marcelo Javier López Sanmartín**, con C.C: # **0104789664** autor/a del trabajo de titulación: **Simulación y corrección de zonas de sombra para estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador**, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 30 días del mes julio del año 2018

f. _____

Nombre: Marcelo Javier López Sanmartin

C.C: 0104789664



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Simulación y corrección de zonas de sombra para estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador		
AUTOR(ES)	Marcelo Javier López Sanmartin		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Orlando Philco Asqui / MSc. Luis Vallejo Samaniego / MSc. Manuel Romero Paz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 2 de febrero de 2018	No. DE PÁGINAS:	108
ÁREAS TEMÁTICAS:	Televisión Digital Terrestre, Estándar ISDB-Tb, Compresión, Codificación, Multiplexación de TS y Procesamiento Jerárquico		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	SFN, TDT, Interferencia Cocanal, ITU R-1812, ICS Telecom, Antios, Interferencia		
RESUMEN/ABSTRACT: La Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Ecuador se encuentra en una etapa de transición donde se prevé que para mediados del año 2018 se cumpla con la primera etapa de migración y para el año 2020 la migración en la totalidad de los sistemas de televisión analógica abierta al formato digital. En la ciudad de Cuenca actualmente existen sistemas de TDT que se encuentran realizando pruebas para su operación. Los sistemas TDT frente a los sistemas analógicos convencionales presentan diferencias significativas siendo la cobertura uno de sus principales puntos a considerar. Es por ello que surge la necesidad de realizar un análisis de cobertura para estaciones de TDT en la ciudad de Cuenca. En base a esta premisa este proyecto de investigación analizó las zonas de sombras generadas por estaciones de TDT en la ciudad de Cuenca y en consecuencia propuso una solución adecuada para la eliminación de las mismas mediante mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico en sitio, el uso de software especializado para cobertura – ICS Telecom utilizando el modelo de propagación ITU R-1812, modelamiento de sistemas radiantes - Antios y un posterior análisis de interferencias cocanal para redes SFN. Al final de este proyecto de investigación se expusieron los parámetros técnicos a ser considerados para obtener una adecuada cobertura en la ciudad de Cuenca por cual, se realizó recomendaciones a futuro para que sean consideradas en la planificación de dichos sistemas digitales.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0958941059	E-mail: mashis4@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Manuel de Jesús Romero Paz		
	Teléfono: +593-4-2202935 /0994606932		
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec / mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			