



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Estudio de la cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de
Puerto Azul y los Ceibos.**

AUTOR:

Ing. Moreno Redroban, César Abel

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MSc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez.

Guayaquil, Ecuador

11 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por el Magister **Moreno Redroban, César Abel** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

MSc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez.

DIRECTOR DE LA CARRERA

MSc. Ing. Manuel Romero Paz.

Guayaquil, 11 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Moreno Redroban, César Abel**

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de Titulación "**Estudio de la cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos**", previa a la obtención del Grado Académico de **Magister en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. 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, 11 de marzo del 2019

EL AUTOR

Ing. Moreno Redroban, César Abel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Moreno Redroban, César Abel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulada: **“Estudio de la cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 11 de marzo del 2019

EL AUTOR

Ing. Moreno Redroban, César Abel

REPORTE URKUND

The screenshot shows the URKUND interface. On the left, document details are listed: Documento (CESAR MORENO-TESIS MAESTRIA-10012019.docx), Presentado (2019-02-01 11:21), Presentado por (fernandopm23@hotmail.com), Recibido (edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com), and Mensaje (Revisión Final TT de Maestría Ing Cesar Moreno). On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) table is visible, listing various documents and URLs. At the bottom, a toolbar contains navigation and action icons, and a yellow warning box indicates '1 Advertencia' (1 Warning).

Lista de fuentes	Categoría	Enlace/nombre de archivo
+		Tesis Gregorio Cevallos Alvia TD...
+		https://pt.slideshare.net/Nelson...
+	>	https://docplayer.es/42162222-S...
+		TESIS TELECOMUNICACIONES.d...
+		TesisErikaZuñigaTDT.pdf

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA
EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Estudio de la cobertura de la señal de TVD
para las urbanizaciones de Puerto Azul y los
Ceibos.

AUTOR: Ing. Moreno Redroban, César Abel

Trabajo de titulación previo

a la obtención del grado de Magister en
Telecomunicaciones

TUTOR: MSc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez.

Guayaquil, Ecuador

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a las autoridades de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en con especial atención al Director de la Maestría, Msc. Ing. Manuel Romero Paz, y, profesores por el aporte brindado en mi formación profesional. Así también doy constancia de mi gratitud al, Msc. Ing. Daniel Iván Garrido Rodríguez, asesor del trabajo de titulación quien con sus conocimientos me orientó para que este trabajo sea realizado de la mejor manera. Reitero mi agradecimiento a mis compañeros y amigos de aula quienes fueron la base fundamental para la culminación de esta maestría.

ING. MORENO REDROBAN, CÉSAR ABEL

DEDICATORIA

Quiero dedicar especialmente a Dios por brindarme sus múltiples bendiciones, para lograr el título de Magister en Telecomunicaciones. A mis compañeros de aula, y con gran amor y cariño a mis padres, esposa Lucia García, hijos y hermanas, por compartir todos estos momentos a mi lado y por su sincero amor, por su valentía y muchas veces por sacrificar sus sueños por hacer realidad los míos, quienes son mi máxima motivación de trabajo.

ING. MORENO REDROBAN, CÉSAR ABEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. SC. GARRIDO RODRÍGUEZ, DANIEL IVÁN
TUTOR

f. _____

M. SC. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
REVISOR

f. _____

M. SC. CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO
REVISOR

f. _____

M. SC. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN.	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	2
1.3. Justificación del Problema a Investigar.	2
1.4. Problema a Investigar.	3
1.5. Hipótesis o Idea a Defender.....	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo General.....	3
1.6.2. Objetivos específicos.....	3
1.7. Metodología de investigación.....	4
CAPÍTULO 2: ESTÁNDAR ISDB-TB.	5
2.1. Introducción.....	5
2.2. Compresión de audio y video.....	7
2.3. Tipos de imágenes.....	8
2.4. Compensación de movimiento.....	8
2.5. Codificación por Transformada.....	9
2.6. Filtro anti-bloques.....	9
2.7. Exploración de los coeficientes.....	10
2.8. Codificación entrópica.....	10
2.9. Sistema de transmisión.....	11
2.9.1. Interferencia entre portadoras.....	11
2.9.2. Interferencia entre símbolos.....	13
2.9.3. Contenido del intervalo de guarda.....	15
2.9.4. Entrelazado de frecuencia y entrelazado temporal.....	16
2.9.5. Elección de parámetros OFDM.....	18

2.9.6.	Determinación del número de portadoras necesarias.....	19
2.9.7.	Estándar ISDB-Tb. Parámetros de la Modulación	22
2.9.8.	Organización del canal radioeléctrico para la transmisión	22
2.9.9.	Ajuste de los parámetros OFDM.....	23
2.9.10.	Frecuencia de muestreo	26
2.9.11.	Bandas de guarda para canales ISDB-Tb	27
2.9.12.	Desplazamiento de la frecuencia central del canal.....	31
2.9.13.	Modos 2 y 3 del sistema ISDB-Tb	34
2.9.14.	Frecuencia de muestreo para los modos 2 y 3	37
2.9.15.	Parámetros utilizados en los Modos 1, 2 y 3	37
2.9.16.	Tasas binarias de transmisión	39
Capítulo 3: Análisis de cobertura de la señal UCSG TVD.		42
3.1.	Introducción.....	42
3.2.	Sistema de transmisión de la señal UCSG TVD.	42
3.3.	Estudio y propuesta inicial de cobertura.....	46
3.4.	Cobertura de la TVD en urbanizaciones de Ceibos y Puerto Azul. ...	50
3.5.	Mediciones en sitios considerados como zonas de sombra.....	55
3.6.	Mediciones de la intensidad de campo de TVD	58
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES.....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		63
GLOSARIO		66
ANEXOS		69
Anexo 1		69
Anexo 2.....		70
Anexo 3.....		71
Anexo 4.....		73
Anexo 5.....		75
Anexo 6.....		85

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Segmentación del ancho de banda 6MHz.....	6
Figura 2. 2: ISDBT servicio de múltiple transmisión, portabilidad y movilidad.	7
Figura 2. 3: ISDBT activa alertas en desastres naturales.....	7
Figura 2. 4: Tipos de imágenes en el Estándar MPEG.....	8
Figura 2. 5: Particiones de bloques según el estándar mpeg-4.....	9
Figura 2. 6: Efecto del filtro anti-bloques sobre componentes de luminancia	10
Figura 2. 7: Tren de pulsos de duración Δt y período Δt_p	11
Figura 2. 8: Portadoras sinusoidales moduladas.....	12
Figura 2. 9: Ventana correspondiente a un símbolo OFDM.....	12
Figura 2. 10: Ortogonalidad entre Portadoras.....	13
Figura 2. 11: Ejemplo de señal directa y reflejada.....	14
Figura 2. 12: Señal directa y su réplica retrasada producto de la multitrayectoria.....	14
Figura 2. 13: Posicionamiento de la ventana FFT.....	16
Figura 2. 14: Entrelazado en frecuencia y tiempo.....	17
Figura 2. 15: Distancia recorrida por la señal reflejada.....	21
Figura 2. 16: Bandas de guarda superior e inferior de un canal.....	22
Figura 2. 17: Organización del canal en segmentos.....	23
Figura 2. 18: Representación de Portadoras y sus respectivos espacios....	25
Figura 2. 19: Canalización en tv analógica.....	27
Figura 2. 20: Canalización mixta (analógica-digital).....	28
Figura 2. 21: Señales ISDB-T y NTSC en canales adyacentes.....	28
Figura 2. 22: Espaciamiento en frecuencias (MHz).....	28
Figura 2. 23: Espacio ocupado por 6 $\frac{1}{2}$ segmentos.....	31
Figura 2. 24: Obtención de la frecuencia central.....	32
Figura 2. 25: Determinación de la portadora central.....	32
Figura 2. 26: Numeración de las portadoras.....	33

Figura 2. 27: Coincidencias entre portadoras analógicas y portadoras OFDM.	33
Figura 2. 28: Punto de reflexión distante.	35
Figura 2. 29: Transmisión jerárquica en tres capas.	41

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Estructura de UCSG RTV.	43
Figura 3. 2: Cálculo de propagación del enlace para la operación en modo digital.	46
Figura 3. 3: Cálculos de cobertura de transmisión con polarización Horizontal.	48
Figura 3. 4: Cálculos de cobertura de transmisión con polarización Vertical.	49
Figura 3. 5: Cobertura para el Cerro del Carmen. Provincia del Guayas. Con 80% PW en Pol. H y 20% PW en Pol V	50
Figura 3. 6: Configuración omnidireccional del sistema radiante.	52
Figura 3. 7: Patrones de radiación omnidireccional Horizontal y Vertical.	52
Figura 3. 8: Visualización Cobertura Guayaquil. Pol. H. con 70% P.	53
Figura 3. 9: Visualización Cobertura Guayaquil. Pol. V con 30% P.	53
Figura 3. 10: Visualización Cobertura Los Ceibos. Pol. H. con 70% P	54
Figura 3. 11: Visualización Cobertura Los Ceibos. Pol. V con 30% de P.	54
Figura 3. 12: Visualización Cobertura Puerto Azul. Pol. H con 70% de P.	55
Figura 3. 13: Visualización Cobertura Puerto Azul. Pol. V. con 30% P	55
Figura 3. 14: Punto de medición en Urbanización Los Ceibos.	56
Figura 3. 15: Perfil de propagación Cerro del Carmen-Ceibos	56
Figura 3. 16: Punto de medición en Urbanización Puerto Azul.	57
Figura 3. 17: Perfil de propagación Cerro del Carmen-Puerto Azul.	57
Figura 3. 18: Mediciones de campo. Visualización	58
Figura 3. 19: Datos técnicos del multiplexor y encoder.	59

Índice de Tablas

Capítulo 2:

Tabla 2. 1: Intervalos de guarda y tiempos de símbolos.....	26
Tabla 2. 2: Intervalos de guarda y distancias máximas de reflexión para Modo 1.....	34
Tabla 2. 3: Intervalos de guarda y distancias máximas para los Modos 2 y 3.	36
Tabla 2. 4: Parámetros básicos de los Modos 1, 2 y 3	36
Tabla 2. 5: Parámetros del segmento OFDM según el estándar ISDB-Tb ..	38
Tabla 2. 6: Parámetros para 13 segmentos según el estándar ISDB-Tb.....	38
Tabla 2. 7: Tasas de transmisión R (Mbps) para 13 segmentos.....	39

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Datos geográficos para el enlace.....	43
Tabla 3. 2: Características de la antena parabólica ANDREW PX4-127	44
Tabla 3. 3: Características del sistema radiante.	45
Tabla 3. 4: Resultados de las mediciones de campo.....	60
Tabla 3. 5: Borde de Cobertura autorizado para TDT: 51 dB μ V/m	60

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el estudio de cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos de la provincia de Guayas, con atención especial a la cobertura del canal digital UCSG Televisión. Se inicia con una descripción del estándar ISDBT-Tb para televisión digital terrestre adoptado por Ecuador. Se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de niveles y calidad de señal en la recepción en las Urbanizaciones objeto de estudio consideradas zonas de sombra por no existir línea de vista con el lugar de transmisión de TDT. Para los cálculos de cobertura se utilizó un modelo de propagación ajustado para un canal de RICE, con modelo de predicción de área de servicio ITU-R 526. Para el análisis se utilizó el software WINRPT desarrollado por la empresa italiana SEDICOM. La metodología de medición se basó en la recomendación SM378-7 de la UIT y el Manual de Comprobación Técnico de emisiones de la misma entidad.

Palabras clave: Mediciones TDT, perfil topográfico, TDT UCSG Televisión, Zonas de sombra

ABSTRACT

In this paper we describe the coverage study of the TVD signal for the urbanizations of Puerto Azul and the Ceibos of the province of Guayas, with special attention to the coverage of the UCSG Televisión digital channel. It begins with a description of the ISDBT-Tb standard for digital terrestrial television adopted by Ecuador. The results obtained in the measurements of levels and quality of signal in the reception in the urbanizations object of study considered shadow zones are shown because there is no line of sight with the DTT transmission place. For the coverage calculations, an adjusted propagation model was used for an RICE channel, with ITU-R 526 service area prediction model. For the analysis, the WINRPT software developed by the Italian company SEDICOM was used. The measurement methodology was based on the ITU recommendation SM378-7 and the Technical Emissions Verification Manual of the same entity.

Key words: *TDT measurements, topographic profile, DTT UCSG Television, Shaded areas*

Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.

1.1. Introducción.

UCSG Televisión es un canal de televisión de cobertura nacional, con un contenido cultural, educativo y de entrenamiento que utiliza para su transmisión diaria tecnología análoga a nivel nacional y para la provincia del Guayas transmisión análoga y transmisión Digital.

1.2. Antecedentes.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, con fecha 15 de diciembre del año 2006 y mediante resolución 3654-CONARTEL – 06, recibe la concesión de un canal de Televisión análogo en la banda UHF canal 42, para operar una estación matriz con 25 repetidoras a nivel nacional a denominarse UCSG Televisión.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, con fecha 17 de diciembre del año 2014 y mediante resolución RTV_994-29-CONARTEL-2014, recibe la autorización para la instalación y operación TEMPORAL de una estación de televisión digital terrestre con el estándar ISDBT para la provincia del Guayas y cantones aledaños. Debiendo transmitir, en el canal 42, el mismo programa pero con 2 definiciones distintas (Multicasting), en el canal virtual 42.1 el programa en alta definición (HD), destinado a receptores modernos capaces de decodificar ese flujo de datos y en el canal virtual 42.2 el mismo programa pero con definición estándar (SD), destinado a receptores análogos con caja decodificadoras para la conversión de la señal análoga a digital o para receptores digitales que sólo pudiesen decodificar este flujo de información. Debiendo, además, transmitir un segmento de datos (ONE SEG) en el canal 45, para garantizar el sistema de alerta temprana frente a la ocurrencia de desastres y la recepción de señales de TVD en móviles.

1.3. Justificación del Problema a Investigar.

Las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos, desde la existencia de las transmisiones de TV análogas, fueron identificadas como zonas de sombra.

Teniendo como causa su ubicación geográfica que impide tener línea de vista directa con el transmisor de UCSG ubicado en el Cerro del Carmen.

1.4. Problema a Investigar.

Necesidad de conocer si en las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos, que desde la existencia de las transmisiones de TV análogas fueron identificadas como zonas de sombra, existe cobertura de la señal de TV digital con buena calidad.

1.5. Hipótesis o Idea a Defender

Si se hace un estudio de la cobertura y de la calidad de la señal de la televisión digital, en las condiciones de operación normal y con la experiencia de la cobertura de la señal análoga, se podrá definir si estas zonas se deben identificar o no como zonas de silencio para las transmisiones de TV digital provenientes del transmisor de UCSG TV ubicado en el Cerro del Carmen.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Comprobar si existe, en las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos, cobertura con calidad de las transmisiones de la señal digital provenientes del transmisor de UCSG TV ubicado en el Cerro del Carmen.

1.6.2. Objetivos específicos

- Analizar el estándar de TV DIGITAL ISDBT (japonés- brasileño) adoptado por nuestro país. Teniendo especial atención en los parámetros que puedan influir en la cobertura y calidad de la señal radiada.
- Analizar el estudio y propuesta de cobertura inicial realizado por la empresa Ecuatronix.
- Comprobar en el terreno la cobertura real de la provincia del Guayas con el diseño del sistema radiante propuesto y aprobado por ARCOTEL, enfatizando en la calidad de esta y prestando especial atención a las zonas identificadas como de sombra desde las transmisiones análogas.

- Presentar las conclusiones del trabajo realizado identificando muy bien en qué porcentaje, la no recepción o recepción deficiente se debe a las zonas de silencio o a la incorrecta instalación de las antenas receptoras.
- Proponer soluciones y recomendaciones económicas y acertadas para cada uno de los problemas detectados.

1.7. Metodología de investigación.

Método de observación documental y científica: Se emplea con el objetivo de obtener información y lograr la definición del problema, del marco teórico y el desarrollo del trabajo de titulación.

Método analítico: Se emplea con el objetivo de analizar los elementos de forma separada para ver las relaciones entre ellos.

Capítulo 2: Estándar ISDB-Tb.

2.1. Introducción.

El estándar para la transmisión de Televisión Digital Brasileño (ISDB-Tb), basado en el estándar japonés ISDB-T, fue desarrollado por un grupo de estudio coordinado por el Ministro Brasileño de Comunicaciones y fue liderado por la Agencia Brasileña de Telecomunicaciones (ANATEL). ISDB-Tb cambia el sistema de aplicaciones interactivas por uno desarrollado denominado "GINGA MIDDLEWARE" donde por primera vez se introducen modificaciones en el campo de la televisión digital tales como:

- Interoperabilidad entre los sistemas (ATSC, DVB y el híbrido japonés-brasileño).
- Utiliza compresión MPEG-4 en vez de MPEG-2 como su predecesor.
- Presentación de 30 cuadros por segundo en dispositivos portátiles, a diferencia de los 15 cuadros por segundo para equipos móviles en la norma ISDB-T.
- Interacción utilizando el middleware o software de soporte de aplicaciones distribuidas o intermediario, desarrollado en Brasil y denominado Ginga.
- Diseñado para transmitir información por canales de RF con ancho de banda de 6, 7, u 8 MHz, en nuestro país se utiliza el canal de 6 MHz.
- Utiliza la banda de UHF, 470-770MHz, colocando en esos 300MHz un total de 50 canales de 6MHz (5.572MHz de ancho de banda efectivo y 430kHz de separación entre canales). El uso de la banda de UHF proporciona mayor inmunidad frente a las señales transitorias que provienen de motores de vehículos y líneas de energía eléctrica en ambientes urbanos.
- Emplea redes de frecuencia única (SFN) (todos los transmisores a la misma frecuencia).
- Se basa en la modulación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) según los mapas de las constelaciones QPSK, DQPSK, 16-QAM y 64-QAM.
- Cada canal de RF se modula de forma diferente e independiente, lo que reduce al máximo la interferencia entre canales adyacentes y aumenta la

eficiencia espectral prácticamente al 100% pues se pueden usar todos los canales.

- Utiliza la segmentación de la banda de transmisión BST (Band Segmented Transmission), que consiste en dividir cada canal de RF en 13 segmentos organizados en grupos configurables de forma independiente al inicio de cada transmisión.
- Cada grupo contiene los datos de un determinado programa, y dependiendo de los requisitos del servicio a brindar por cada canal se puede transmitir uno o varios programas de Tv con diferentes definiciones como se muestra en la figura 2.1.

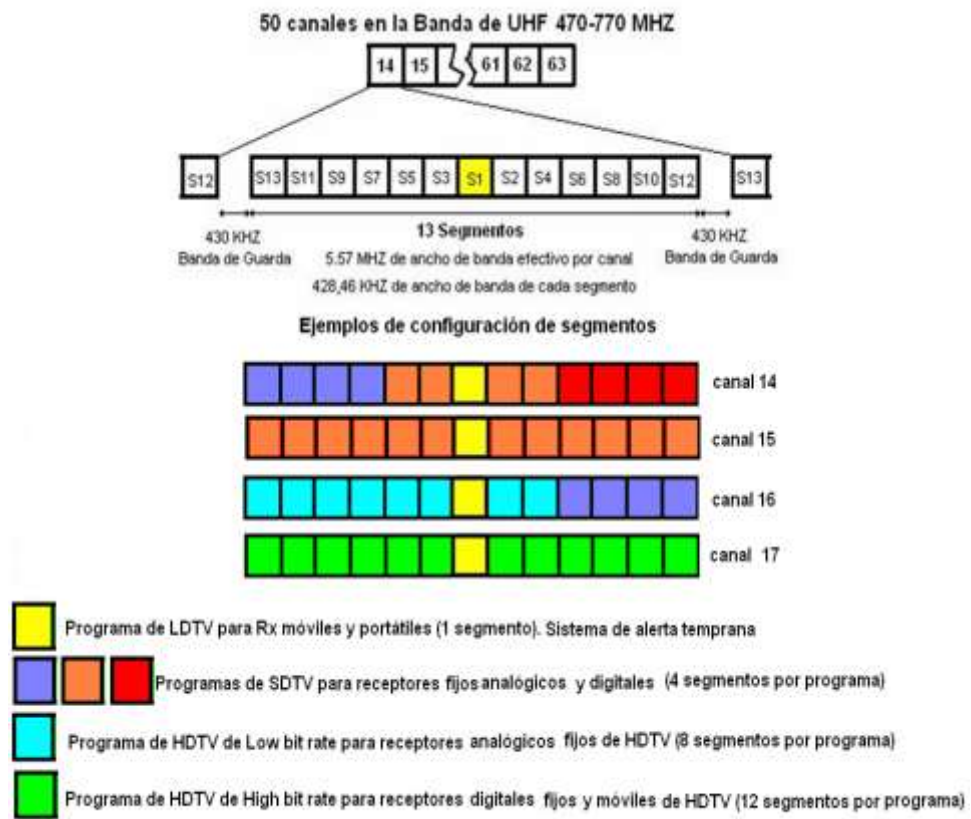


Figura 2. 1: Segmentación del ancho de banda 6MHz
 Fuente: Garrido, Daniel (2015)

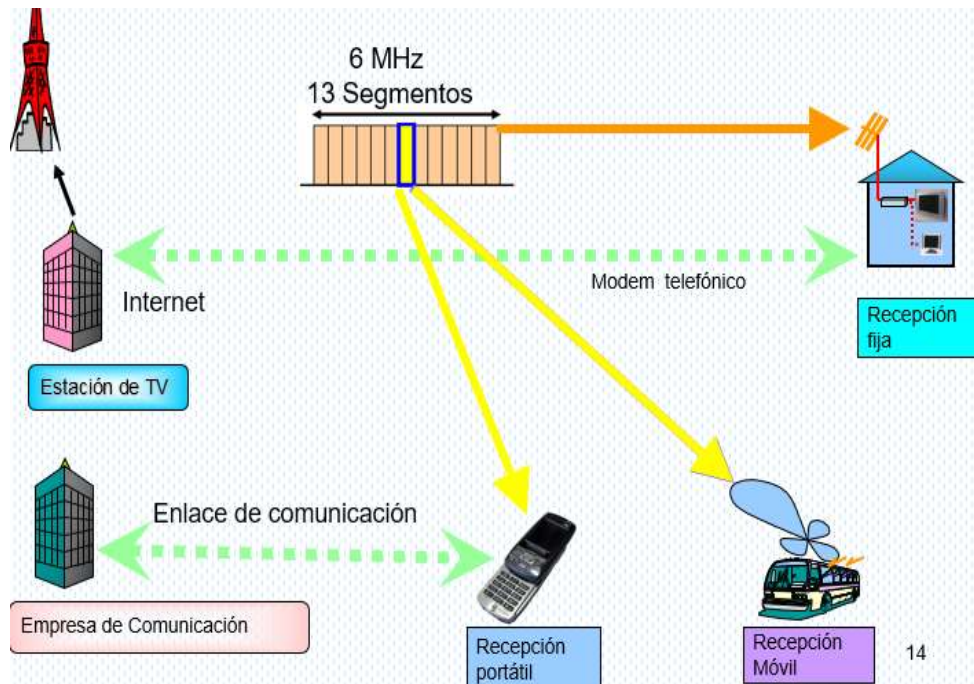


Figura 2. 2: ISDBT servicio de múltiple transmisión, portabilidad y movilidad.
 Fuente: Garrido, Daniel (2015)

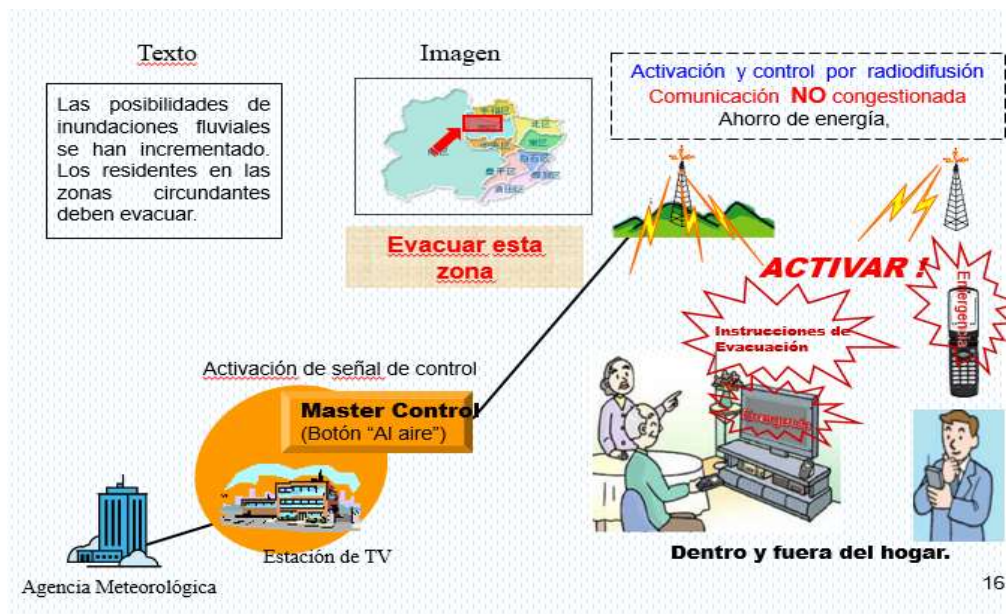


Figura 2. 3: ISDBT activa alertas en desastres naturales.
 Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.2. Compresión de audio y video

Este estándar utiliza H.264/AVC también llamado MPEG-4 parte 10, que es un códec de vídeo digital utilizado para alcanzar alta compresión de datos. Fue realizado por la ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) junto con la ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) como el producto de un

esfuerzo de sociedad colectiva conocida como el Joint Video Team (JVT). También se conoce como MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding, Codificación Video Avanzada). El estándar H.264/AVC difiere de sus predecesores en la incorporación de diversas mejoras como las que se detallan a continuación.

2.3. Tipos de imágenes

En el nuevo estándar se encuentran las mismas imágenes que en las normas precedentes conocidas como: imagen I (Intra Trama), imagen P (Predicción), imagen B (Bidireccionales), como se muestra en la figura 2.4 y dos nuevas: la SP (Switching P) y la SI (Switching I) que sirven para codificar la transición entre dos flujos de vídeo. Permiten, sin enviar imágenes intra muy costosas en tiempos de procesamiento, pasar de un vídeo a otro utilizando predicción temporal o espacial como antes, pero con la ventaja que permiten la reconstrucción de valores exactos de la muestra, aunque se utilicen imágenes de referencia diferentes o un número diferente de imágenes de referencia en el proceso de predicción.

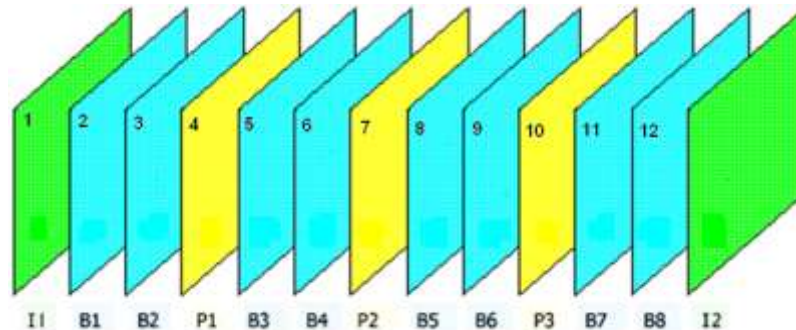


Figura 2. 4: Tipos de imágenes en el Estándar MPEG
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.4. Compensación de movimiento

El proceso de compensación de movimiento es diferente de las normas precedentes (MPEG-1, MPEG-2) puesto que propone una gran variedad de formas y de particiones de bloques. De cara a la compensación de movimiento, cada macrobloque, aparte del tamaño original (16x16 píxeles), puede ser descompuesto en sub-bloques de 16x8, 8x16 o 8x8 píxeles. En este último caso, es posible descomponer a su vez cada sub-bloque de 8x8 píxeles en particiones de 8x4, 4x8 o 4x4 píxeles. Antes, el estándar más

novedoso sólo introducía particiones de 8x8. Esta variedad de particiones proporciona una mayor exactitud en la estimación, a lo que se suma una precisión que puede llegar hasta un cuarto de píxel.

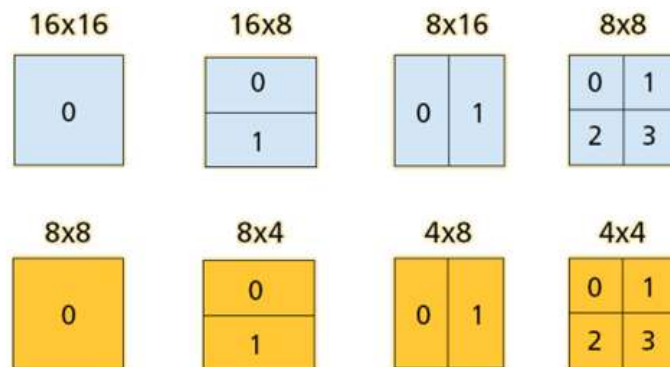


Figura 2. 5: Particiones de bloques según el estándar mpeg-4.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.5. Codificación por Transformada

Cada macrobloque debe estar transformado, cuantificado y codificado. En los estándares anteriores (MPEG-1, MPEG-2, las nueve primeras partes de MPEG-4 y H.263) se hace uso de la DCT 8x8 como transformada básica. El perfil básico de H.264 usa tres transformadas dependiendo del tipo de datos que serán codificados:

- Transformada “Hadamard” para matrices 4x4 de luminancia
- Transformada “Hadamard” para matrices 2x2 de crominancia
- Transformada DCT para todos los demás bloques 4x4 de datos residuales.

Si se utilizan bloques de diferentes tamaños (4x8, 8x4, 8x8, 16x8) deberán realizarse pequeñas variaciones de la transformada respecto a cada uno de ellos.

2.6. Filtro anti-bloques

En el estándar H.264 también se integra un filtro anti-bloques que mejoran la eficacia de compresión y la calidad visual de las secuencias de vídeo eliminando efectos indeseables de la codificación como por ejemplo el efecto de bloques. Visualmente, este filtro suaviza los bordes de los bloques, mejorando la apariencia de las imágenes y, por tanto, también mejora la calidad de las secuencias de vídeo. La siguiente figura muestra los

componentes de luminancia de un macrobloque 16x16, con 4 bloques 4x4 señalados.

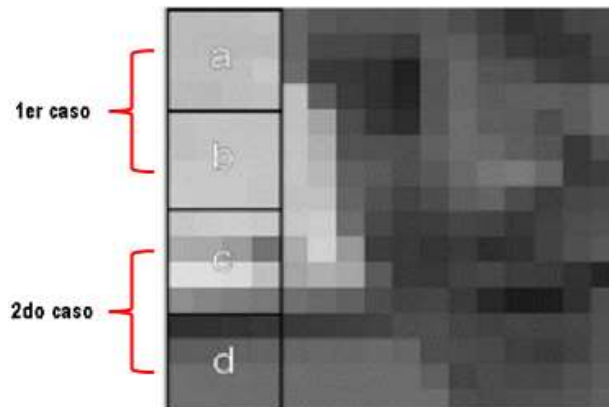


Figura 2. 6: Efecto del filtro anti-bloques sobre componentes de luminancia
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

- En el primer caso los bloques a y b son afectados por el filtro, dado que el valor de sus píxeles es muy cercano. Se evita en ellos la distorsión visual por bloques.
- En el segundo caso (bloques c y d), el filtro se desconectaría, para preservar la nitidez de los bordes de la imagen, dado que en ellos el cambio es más brusco.

2.7. Exploración de los coeficientes

Existen dos modos de exploración de los coeficientes transformados: "zig-zag" y "zig-zag inverso". El segundo modo de exploración permite en particular la lectura del macrobloque en sentido contrario para poder funcionar con la codificación entrópica adaptativa.

2.8. Codificación entrópica

La codificación entrópica se puede realizar de tres formas diferentes. Un primer método utilizado es el conocido UVLC (Universal Variable Length Coding). Este tipo de codificación se utiliza para codificar la gran mayoría de los elementos de sincronización y cabeceras. Los otros dos métodos son utilizados para codificar buena parte del resto de elementos sintácticos (coeficientes, vectores de movimiento). Las codificaciones utilizadas para esta tarea están basadas en VLC (Variable Length Coding) de forma adaptativa,

de este concepto nace el CAVLC (Context Adaptive Variable Length Coding) y el CABAC (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding).

2.9. Sistema de transmisión.

Este estándar utiliza la modulación OFDM que es una técnica de comunicación que divide un canal, de ancho de banda Bw en un número determinado de bandas de frecuencias equiespaciadas. En cada banda se transmite una subportadora que transporta una porción de la información del usuario. Cada subportadora es ortogonal al resto. La ortogonalidad de cada subportadora respecto al resto permite que el espectro entre ellas esté traslapado, y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras. Un sistema OFDM agrupa un determinado número de portadoras a transmitir en un intervalo de tiempo T_U y se denomina “Símbolo OFDM”. A una sucesión de n Símbolos OFDM se denomina “Cuadro OFDM”.

2.9.1. Interferencia entre portadoras

Para evitar la interferencia entre portadoras (*ICI*), las portadoras mantienen una separación en frecuencia cuyo valor responde a una condición muy especial, (Ortogonalidad). Esta se cumple cuando la separación entre portadoras es igual a la inversa del tiempo de duración del símbolo. Es conocido que las portadoras son transmitidas en forma de “ráfagas”, es decir durante períodos de tiempo limitados, pero de manera periódica. No se trata de una ráfaga única, sino de un tren de ráfagas de duración Δt y período Δt_p .

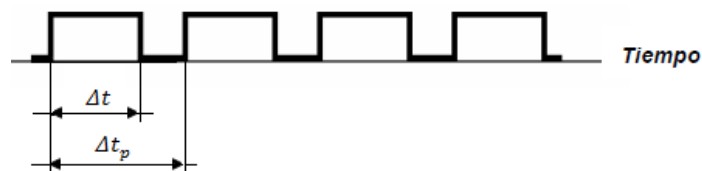


Figura 2. 7: Tren de pulsos de duración Δt y período Δt_p
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

En este caso en particular, la Transformada de Fourier de la señal tiene la forma $y = \frac{\text{sen}(x)}{x}$, y se trata de una función discreta en el dominio de la frecuencia, con sus líneas espectrales separadas:

$$\Delta f = \frac{1}{\Delta t_p} \quad (2.9.1 - 1)$$

Se puede hacer una representación de ortogonalidad entre un conjunto de portadoras sinusoidales si se emplea algún tipo de modulación.

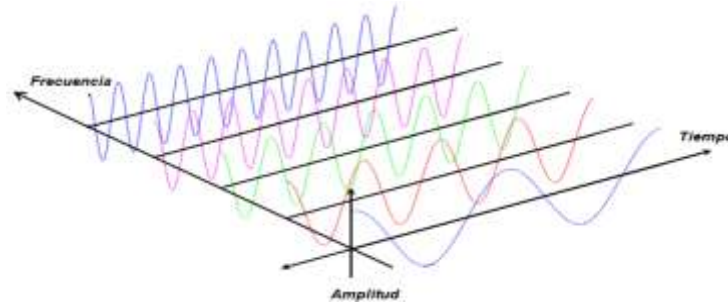


Figura 2. 8: Portadoras sinusoidales moduladas
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Proyectando las cinco señales presentes sobre el eje del tiempo y durante el intervalo de tiempo T_U , se obtendrá una representación gráfica de una ventana de muestreo, correspondiente a un símbolo OFDM.

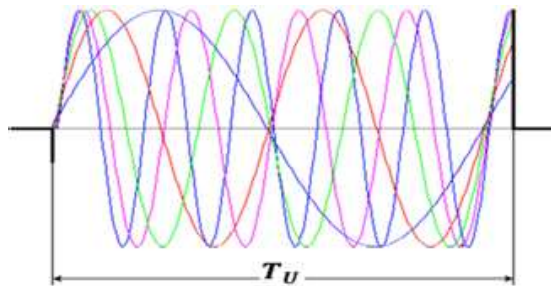


Figura 2. 9: Ventana correspondiente a un símbolo OFDM.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Como se puede observar, se tiene un conjunto de cinco señales sinusoidales componiendo una ráfaga cuya duración en el tiempo constituye una ventana T_U . Esto se puede describir como una “convolución” entre los espectros correspondientes al pulso rectangular y a cada una de las portadoras sinusoidales.

El espectro resultante estará compuesto por curvas de la forma $y = \frac{\text{sen}(x)}{x}$, tantas como portadoras existan y los cruces por cero de cada una de estas curvas también cumplirán con la relación:

$$\Delta f = T_U^{-1} \quad \text{siendo } T_U \text{ el tamaño de la ventana.} \quad (2.9. -2)$$

Si se transmiten simultáneamente las portadoras mostradas sin que exista ortogonalidad entre ellas, entonces se interferirán entre sí produciéndose (*ICI*), y el espectro tendrá características muy irregulares. En cambio, si la separación en frecuencia entre cada una de las portadoras se fija en base al valor $\Delta f = T_U^{-1}$ es decir, se hace que Δf sea igual a la inversa del tiempo de duración de cada símbolo T_U , se obtendrá el resultado mostrado en la próxima figura, donde las portadoras cumplen con la condición de ortogonalidad. Bajo esta condición, en la frecuencia central de una determinada portadora (máxima amplitud de la curva correspondiente) las restantes portadoras tendrán valor nulo (cruce por cero) y de esa manera no existirán interferencias entre ellas. (Alsinella Fernández, Marcos, 2008)

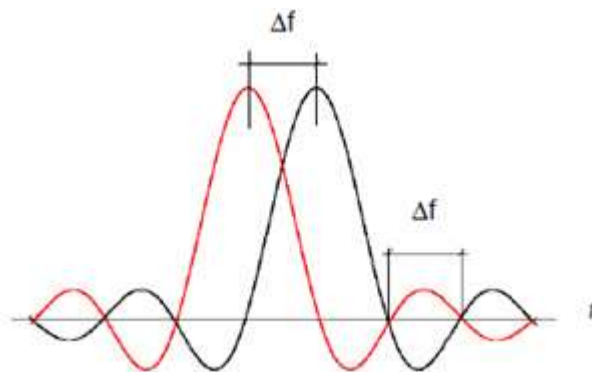


Figura 2. 10: Ortogonalidad entre Portadoras.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.9.2. Interferencia entre símbolos

Los receptores no solo reciben la señal directa; sino que también llegan a la antena, con un cierto tiempo de retardo réplicas de la señal original o “ecos”. Por lo tanto, la parte inicial de cada nuevo símbolo OFDM transmitido corre serios riesgos de ser degradada por el final del símbolo que le antecede. Para evitar este efecto, se inserta un intervalo de guarda (T_G) al comienzo de cada símbolo OFDM.

En la figura 2.9 se esquematiza el comportamiento de las señales directa y reflejada; además, se muestran dos transmisores radiando la misma señal, configurando una red de frecuencia única (SFN). Se puede observar que el retardo de tiempo que se establece en las señales reflejadas que llegan al receptor, medido respecto a la señal directa, depende de la diferencia en las

distancias recorridas por aquellas, por efecto de la reflexión sufrida en los diferentes obstáculos que presenta el terreno. Dado que la velocidad de propagación de las señales es conocida e igual a la velocidad de la luz, el tiempo de retardo puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$t_r = \frac{d}{c} \quad (2.9.-1)$$

Donde:

t_r → Tiempo de retardo, en segundos.

d → Diferencia de distancia recorrida por la señal reflejada, en km.

c → Velocidad de la luz, aproximadamente igual a 300.000 km/s.

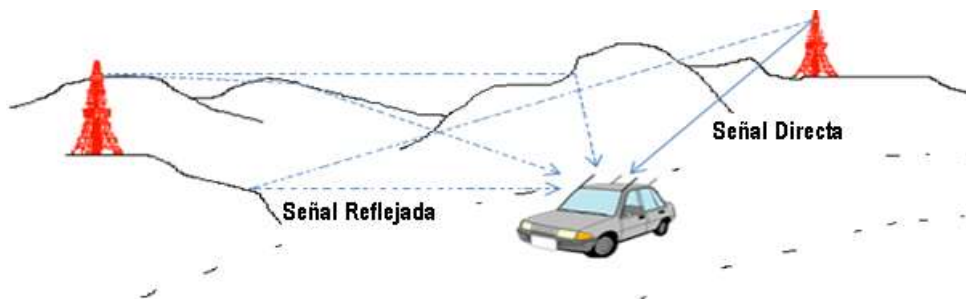


Figura 2. 11: Ejemplo de señal directa y reflejada.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Para eliminar la interferencia entre símbolos (ISI), será suficiente con introducir un intervalo de guarda al comienzo de cada símbolo, cuya duración T_G sea mayor o igual al tiempo de retardo t_r . La figura 2.12 muestra un esquema que permite deducir esta afirmación.

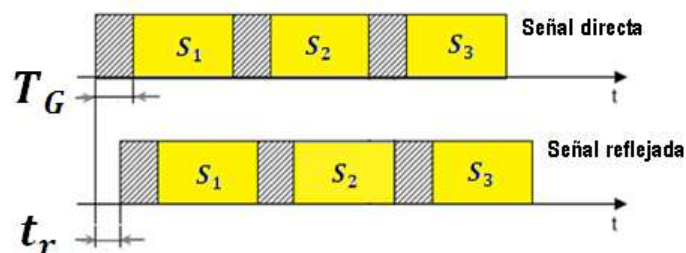


Figura 2. 12: Señal directa y su réplica retrasada producto de la multitrayectoria.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

La adición del intervalo de guarda resulta clave para posibilitar el correcto funcionamiento de las redes de frecuencia única (SFN). El valor de t_r a tomar

en cuenta para dimensionar el sistema deberá ser el del peor caso y corresponde al objeto reflectante ubicado a mayor distancia de la emisora.

El intervalo de guarda (T_G) es una continuación cíclica de la parte útil del símbolo, normalmente la parte final del símbolo de datos, el cual se inserta delante de él. En estas condiciones, si la señal se recibe por dos caminos distintos con un retardo relativo entre ellas, siempre que el retardo no supere el intervalo de guarda, coincidirá en las dos la información contenida dentro del tiempo útil de la señal principal. Como los receptores ignoran la señal recibida durante el intervalo de guarda de la señal principal, el resultado es que no habrá (*ISI*). Sin embargo, la inserción de este intervalo de guarda supone una pérdida de capacidad de transmisión del canal, es decir, una limitante en la velocidad teórica posible de transferencia de datos (Cabrera, Margarita, 2009) (Schulze, Henrik & Lüders, Christian, 2005).

2.9.3. Contenido del intervalo de guarda

En la figura 2.13 se muestra una señal directa y la réplica retardada de la misma, donde se pueden apreciar los intervalos de guarda correspondientes a varios símbolos consecutivos, cada uno con distintos sombreados, para poder identificar fácilmente la parte final de cada uno de ellos. El intervalo de guarda no puede dejarse vacío. La razón de ser de este mecanismo se debe a la forma en la que el receptor trabaja, concretamente a la manera en que se realiza la detección de cada símbolo. Si no existiera señal durante el intervalo de guarda, una vez transcurrido el tiempo de (*ISI*), el receptor debería poder comenzar la captura del símbolo en el momento exacto, recuperando toda la información transportada, acción que no resulta posible en presencia de múltiples señales ya que sería muy difícil poder detectar el comienzo y el final de cada símbolo.

Entonces, si la parte final del símbolo $S_n + 1$ se repite en el intervalo de guarda que lo precede, todos los componentes de la señal que están presentes más de una vez dentro del período de tiempo libre de (*ISI*) podrán ser detectados fácilmente, por medio de la función de autocorrelación del receptor.

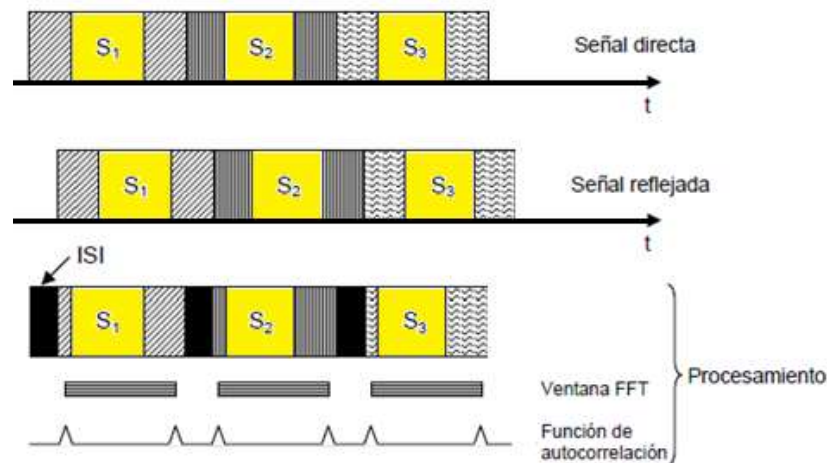


Figura 2. 13: Posicionamiento de la ventana FFT.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

La función de autocorrelación hace posible encontrar el comienzo y el final de la zona que está libre de (*ISI*) dentro de cada símbolo, permitiendo que el receptor posicione la ventana de muestreo de la Transformada Rápida de Fourier (*FFT*) dentro del sector libre de disturbios. La ventana *FFT* tiene una longitud exactamente igual a un símbolo y debido al efecto de búsqueda de la zona libre de (*ISI*), en general esta ventana no quedará perfectamente alineada con el símbolo que se está detectando, provocando un error de fase que se traduce en una rotación del diagrama de constelación con el que han sido moduladas las portadoras. Este error se corrige fácilmente en las siguientes etapas de procesamiento de la señal.

2.9.4. Entrelazado de frecuencia y entrelazado temporal

Para mejorar aún más la robustez de la modulación OFDM, es necesario atenuar algunos efectos secundarios que introduce el uso de códigos de protección de errores. Por regla general, estos códigos no son capaces de corregir secuencias demasiado largas de bit corrupto. Como el desvanecimiento dentro de un canal normalmente aparece en agrupamientos de frecuencias adyacentes o bandas, resulta altamente conveniente distribuir los bits de datos contiguos entre portadoras distantes. Este proceso se denomina “entrelazado de frecuencia”.

En la modulación OFDM los datos digitales son protegidos mediante el uso de códigos convolucionales. Luego se inserta el intervalo de guarda entre cada

serie de bit de datos protegidos. Finalmente, se mapean dichas series de bit sobre portadoras distantes, para lo cual se utiliza un algoritmo de entrelazamiento en frecuencia. El sistema ISDB-Tb ha sido desarrollado para canalizaciones con anchuras de banda de 6, 7 y 8 MHz y emplea la diversidad de frecuencia como mecanismo que permite recuperar la información transmitida en la señal, aún en presencia de desvanecimiento en ciertas frecuencias.

En la recepción móvil, este desvanecimiento puede presentarse durante períodos de tiempo más prolongados, afectando a varios símbolos OFDM consecutivos. Además de ello, los receptores sufrirán el efecto Doppler, que se traduce como ruido sobre las portadoras. Para compensar estos efectos indeseados, también se incorpora la función de “entrelazado temporal”, que se aplica sobre símbolos OFDM consecutivos. Este proceso, sumado al entrelazado en frecuencia, permite distribuir sucesiones contiguas de bit entre distintos símbolos OFDM separados en el tiempo.

En la figura 2.14 se muestra una representación gráfica de lo que serían los entrelazados de frecuencia y en tiempo, donde la señal resultante de ambos entrelazados adquiere un grado de robustez frente al ruido impulsivo y a las interferencias por multitrayectoria.

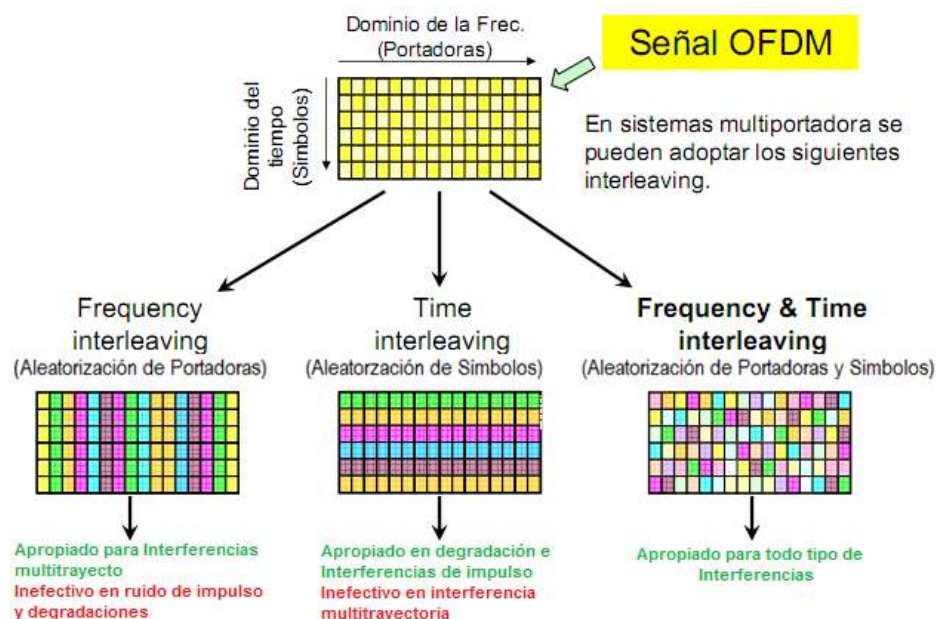


Figura 2. 14: Entrelazado en frecuencia y tiempo.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.9.5. Elección de parámetros OFDM

La selección de los parámetros de un sistema OFDM es un compromiso entre distintos requerimientos frecuentemente conflictivos entre sí, esto significa que cuando se logra optimizar uno de ellos, los restantes se ven afectados de alguna manera. Usualmente se dispone de ciertos requerimientos básicos a partir de los cuales se puede comenzar a dimensionar el sistema y normalmente estos son: el ancho de banda disponible (Bw), la velocidad o tasa de datos deseada $R(bps)$ y el tiempo de retardo de las señales reflejadas (t_r).

Como regla general, el intervalo de guarda T_G debe ser mayor que el tiempo de retardo, pero su valor dependerá también del tipo de modulación que se empleará para cada portadora. Por ejemplo, 64-QAM es mucho más sensible a ISI e ICI que QPSK. Una vez que el intervalo T_G ha sido seleccionado, se puede fijar el tiempo útil de símbolo T_U y por consiguiente la duración total T_S . El intervalo de guarda introduce pérdidas en la relación señal ruido razón por la cual, para poder minimizarlas, se deberá cumplir que $T_U \gg T_G$, teniendo en cuenta que la duración del símbolo no podrá ser arbitrariamente grande, porque esto obligaría a disponer de un número muy grande de portadoras, con la consecuente disminución de la separación entre ellas y una mayor susceptibilidad al ruido de fase y al desplazamiento de frecuencia.

Habiendo determinado T_G y T_U , se puede calcular el número L de portadoras necesarias en base al ancho de banda disponible (Bw), debido a que T_U fijará automáticamente la separación en frecuencia de las portadoras, conociendo que $\Delta f = \frac{1}{T_U}$ entonces:

$$L = \frac{Bw}{\Delta f} \quad L - \text{número de portadoras} \quad (2.9.5 - 1)$$

El número de portadoras necesarias (L) también se puede determinar en base al cociente entre la tasa total de datos y la tasa de transmisión alcanzada por cada portadora. Ésta última a su vez, surge de la relación existente entre el

tipo de modulación utilizado (64-QAM, 16-QAM, QPSK o DQPSK) y el tiempo útil de símbolo T_U .

2.9.6. Determinación del número de portadoras necesarias

Es posible determinar el número de portadoras necesarias a partir del cálculo de la capacidad de transmisión máxima teórica del canal con probabilidad de error arbitrariamente pequeña, por aplicación del Teorema de Shannon. Para ello, primero es necesario fijar un valor de referencia para la relación portadora-ruido (C/N). En TV analógica y suponiendo que se dispone de un canal Gaussiano, se necesitarán unos 46 dB para proporcionar una excelente calidad de señal. En TV digital los niveles exigidos dependerán de varios factores: el tipo de canal (Rayleigh, Rice o Gaussiano), la tasa de codificación interna (código de protección) y el tipo de modulación utilizado.

Para poder aplicar el Teorema de Shannon, es necesario conocer la relación señal-ruido (S/N) y en general, en sistemas de modulación tales como en la OFDM, la (C/N) no es igual a la (S/N) debido a varios factores, entre ellos, que, dentro del ancho de banda considerada además de las portadoras de datos, están presentes las portadoras piloto, con una potencia ligeramente superior que las primeras. Si bien se pueden calcular exactamente los valores de (C/N) y (S/N), la diferencia no es significativa cuando el nivel de señal es el necesario para ofrecer buena calidad de servicio (Franco, Olimpio José, 2007). En TV digital, con un canal de Rice (señal directa y múltiples reflexiones), modulación 64-QAM y redundancia media, se requiere una (C/N) de 18 dB, esto es 63 veces por lo que, si el ancho de banda del canal B_{w_c} es de 6 MHz, se tiene que:

$$C = B_{w_c} \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 6 \log_2(1 + 63) = 36 \text{ Mbps} \quad (2.9.6 - 1)$$

Se verá que en ISDB-T, la tasa $R(\text{bps})$ que realmente se alcanza es sensiblemente menor por dos razones: no es posible utilizar la totalidad del ancho de banda disponible del canal y como ya se dijo, no todas las portadoras son empleadas para la transmisión de datos, ya que varias de ellas estarán reservadas para las señales piloto y los canales auxiliares

(Guimarães, Dayan A., Panazio, Cristiano M., Mendes, Luciano L., Cámara Brito, José M., & Guiscafré Panaro, José S, 2005). La capacidad teórica recién calculada permite establecer una relación fundamental: La razón entre la cantidad de portadoras (L) a utilizar y el tiempo total de duración de cada símbolo (T_S).

$$T_S = T_U + T_G \quad (2.9.6 - 2)$$

Conociendo que $1Mbps = 10^6 bps$, si por ahora se acepta que $R = C$ y b_p es el número de bit transmitido por cada portadora y adoptando un esquema de modulación 64-QAM ($b_p = 6$ bit), se tendrá:

$$R(bps) = b_p * \frac{L}{T_S} \quad (2.9.6 - 3)$$

$$36 * 10^6 = 6 * \frac{L}{T_S}$$

$$\frac{L}{T_S} = 6 * 10^6 \frac{\text{portadoras}}{\text{segundo}} \quad (2.9.6 - 4)$$

Se necesitarán 6 portadoras por cada microsegundo de duración total de símbolo T_S . Como ya se explicó, es necesario insertar un tiempo de guarda T_G para evitar la interferencia entre símbolos (ISI), debiéndose cumplir con la condición $T_G \geq t_r$. Por lo tanto, será posible aproximar a la duración de símbolo T_S y también al tiempo efectivo o útil del mismo T_U , si se conoce la relación que debe existir entre éste y el intervalo de guarda, ya que el valor de T_G dependerá de las distancias a la cual se producen las reflexiones, incluyendo la posibilidad de contar con múltiples puntos de emisión, que permitan configurar una red de frecuencia única (SFN). Además, resulta evidente que $T_U \gg T_G$ para evitar la (ISI), de acuerdo a lo que ya se mostró.

El intervalo de guarda (al igual que otros parámetros, como se verá más adelante) deberá ser ajustable de acuerdo con la configuración que se adopte para el sistema. Lo más razonable sería que dichos parámetros formen un conjunto reducido de valores discretos y normalizados, evitando que puedan tomar valores arbitrarios elegidos libremente por el radiodifusor. Esto es fundamental para que los receptores y/o decodificadores tengan la menor

complejidad posible, simplificando su diseño, fabricación, ajuste y posterior mantenimiento, con la consiguiente reducción de costos.

Estas y otras razones conducen a fijar cuatro valores posibles para la relación $\left(\frac{T_G}{T_U}\right)$ y son representados mediante la letra griega $\Delta=1/4; 1/8; 1/16$ ó $1/32$ (Furuta, Hiroyuki, 2009). En la figura 2.15, la distancia “d” entre la antena receptora y el objeto reflectante es de 1 km, por lo que la onda reflejada recorrerá una trayectoria adicional de aproximadamente 2 km respecto a la señal directa (valor comúnmente encontrados en ciudades, donde existen reflexiones en edificios y en grandes estructuras metálicas).

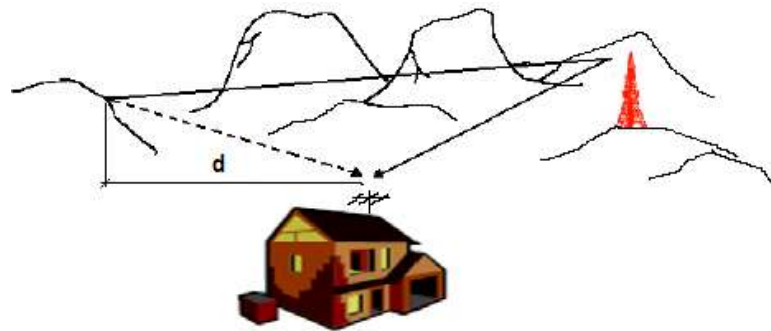


Figura 2. 15: Distancia recorrida por la señal reflejada.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Entonces, el tiempo de retardo arrojará el siguiente valor:

$$t_r = \frac{d}{c} = \frac{2 \text{ Km}}{0,3 \frac{\text{Km}}{\mu\text{s}}} \cong 7 \mu\text{s} \quad (2.9.6 - 5)$$

Es claro que este tiempo de retardo debería corresponder a un intervalo de guarda pequeño (reflexiones a cortas distancias), con lo cual la relación seleccionada es $\Delta = \frac{1}{32}$. Si se acepta que $T_G = t_r = 7 \mu\text{s}$, reemplazando estos valores en la ecuación

$$\frac{L}{T_U + T_G} = 6 * 10^6 \quad (2.9.6 - 6)$$

$$\frac{L}{\frac{T_G}{\Delta} + T_G} = \frac{L}{32T_G + T_G} = 6 * 10^6 \quad (2.9.6 - 7)$$

$$L = [(32 * 7) + 7] * 6 = 1386 = 1386 \quad \text{Portadoras}$$

2.9.7. Estándar ISDB-Tb. Parámetros de la Modulación

El sistema brasileño ISDB-Tb fue pensado para su aplicación sobre canales con un ancho de banda de 6, 7 y 8 MHz. Se ha escogido trabajar únicamente con un canal de ancho de banda de 6 MHz, por dos razones: es la canalización más común y serán más sencillas de entender todas las relaciones numéricas que gobiernan al sistema.

2.9.8. Organización del canal radioeléctrico para la transmisión

En casi la totalidad de los servicios de radiodifusión de comunicación audiovisual que emplean el espectro radioeléctrico como medio, no es posible utilizar todo el ancho de banda disponible para la transmisión, siendo necesario dejar ciertos márgenes por encima y por debajo de los límites del canal asignado. Estos márgenes, que se conocen como “bandas de guarda” En frecuencias de VHF y UHF, suelen tener entre 20 kHz y 200 kHz de ancho (según el tipo de servicio y las pendientes que presenten las curvas de respuesta en frecuencia espectral) y han sido pensados como medida de seguridad para evitar posibles interferencias sobre canales adyacentes. La figura 2.9-10 ilustra este sencillo concepto:

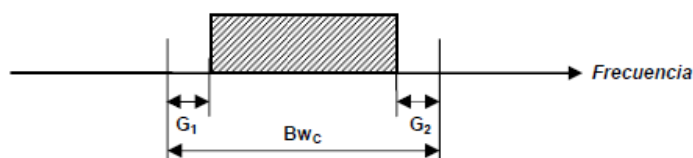


Figura 2. 16: Bandas de guarda superior e inferior de un canal.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Con dos bandas de guarda de 200 kHz, de los 6 MHz de ancho de banda disponible no se podrán utilizar 400 kHz. Se podría pensar entonces, en organizar el canal en porciones que la norma denomina “Segmentos” (N_s) de unos 400 kHz aproximadamente. Entonces se podrá plantear la siguiente ecuación:

$$N_s = \frac{Bw_s}{400} = \frac{6000 \text{ KHz}}{400 \text{ KHz}} = 15 \quad (2.9.8 - 1)$$

Dado que el ancho de uno de los segmentos se debe repartir entre las bandas de guarda superior e inferior, quedan 14 disponibles para el servicio. Pero el

estándar ISDB-Tb contempla además la posibilidad de ofrecer un servicio de banda estrecha utilizando un solo segmento (y de allí la denominación “**one-seg**”). El segmento destinado a one-seg ocupa el centro de la banda, a fin de que el receptor pueda sintonizarlo fácilmente. Si este segmento ocupa la posición central y deja igual cantidad de segmentos a derecha e izquierda de él, la banda se divide en 14 segmentos en lugar de 15 y reservar uno de ellos para distribuir entre bandas de guarda. Por lo tanto, el ancho de cada segmento será:

$$Bw_s = \frac{Bw_c}{14} = \frac{6000 \text{ KHz}}{14} = \frac{3000}{7} = 428,57 \text{ KHz} \quad (2.9.8 - 2)$$

El estándar ISDB-Tb ha sido definido como un sistema de “banda segmentada”, donde cada segmento tiene un ancho de 428,57 kHz (Furuta, Hiroyuki, 2009) y utilizan modulación OFDM. De ahí la denominación de BST-OFDM. Con un total de 13 segmentos para servicio, el canal quedaría organizado de la manera que se muestra en la figura 2.17, donde además puede verse el orden en que son enumerados los segmentos en ISDB-Tb (segmentos impares a la izquierda y segmentos pares a la derecha del segmento central).

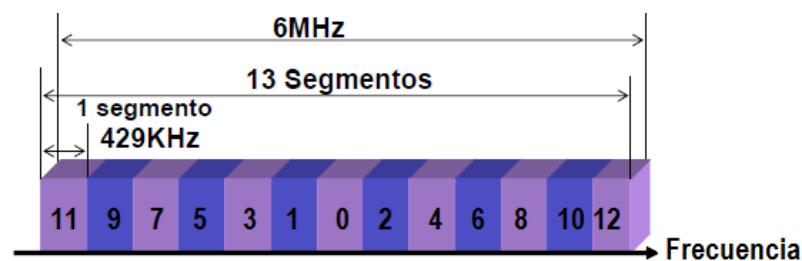


Figura 2. 17: Organización del canal en segmentos.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Por lo tanto, el ancho de banda total ocupada por los 13 segmentos es entonces:

$$Bw = N_s * Bw_s = 13 * \frac{3000}{7} = 5,571 \text{ MHz} \quad (2.9.8 - 3)$$

2.9.9. Ajuste de los parámetros OFDM

Como se calculó, en 2.9.6, se necesitan 1386 portadoras. Si estas se distribuyen por igual entre los 13 segmentos, la cantidad de portadoras L_s que entrarán en cada segmento es de:

$$L_S = \frac{1386}{13} = 106,6 \quad (2.9.9 - 1)$$

Resulta evidente que la cantidad de portadoras debe ser un número entero y el resultado está indicando que se necesitarán más de 106 portadoras por segmento. Si se elige $L_S = 107$, la separación entre las portadoras dentro de cada segmento será:

$$\Delta f = \frac{\frac{3000}{7}}{107} = \frac{3000}{749} = 4,00534 \text{ KHz} \quad (2.9.9 - 2)$$

Por lo tanto, el período útil del símbolo es:

$$T_U = \frac{749}{3000} = 249,66666 \dots \mu s \quad (2.9.9 - 3)$$

Este tiempo útil de símbolo que se acaba de calcular es un número periódico y, por lo tanto, los intervalos de guarda a él asociados también lo serán. Determinada la frecuencia de muestreo de f_{IFFT} necesaria, se podrá comprobar que no existirá un número entero de muestras dentro de los períodos T_U y T_G , y por ende, tampoco dentro del período total de símbolo T_S . En consecuencia, deberá adoptarse el número entero siguiente y esta es la razón por la cual en ISDB-Tb la cantidad de portadoras por segmento resulta ser:

$$(L_S = 108)$$

Al adoptar 108 portadoras por segmento, se tendrá para los trece segmentos un total de 1404 portadoras:

$$L = L_S * N_S = 108 * 13 = 1404 \quad (2.9.9 - 4)$$

Con L portadoras en total, habrá $(L - 1)$ espacios de espacio Δf , con lo cual el ancho total ocupada será igual a $(L - 1) \Delta f$. La figura 2.18 ayuda a comprender este planteamiento, mediante un número pequeño de portadoras:

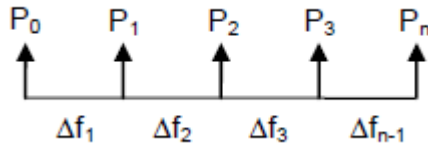


Figura 2. 18: Representación de Portadoras y sus respectivos espacios.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Ahora se pueden escribir las siguientes expresiones matemáticas:

$$Bw = (L - 1) * \Delta f \quad (2.9.9 - 5)$$

$$Bw = N_s * Bw_s \quad (2.9.9 - 6)$$

$$\Delta f = \frac{Bw_s}{L_s} \quad (2.9.9 - 7)$$

Sustituyendo se obtiene:

$$N_s * Bw_s = (L - 1) * \frac{Bw_s}{L_s} \quad (2.9.9 - 8)$$

Entonces el número total de portadoras realmente necesarias para satisfacer todas las condiciones es:

$$L = (L_s * N_s) + 1 = (108 * 13) + 1 = 1405 \quad (2.9.9 - 9)$$

Como el número de portadoras para todos los segmentos deberá ser el mismo (108), el estándar ISDB-Tb especifica la cantidad total de portadoras tal como se mostró en la ecuación (2.9.9 - 4):

$$L = (108 * N_s) + 1 \quad (2.9.9 - 10)$$

Ahora se pueden calcular los parámetros restantes, comenzando por la separación Δf entre portadoras:

$$\Delta f = \frac{Bw_s}{L_s} \quad (2.9.9 - 11)$$

$$\Delta f = \frac{\frac{3000}{7}}{108} = \frac{250}{63} = 3,968 \text{ KHz}$$

Una vez calculada la separación Δf , es posible determinar el valor que debe tener el tiempo útil de símbolo necesario para mantener la condición de ortogonalidad entre portadoras:

$$T_U = \frac{1}{\Delta f} \quad (2.9.9 - 12)$$

$$T_U = \frac{1}{3968} = 252 \mu s$$

Teniendo el valor del tiempo útil de símbolo se puede calcular los valores estandarizados para el intervalo de guarda T_G y la duración de símbolo T_S :

Tabla 2. 1: Intervalos de guarda y tiempos de símbolos.

T_G	$1/4 T_U$	$63 \mu s$	$T_S = T_U + T_G$	$315 \mu s$
	$1/8 T_U$	$31,5 \mu s$		$283,5 \mu s$
	$1/16 T_U$	$15,75 \mu s$		$267,75 \mu s$
	$1/32 T_U$	$7,875 \mu s$		$259,875 \mu s$

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.9.10. Frecuencia de muestreo

Los cálculos de las transformadas rápidas de Fourier, directa e inversa (*IFFT* y *FFT*) requieren una frecuencia de muestreo (f_{IFFT}), y exigen un valor preciso y determinado. Los procesadores numéricos que calculan la *IFFT*, lo hacen siempre sobre una cantidad de puntos (donde estos se traducen en portadoras), que son igual a una potencia entera de 2, es decir 2^n . Con esta limitante como exigencia, el número más cercano que permite obtener las 1386 portadoras necesarias es 2048 ($n = 11$). Las 662 portadoras restantes no se utilizan y simplemente se anulan.

Como el receptor a su vez debe calcular la *FFT* durante el período de símbolo T_S , es necesario que la cantidad de muestras a tomar durante ese período sea un número entero, requerimiento que también se extienda a los períodos T_U y T_G a los fines de mantener la ortogonalidad de las muestras (muestreo ortogonal). El valor de esta frecuencia está condicionado por la necesidad de obtener un número entero de muestras durante el período útil de símbolo T_U .

$$f_{IFFT} = \frac{2^n}{T_U} \quad \text{Para } 2^n \geq L, \quad \text{siendo } n \text{ entero} \quad (2.9.10 - 1)$$

Es decir:

$$f_{IFFT} = \frac{2^n}{252 * 10^6}$$

Para 1405 portadoras, deberá ser $n=11$, resultando $2^n = 2048$; por lo tanto, la frecuencia de muestreo será:

$$f_{IFFT} = \frac{2048}{252} = 8,126 \text{ MHz}$$

Este juego de parámetros define completamente al Modo 1 del sistema ISDB-Tb, también denominado Modo 2K, por ser $2^n = 2048$. Todos los parámetros pertenecientes a los Modos 2 y 3, al igual que los correspondientes al Modo 1, se pueden derivar muy fácilmente a partir de la frecuencia de muestreo f_{IFFT} , siendo esta el único valor fundamental y común a los tres modos.

2.9.11. Bandas de guarda para canales ISDB-Tb

Normalmente, dentro de una misma área de servicio, por ejemplo, una ciudad, para prevenir posibles interferencias, los canales de TV analógicos se distribuyen con un espaciamiento entre ellos de 6 MHz, es decir, dejando un canal de por medio, no estando autorizada la explotación de los canales adyacentes.

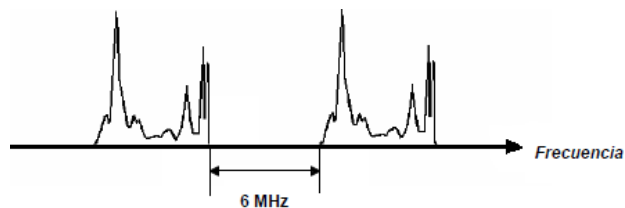


Figura 2. 19: Canalización en tv analógica.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Como, el servicio de TV digital se irá incorporando gradualmente y durante la transición las transmisiones digitales convivirán con las analógicas, éstas últimas presentes tanto en los canales de VHF (2 al 6 y 7 al 13) como en los de UHF (14 al 69). Para aprovechar completamente el espectro disponible,

otorgando todas las asignaciones de frecuencia que resulten posibles se realizan asignaciones mixtas, con emisiones ISDB-T y NTSC operando en canales adyacentes.

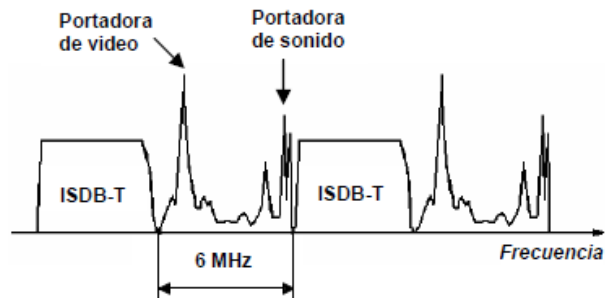


Figura 2. 20: Canalización mixta (analógica-digital).
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

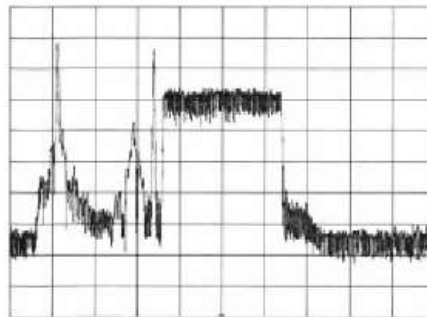


Figura 2. 21: Señales ISDB-T y NTSC en canales adyacentes.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

En la figura 2.22 se muestra el espaciamiento en frecuencia para asignaciones mixtas de canales adyacentes para transmisiones analógicas y digitales.

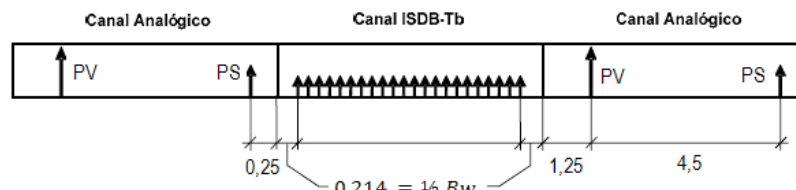


Figura 2. 22: Espaciamiento en frecuencias (MHz).
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Durante la etapa de desarrollo del estándar ISDB-T se realizaron numerosos ensayos de medición de las relaciones entre señal útil y señal interferente. En forma muy resumida, los principales resultados obtenidos en las mediciones de interferencia provocada por la señal ISDB-T sobre la señal NTSC son los siguientes:

El canal general se operó en las siguientes frecuencias centrales: f_0 y $f_0' = f_0 + 0,15 \text{ MHz}$

En general, cuando la señal ISDB-Tb estaba presente en el canal adyacente inferior, las relaciones entre señal útil (analógica) y señal interferente eran mejores (unos 10 dB) que las que se obtenían cuando la señal digital operaba en el canal adyacente superior. Esto lo podría justificar el hecho de que, en el procesamiento de las señales en receptores de TV analógicos, existe un importante énfasis sobre las componentes de alta frecuencia de la señal de video (por ejemplo, la señal de croma).

Cuando la señal ISDB-Tb estaba presente en el canal adyacente inferior, no había diferencias notables en las relaciones entre señal útil y señal interferente obtenidas con los tres valores de f_0 .

En contraste con la afirmación anterior, los resultados obtenidos cuando la señal ISDB-Tb estaba en el canal adyacente superior eran significativamente diferentes para f_0 y $f_0' = f_0 + 0,15 \text{ MHz}$. En este último caso (frecuencia central desplazada 150 kHz), la relación entre la señal útil y la señal interferente mejoraba notablemente, aún en receptores de baja calidad.

En cuanto a la interferencia co-canal, las mediciones mostraban ciertas diferencias de acuerdo con el valor del desplazamiento que se adoptara para la frecuencia central. Si la portadora de video del canal analógico quedaba posicionada entre portadoras OFDM (“entrelazada”), las relaciones entre señal útil y señal interferente empeoraban de 1 a 3 dB. Los mejores resultados se consiguieron cuando se las hizo coincidir.

A continuación, se justificará el valor encontrado, entre portadora de sonido y primera portadora ISDB-Tb

$$\begin{aligned} S &= 0,25 + 0,214 \\ &= 0,464 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (2.9.11 - 1)$$

Entre portadora de video y última portadora ISDB-Tb

$$\begin{aligned} S &= 1,25 + 0,214 \\ &= 1,464 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (2.9.11 - 2)$$

La diferencia entre estos valores es de más de tres veces. En consecuencia y para lograr un desplazamiento positivo según se acaba de explicar, se reduce dicha diferencia, aproximándola a una relación 2:1, lo que además permitirá incrementar la separación entre la portadora de sonido del canal analógico inferior y la primera portadora del canal digital.

Para determinar el valor necesario, es conveniente fijar algún criterio. En los canales analógicos, la proporción porcentual de espacio entre cada portadora y el límite del canal, con respecto al espaciamiento total ($1,25 + 0,25 = 1,5 \text{ MHz}$) es:

Entre portadora de video y límite inferior del canal se tiene la relación:

$$\frac{1,25}{1,50} * 100 = 83,33\% \quad (2.9.11 - 3)$$

Entre portadora de sonido y límite superior del canal se tiene la relación:

$$\frac{0,25}{1,50} * 100 = 16,66\% \quad (2.9.11 - 4)$$

Empleando las mismas relaciones para los canales digitales, donde el espacio total no utilizado es igual al ancho de un segmento, se pueden calcular las bandas de guarda necesarias:

$$\begin{aligned} G_1 &= 0,833 * Bw_S = 0,833 \frac{3000}{7} \\ &= 357,14 \text{ KHz} \end{aligned} \quad (2.9.11 - 5)$$

$$G_2 = 0,166 * Bw_S = 0,166 \frac{3000}{7} = 71,42 \text{ KHz} \quad (2.9.11 - 6)$$

Haciendo que el ancho de cada una de estas bandas de guarda sea un múltiplo entero de Δf , es decir, que correspondan a un cierto número entero de portadoras nulas se tiene:

$$\begin{aligned} L_{G_1} &= \frac{G_1}{\Delta f} = \frac{357,14}{3,968} \\ &= 89,9 \end{aligned} \quad (2.9.11 - 7)$$

$$L_{G_2} = \frac{G_2}{\Delta f} = \frac{71,42}{3,968} = 17,9 \quad (2.9.11 - 8)$$

La norma ISDB-Tb adopta 90 portadoras nulas para la banda de guarda inferior G_1 y 18 portadoras nulas para la banda de guarda superior G_2 . Sus valores finales pueden expresarse de la siguiente manera:

$$G_1 = 90 * \Delta f = 90 \frac{3}{108} = \frac{5}{14} \text{ MHz} \quad (2.9.11 - 9)$$

$$G_2 = 18 * \Delta f = 18 \frac{3}{108} = \frac{1}{14} \text{ MHz} \quad (2.9.11 - 10)$$

Las separaciones ajustadas según este criterio son:

- Entre portadora de sonido y primera portadora ISDB-Tb
 $S = 0,25 + 0,357 = 0,607 \text{ MHz} \quad (2.9.11 - 11)$

- Entre portadora de video y última portadora ISDB-Tb
 $S = 1,25 + 0,071 = 1,321 \text{ MHz} \quad (2.9.11 - 12)$

Relación entre separaciones 2,18: 1

2.9.12. Desplazamiento de la frecuencia central del canal

Con la adopción de bandas de guarda asimétricas se consigue que la frecuencia central f_0 del canal se desplace hacia una frecuencia más alta, por lo tanto, dejará de coincidir con la semisuma de los límites superior e inferior del canal. A partir de la figura 2.23 se calculará el ancho ocupado por $6\frac{1}{2}$ segmentos indicándose como referencia el segmento central.

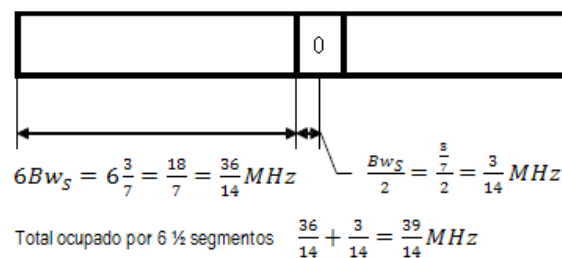


Figura 2. 23: Espacio ocupado por $6\frac{1}{2}$ segmentos.
 Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Ahora se procede a calcular la nueva frecuencia central del canal f_0' .

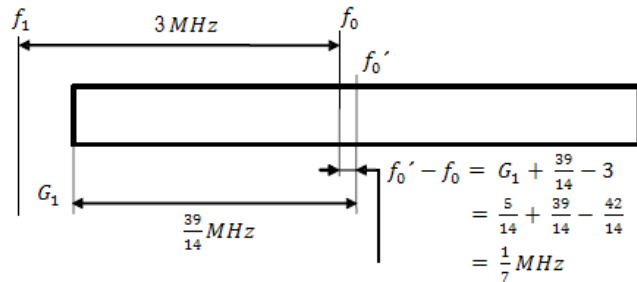


Figura 2. 24: Obtención de la frecuencia central.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Como puede verse la frecuencia central del canal resulta desplazada positivamente $1/7\text{ MHz}$.

$$f_0' = f + \frac{1}{7}\text{ MHz} \quad (2.9.12 - 1)$$

Este desplazamiento se denomina offset de $1/7$ de la frecuencia central del canal y esta frecuencia f_0' será coincidente con la portadora que ocupa la posición central de las 1405 que están activas. A continuación, y con la ayuda de la figura 2.25, se determinará cuál es esa portadora y además se mostrarán algunas relaciones que la norma utiliza para expresar los anchos de banda ocupados:

Claramente la portadora central, coincidente con f_0' resulta ser:

$$n = \frac{1495 + 91}{2} = 793 \quad (2.9.12 - 2)$$

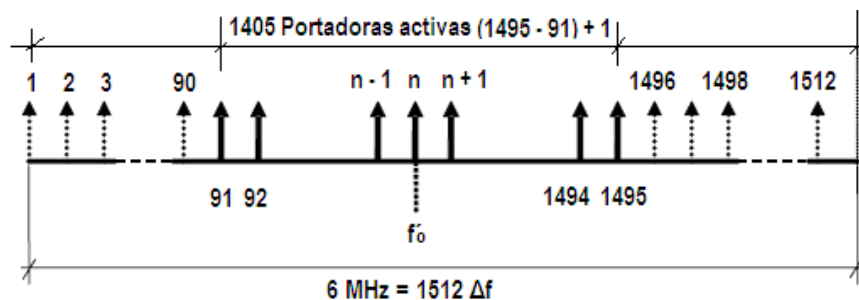


Figura 2. 25: Determinación de la portadora central.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

El estándar ISDB-Tb enumera solamente las portadoras activas, comenzando desde P_0 hasta P_{1404} y, por lo tanto, la portadora P_{91} es en realidad P_0 . Para

obtener los subíndices correspondientes a cada portadora activa, bastará con restar 91 a las cifras determinadas anteriormente, tal como se muestra en la figura 2.26.

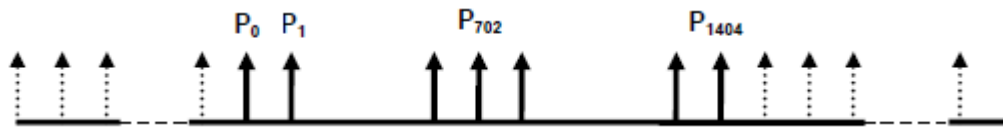


Figura 2. 26: Numeración de las portadoras.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Observando la figura 2.26, resulta sencillo obtener la expresión que utiliza el estándar para determinar el ancho de banda total ocupada por las portadoras activas. Una manera simple de visualizar el resultado será:

$$Bw = L * \Delta f = 1405 * \frac{250}{65} = 5575,4 \text{ KHz} = 5,575 \text{ MHz} \quad (2.9.12 - 3)$$

Pero también, es posible obtener el mismo valor en base a la cantidad segmentos y el ancho de banda de cada uno, añadiendo el espacio adicional correspondiente a la portadora 1405 (P_{1404} ya que se comienza a contar desde cero):

$$Bw = N_s * Bw_s + \Delta f = 13 \frac{3000}{7} + \frac{250}{63} = 5,575 \text{ MHz} \quad (2.9.12 - 4)$$

Por este motivo, el estándar expresa el ancho de banda ocupada por la señal como:

$$Bw(\text{KHz}) = \frac{3000}{7} N_s + \frac{250}{63} \quad (2.9.12 - 5)$$

Por otro lado, para emisiones analógicas y digitales en operación co-canal, se puede verificar la coincidencia de las portadoras OFDM con las portadoras de video y sonido del canal analógico:

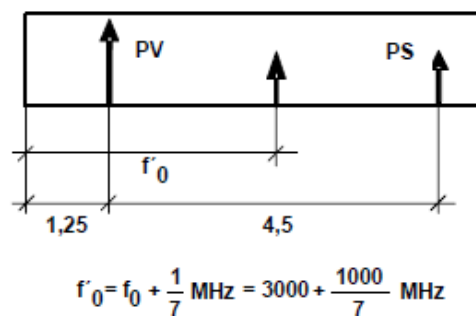


Figura 2. 27: Coincidencias entre portadoras analógicas y portadoras OFDM.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Dado que las portadoras OFDM están separadas entre sí un valor Δf , se pueden plantear que:

Para la portadora de video:

$$\left(3000 + \frac{1000}{7}\right) - n_1 \frac{250}{63} = 1250 \quad \text{donde } n_1 = 477 \quad (2.9.12 - 6)$$

La portadora de video coincide con la portadora OFDM $P_{702-477} = P_{225}$

Para la portadora de sonido:

$$\left(3000 + \frac{1000}{7}\right) + n_2 \frac{250}{63} = 5750 \quad \text{donde } n_2 = 657 \quad (2.9.12 - 7)$$

La portadora de sonido coincide con la portadora OFDM $P_{702+657} = P_{1359}$

2.9.13. Modos 2 y 3 del sistema ISDB-Tb

Hasta este momento, el estudio se ha basado exclusivamente en el Modo 1 (también llamado 2K). En la tabla 2.2 se puede apreciar que existen 4 configuraciones distintas para este modo, donde la variable fundamental es el valor del intervalo de guarda.

Tabla 2. 2: Intervalos de guarda y distancias máximas de reflexión para Modo 1.

Modo 1		
	T_G	d
$1/4 T_U$	$63\mu s$	$18,9 Km$
$1/8 T_U$	$31,6\mu s$	$9,45 Km$
$1/16 T_U$	$15,75\mu s$	$4,72 Km$
$1/32 T_U$	$7,875\mu s$	$2,36 Km$

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

El valor de este intervalo está estrechamente relacionado con las distancias (d) recorridas por las señales reflejadas: Los valores de las distancias (d) recorridas por las señales reflejadas antes de llegar a la antena receptora deben interpretarse como límites máximos, evitando la aparición de *ISI*. Resulta claro que, para tener cierto margen de seguridad, los tiempos de

reflexión de todas las señales retardadas deberán ser menores al intervalo de guarda elegido.

El caso más desfavorable cubierto por el Modo 1 es para $T_G = \frac{1}{4}T_U$ es decir, casi 19 km. Pero ¿qué sucede cuando las distancias resultan mayores a este valor, por ejemplo, entre 60 y 70 km? Estas distancias se calculan tomando en cuenta que se tratan del recorrido de ida y vuelta de la señal reflejada, por lo cual el objeto reflectante realmente estará ubicado a unos 30 o 35 km. Esta situación puede darse perfectamente en ciudades y conglomerados ubicados en zonas llanas, con un cordón montañoso distante, como se muestra en la figura 2.28.

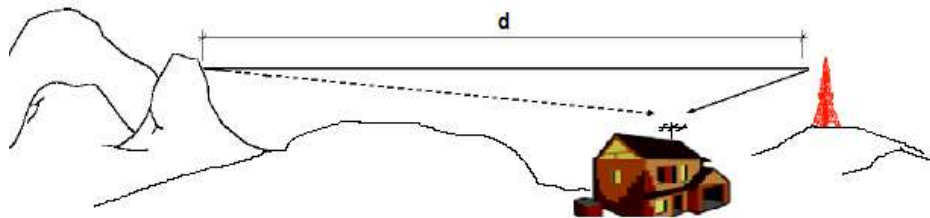


Figura 2. 28: Punto de reflexión distante.
Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Si el objetivo fundamental a la hora de establecer un nuevo sistema de TV digital terrestre es que éste se adapte a la mayor cantidad de escenarios posibles, resulta evidente la necesidad de poder contar con un mayor número de opciones para poder configurar correctamente un sistema de emisión. Por esta razón, el estándar ISDB-Tb define dos modos adicionales: Modo 2 (4K) y Modo 3 (8K). Matemáticamente, estos modos guardan relación directa con el Modo 1. Dado que el análisis se viene realizado a partir de los tiempos de retardo y tiempo útil de símbolo T_U , se hará lo mismo para los Modos 2 y 3, tomando como referencia el valor $T_{U1} = 252\mu s$ (tiempo útil para el Modo 1).

A continuación, se tabulan los valores correspondientes de T_U , T_G y d asociados para cada caso: Los modos 2 y 3 tienen, en términos absolutos, los intervalos de guarda más grandes. Estos modos han sido pensados fundamentalmente para permitir la operación en redes SFN y ofrecen una mayor robustez contra el efecto Doppler en la recepción móvil. Se puede afirmar que el modo 2 es aconsejable para SFN con emisores separados a

distancias entre 5 y 38 km, mientras que el modo 3 sería el indicado para redes con puntos de emisión ubicados entre 10 y 76 km.

Tabla 2. 3: Intervalos de guarda y distancias máximas para los Modos 2 y 3.

Modo 2				Modo 3			
T_{U2} $= 2T_{U1}$	T_G		d	T_{U3} $= 2T_{U2}$	T_G		d
504 μ s	$1/4 T_U$	126 μ s	37,8 Km	1008 μ s	$1/4 T_U$	252 μ s	75,6 Km
	$1/8 T_U$	63 μ s	18,9 Km		$1/8 T_U$	126 μ s	37,8 Km
	$1/16 T_U$	31,5 μ s	9,45 Km		$1/16 T_U$	63 μ s	18,9 Km
	$1/32 T_U$	15,75 μ s	4,72 Km		$1/32 T_U$	31,5 μ s	9,45 Km

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Además, como se puede observar, cada modo contempla una gama de valores intermedios comunes entre ambos. En la tabla 2.4 se muestra los principales parámetros derivados a partir del tiempo útil de símbolo.

Tabla 2. 4: Parámetros básicos de los Modos 1, 2 y 3

Parámetro	Modo1	Modo2	Modo3
T_U	252 μ s	504 μ s	1008 μ s
$\Delta f = \frac{1}{T_U}$	250/63	125/63	250/126
$L_S = \frac{Bw_S}{\Delta f}$	108	216	432
$L = 13L_S + 1$	1405	2809	5617

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Puede verse que al duplicarse el valor de T_U entre cada modo, la separación entre portadoras se reduce a la mitad y se duplica el número de portadoras por segmento de manera correspondiente. Surge ahora la pregunta sobre cuál de los tres modos es el mejor desde el punto de vista de la tasa binaria o velocidad de datos.

Anteriormente se dedujo que la tasa del sistema es directamente proporcional al número de portadoras de éste. Manteniendo el valor de b_p (cantidad de bit

transmitidos por portadora), cada vez que se duplica la cantidad de portadoras L , se duplica el tiempo de símbolo T_S correspondiente, con lo cual el cociente entre estos dos valores sigue siendo el mismo, al igual que el valor de R . Por lo tanto, a igualdad de parámetros de codificación y esquemas de modulación aplicados sobre las portadoras, la tasa R de transmisión, en bit por segundo, es independiente del modo utilizado.

Hasta el momento, los cálculos se han realizado en base a la utilización de un esquema de modulación 64-QAM, que transfiere $b_p = 6$ bit por portadora. Para ello, también se ha supuesto una relación C/N situada en el orden de los 18 dB o más, condición necesaria para que los receptores puedan demodular correctamente la señal. Cuando esto no resulta posible, ISDB-Tb contempla la posibilidad de emplear modulaciones más sencillas ($b_p = 4$ para 16-QAM y $b_p = 2$ para QPSK y DQPSK), aumentando la robustez del sistema en desmedro de la tasa de transferencia binaria R .

2.9.14. Frecuencia de muestreo para los modos 2 y 3

Para el Modo 2, $L=2809$, $n=12$ y habrán 4096 (4K) muestras en T_U :

$$f_{IFFT} = \frac{4096}{504} = 8,126 \text{ MHz} \quad (2.9.14 - 1)$$

Para el Modo 3, $L = 5617$, $n = 13$ y habrán 8192 (8K) muestras en T_U :

$$f_{IFFT} = \frac{8192}{1008} = 8,126 \text{ MHz} \quad (2.9.14 - 2)$$

Tal como se afirmó anteriormente, la frecuencia de muestreo es la misma para los tres modos.

2.9.15. Parámetros utilizados en los Modos 1, 2 y 3

Los parámetros más importantes de la norma ISDB-Tb según ABNT NBR 15601, son mostrados en las Tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2. 5: Parámetros del segmento OFDM según el estándar ISDB-Tb

Parámetro		Modo 1	Modo 2	Modo 3			
Ancho de banda del segmento	B_{W_S}	3000/7 = 428,57 KHz					
Separación entre Portadoras	Δf	250/63 KHz	125/63 KHz	125/126 KHz			
Número de Portadoras activas por segmento	L_S	108	108	216	216	432	432
Número de Portadoras de datos por segmento	L_D	96	96	192	192	384	384
Esquema de modulación para Las portadoras		QPSK		QPSK		QPSK	
		16QAM	DQPSK	16QAM	DQPSK	16QAM	DQPSK
		64QAM		64QAM		64QAM	
Símbolos por cuadro	S	204					
Períodos útiles de símbolo	T_{U}	252 μs	504 μs	1008 μs			
Relación $\frac{T_G}{T_U}$	Δ	$1/4 T_U$	63 μs	126 μs	252 μs		
		$1/8 T_U$	31,5 μs	63 μs	126 μs		
		$1/16 T_U$	15,75 μs	31,5 μs	63 μs		
		$1/32 T_U$	7,875 μs	15,75 μs	31,5 μs		
Duración total del símbolo $T_U + T_G$	T_S		315 μs	630 μs	1260 μs		
			283,5 μs	567 μs	1134 μs		
			267,75 μs	535,5 μs	1071 μs		
			259,875 μs	519,75 μs	1039,5 μs		
Duración total del cuadro $S * T_S$	T_C		64,26 ms	128,52 ms	257,04 ms		
			57,834 ms	115,668 ms	231,336 ms		
			54,621 ms	109,242 ms	218,484 ms		
			53,014 ms	106,029 ms	212,058 ms		
Frecuencia de muestreo	f_{FFT}	$\frac{512}{63} = 8,12698 \text{ MHz}$					

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Tabla 2. 6: Parámetros para 13 segmentos según el estándar ISDB-Tb

Parámetro		Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de Segmentos	N_S	13		
Anchura de la Banda	B_W	$\frac{3000}{7} N_S + \frac{250}{63}$	$\frac{3000}{7} N_S + \frac{125}{63}$	$\frac{3000}{7} N_S + \frac{125}{126}$
Número total de Portadoras	L	$108 * N_S + 1$	$216 * N_S + 1$	$432 * N_S + 1$
		1405	2809	5617

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

2.9.16. Tasas binarias de transmisión

En este punto es oportuno calcular las tasas de transmisión R para los distintos valores de intervalos de guarda y esquemas de modulación posibles. Anteriormente se ha visto que:

$$R(bps) = \frac{b_p * L}{T_s} \quad (2.9.16 - 1)$$

En esta expresión hasta el momento no se han considerado los coeficientes de corrección necesarios, que son consecuencia de los sistemas de codificación empleados. Además, el agregar un intervalo de guarda como los esquemas de protección de datos reduce la velocidad de transferencia neta del sistema. Tampoco se ha tenido en cuenta que la cantidad de portadoras disponibles para la transmisión de datos L_D por segmento, es menor que L_S , por lo tanto $L = 13 * L_D$.

Teniendo en cuenta lo expresado, se puede escribir la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$R(bps) = K_o * K_I \frac{b_p * 13L_D}{T_s} \quad (2.9.16 - 2)$$

Donde:

K_o → Está en función de la “codificación externa” y su valor es fijo

$$K_o = 188/204$$

K_I → Esta en función de la “codificación interna” y puede tomar los siguientes valores:

$$K_I = 1/2; 2/3; 3/4; 5/6 \text{ ó } 7/8$$

Aplicando la ecuación para el cálculo de $R(bps)$ a todas las combinaciones posibles. En la tabla 2.7 se calculan los valores para los 13 segmentos:

Tabla 2. 7: Tasas de transmisión R (Mbps) para 13 segmentos

Relación Δ	K_I	Tasa Binaria R(Mbps)		
		QPSK/DQPSK $b_p = 2$	16QAM $b_p = 4$	64QAM $b_p = 6$
	1/2	3,651	7,302	10,954
	2/3	4,868	9,736	14,605

1/4	3/4	5,477	10,954	16,430
	5/6	6,085	12,171	18,256
	7/8	6,390	12,779	19,161
1/8	1/2	4,057	8,114	12,171
	2/3	5,409	10,818	16,227
	3/4	6,085	12,171	18,256
	5/6	6,761	13,523	20,284
	7/8	7,099	14,199	21,298
1/16	1/2	4,295	8,591	12,886
	2/3	5,727	11,455	17,182
	3/4	6,443	12,886	19,330
	5/6	7,159	14,318	21,477
	7/8	7,517	15,034	22,551
1/32	1/2	4,426	8,851	13,277
	2/3	5,901	11,802	19,915
	3/4	6,638	13,277	19,915
	5/6	7,736	14,752	22,128
	7/8	7,745	15,490	23,235

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

El sistema ISDB-Tb admite la organización de los datos a transmitir mediante 3 capas jerárquicas diferentes, conocidas como A, B y C. Es decir, que esta función es vital y por este motivo es dividido en segmentos, convirtiéndose así en un sistema de banda segmentada.

La figura 2.29 muestra un ejemplo de la transmisión jerárquica en 3 capas, es decir, que las 3 capas ejecutan diferentes servicios. También, se puede observar que existe correspondencia posicional del entrelazado de segmentos en el espectro. Es decir, el entrelazado de segmentos pares e impares son ordenados respectivamente (visto desde el segmento central de derecha a izquierda).

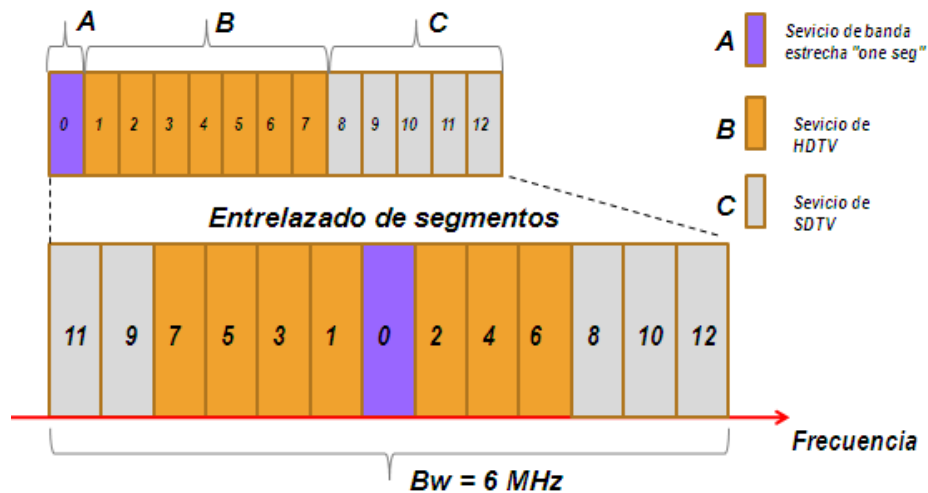


Figura 2. 29: Ejemplo del entrelazado de segmentos para transmisiones jerárquicas en 3 capas.

Fuente: Garrido, Daniel (2015)

Las capas jerárquicas (A, B y C) son conformados con uno o más segmentos OFDM, tantos como necesite el ancho de banda del servicio que se puede ofrecer. La configuración de la cantidad de segmentos y el conjunto de parámetros de decodificación son realizados por el radiodifusor. Es decir, que son especificados cada una y por separado los parámetros, tales como, esquema de modulación para las portadoras, codificación interna y entrelazado de tiempo.

La segmentación central sería utilizada para recepción parcial y para este caso es considerado como una capa jerárquica. Este servicio se conoce como "one-seg" y su principal aplicación es el servicio a teléfonos móviles y otros dispositivos con pantallas de tamaño reducido (LDTV).

Finalmente, se conoce que este estándar asigna a cada canal de TV para que reciba simultáneamente información debido al uso de receptores fijos, móviles, portátiles y a un grupo de portadoras destinados a transmitir información de control necesaria, en el que el receptor identifica diferentes parámetros de configuración de transmisión y demás servicios disponibles

Capítulo 3: Análisis de cobertura de la señal UCSG TVD.

3.1. Introducción.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, con fecha 15 de diciembre del año 2006 y mediante resolución 3654-CONARTEL – 06, recibe la concesión de un canal de Televisión análogo en la banda UHF canal 42, para operar una estación matriz con 25 repetidoras a nivel nacional a denominarse UCSG Televisión. La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, con fecha 17 de diciembre del año 2014 y mediante resolución RTV_994-29-CONALTEL-2014, recibe la autorización para la instalación y operación TEMPORAL de una estación de televisión digital terrestre con el estándar ISDBT para la provincia del Guayas y cantones aledaños. Debiendo transmitir, en el canal 42, el mismo programa pero con 2 definiciones distintas (Multicasting), en el canal virtual 42.1 el programa en alta definición (HD), destinado a receptores modernos capaces de decodificar ese flujo de datos y en el canal virtual 42.2 el mismo programa pero con definición estándar (SD), destinado a receptores análogos con caja decodificadoras para la conversión de la señal análoga a digital o para receptores digitales que sólo pudiesen decodificar este flujo de información. Debiendo, además, transmitir un segmento de datos (ONE SEG) en el canal 45, para garantizar el sistema de alerta temprana frente a la ocurrencia de desastres y la recepción de señales de TVD en móviles.

Las urbanizaciones de Puerto Azul y Los Ceibos, desde la existencia de las transmisiones de TV análogas, fueron identificadas como zonas de sombra. Teniendo como causa su ubicación geográfica que impide tener línea de vista directa con el transmisor de UCSG ubicado Cerro del Carmen. Por tal motivo se hace necesario conocer si en estas urbanizaciones existe cobertura de la señal de TV digital con buena calidad.

3.2. Sistema de transmisión de la señal UCSG TVD.

La planta matriz de UCSG RTV está ubicada en el interior de las instalaciones de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y el transmisor de TVD está

ubicado en el Cerro del Carmen. Ambos sitios se enlazan a través de un radioenlace de microonda digital. Adicionalmente, la estación terrena ubicada en la matriz se enlaza con sus 25 repetidoras a través de un enlace satelital con el satélite SATMEX 8 que garantiza también la internacionalización de la señal. Es evidente que el enlace satelital queda fuera del interés de este trabajo pues no aporta nada al estudio de cobertura de la señal de TVD radiada al aire.



Figura 3. 1: Estructura de UCSG RTV.
Elaborado por: Autor

Para realizar el enlace entre la matriz y el Cerro del Carmen se tuvieron en cuenta los siguientes datos geográficos actualizados: WGS84 como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1: Datos geográficos para el enlace.

PUNTOS DE ENLACE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
Estudios UCSG	79° 54' 10" W	02° 11' 00" S	22 m
Cerro del Carmen	79° 52' 54" W	02° 10' 47" S	82 m

Elaborado por: Autor

- Equipamiento.

Se utiliza el equipo de radio enlace marca ELBER, modelo REBLE 610 que trabaja a una frecuencia de 12812.5 MHz cuyas características técnicas se pueden ver en el anexo 6. La ventaja de utilizar este equipo es que permite trabajar con contenido en los formatos ASI o BTS, de manera de que en el Cerro del Carmen se pueda disponer simultáneamente de programación analógica y digital.

- Antenas y líneas de transmisión.

Para el enlace propuesto se utilizan antenas parabólicas de plato sólido de aluminio de 4 pies de diámetro marca ANDREW, modelo PX4-127 con las siguientes características, que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Características de la antena parabólica ANDREW PX4-127

Banda de Frec. (GHz)	12.7 – 13.25
Ganancia (dBi)	41.0 ± 0.2
Ancho lóbulo principal	1.4 °
Relación F/B (dB)	52
Máximo V.S.W.R.	1.10

Elaborado por: Autor

Como línea de transmisión se utiliza una guía de onda flexible de sección elíptica marca ANDREW, modelo EW-127, especificada para la banda de 10 a 13.25 GHz con una atenuación de 11.54 dB/100m a la frecuencia de 12.9 GHz, capacidad de potencia efectiva de 1.27 kW y velocidad de propagación de 0.4% con conectores del tipo 1127 DC. El azimut de la antena parabólica ubicada en los estudios de UCSG TV para la condición de máxima radiación hacia el Cerro del Carmen es de 80.29°, la elevación de la antena es de 1.445°, la distancia entre los estudios de UCSG TV y el Cerro del Carmen es de 2.37 Km.

- El transmisor ubicado en el Cerro del Carmen.

El transmisor para TV Digital es de marca ROHDE & SCHWARZ de 3.9 kW de potencia RMS. Anexo 2.

- El sistema radiante ubicado en el Cerro del Carmen.

El sistema radiante está compuesto por 16 paneles, en configuración omnidireccional, marca RYMSA y modelo AT15-240, que trabajan en la banda de UHF con una ganancia de 11.3dB o 13.45dBi por cada panel. Los paneles están constituidos por cuatro dipolos cada uno, con un ancho de banda de 470 - 860 MHz, con relación de ondas estacionarias máxima de 1.15 e impedancia de alimentación de 50 Ω y tienen polarización horizontal.

De manera complementaria están instalados 4 paneles de polarización vertical marca SIRA modelo UTV02-LB con una ganancia por panel de 11 dB (13.15 dBi), en configuración omnidireccional, con la finalidad de ofrecer un servicio que garantice la recepción en dispositivos móviles (ver Tabla 3.3). Se ha planificado distribuir 80% de potencia para los paneles de polaridad horizontal y el 20% para los de polaridad vertical. Para realizar el cálculo de PER se ha considerado pérdidas adicionales de 2.0 dB debidas a cables, conectores y distribuidor de potencia.

Tabla 3. 3: Características del sistema radiante.

Transmisor (Cerro)	Polaridad	Potencia (W)	Antenas No.	(Grados) Acimut	Ganancia (dBd)	(KW) PER	Inclinación (Grados)
H	2800	4	0°	11.3	23.8	0.5°	Cerro del Carmen 3.5 °
		4	90°			0.5°	
		4	180°			0.5°	
		4	270°			0.5°	
V	700	1	0°	5	1.4	0.5°	
		1	90°			0.5°	
		1	180°			0.5°	
		1	270°			0.5°	

Elaborado por: Autor

La línea de transmisión entre el transmisor y el sistema radiante es del tipo HELIAX coaxial en espuma, marca ANDREW, modelo LDF7-50A de 1-5/8" de diámetro y 50 Ω de impedancia, con conectores tipo flange L47S en los dos extremos; la atenuación promedio es de 1.9 dB/100 m en banda IV UHF. Las antenas serán instaladas en una torre de 36m. Soportada con tensores de sección cuadrada y posee su respectivo balizaje diurno (bicolor, naranja y blanco en intervalos de 6m) y nocturno (sistema estándar compuesto de una lámpara de obstrucción doble en el tope, dicho sistema se enciende mediante una célula fotoeléctrica).

3.3. Estudio y propuesta inicial de cobertura.

Para determinar la zona de cobertura, se consideró como parámetros fijos potencia de salida del transmisor, altura efectiva del sistema radiante, las características de radiación y la inclinación electrónica del sistema radiante en el sitio de transmisión. La empresa Ecuatronic fue la encargada de realizar el cálculo de propagación para la operación en modo digital. En la figura 3.2 se muestran estos resultados.

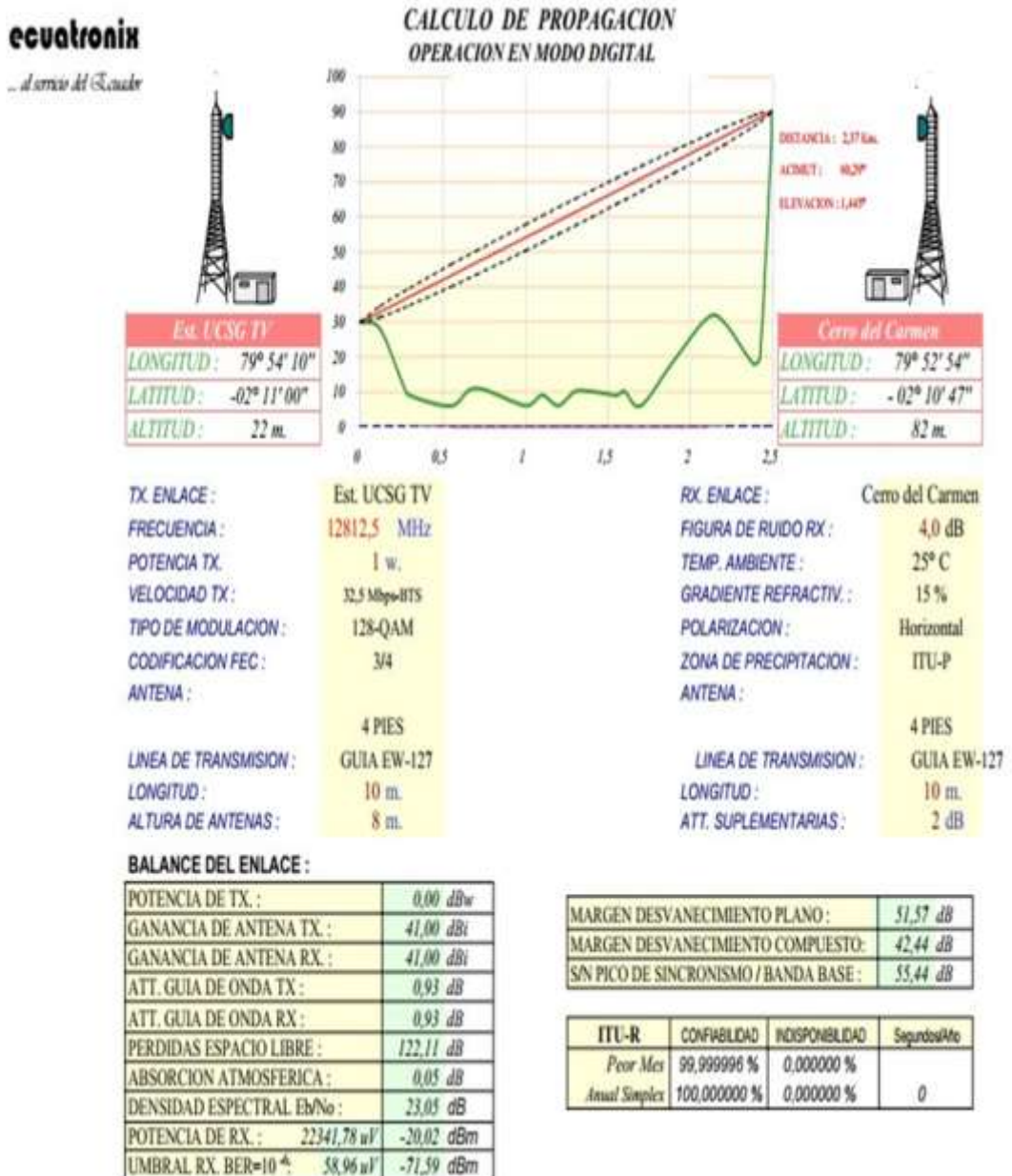


Figura 3. 2: Cálculo de propagación del enlace para la operación en modo digital.

Elaborado por: Autor

De igual forma, la empresa Ecuatronix fue la encargada de realizar los cálculos de cobertura para la polarización Horizontal y Vertical lo que constituyó el estudio y propuesta inicial de cobertura de la señal UCSG TVD como se indica en la figura 3.3.

Para determinar la zona de cobertura, se consideró como parámetros fijos la potencia de salida del transmisor, altura efectiva, características de radiación e inclinación electrónica del sistema radiante en el sitio de transmisión.

Los resultados se obtienen a partir de cálculos de propagación según los azimuts de mayor interés y distancias que se extienden radialmente desde el punto de transmisión. Para los efectos de análisis, se graficó el contorno de intensidad de campo eléctrico de $0.35 \text{ mV/m} \approx 51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, según resolución RTV-157-06- CONATEL-2012.

A manera de ejemplo, se presenta en la Figura 3.5 el resultado obtenido en la simulación para el Cerro del Carmen, con el software WINRPT. Aquí se muestra una distribución del 80% de potencia para los paneles de polaridad horizontal y el 20% para los de polaridad vertical. Considerando para el cálculo de PER pérdidas adicionales de 2.0 dB debidas a cables, conectores y distribuidor de potencia. Dando como resultado que en polaridad horizontal la cobertura en color amarillo sea mayor en distancia si se compara con la cobertura que produce una polaridad vertical.

Esta distribución está pensada en garantizar buena cobertura a los receptores fijos y móviles. Considerando además que aun en nuestro país se debe transmitir por un tiempo la misma programación tanto en canal analógico como en canal digital (simulcast) hasta que se realice el apagón analógico.

CALCULOS DE COBERTURA

CERRO DEL CARMEN.- POL H

FRECUENCIA TX	CH 25 UHF			
POTENCIA TX	2800 w			
RENDIMIENTO	96%			
LINEA DE TX	LDF7-50 (1 - 56°)			
ALTURA SISTEMA RADIANTE	30 m			
ANTENA	PANEL RYMSA / POL H			
ACIMUT	270°	0°	90°	180°
# ANTENAS	4	4	4	4
% DISTRIBUCION - POTENCIA	25%	25%	25%	25%
INCLINACION ELECTRONICA	0.5°	0.5°	0.5°	0.5°
ALTURA PROMEDIO DE RX	125	50	30	10
ALTURA EFECTIVA	-13 m	62m	82 m	102 m
RADIO HORIZONTE	-	36.6 Km	41.4 Km	45.7 Km
GANANCIA ANTENA	11.3 dB	11.3 dB	11.3 dB	11.3 dB
ATT. LINEA DE TX	0.51 dB			
PERDIDAS SUPLEM.	1.49 dB			
NULOS			338°	16.16°
FASES PARA RELLENO NULOS			00°	22.56°

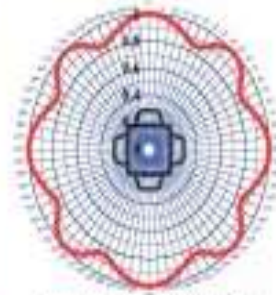


DIAGRAMA DE RADIACION HORIZONTAL

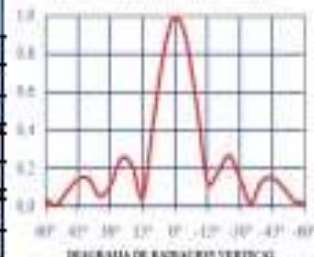


DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL

EVALUACION DEL CAMPO 10 m DEL SUELO EN PUNTOS CON LINEA DE VISTA (mV/m)

d (km)	AZ. 225°	AZ. 270°	AZ. 315°	AZ. 0°	AZ. 45°	AZ. 90°	AZ. 135°	AZ. 180°
1	2110,134	6,319	147,616	225,110	6556,391	8363,824	415,120	2875,526
2	535,203	1,309	36,519	54,620	1604,638	2064,766	103,973	730,733
4	130,249	0,025	8,780	13,115	385,411	495,876	24,999	175,876
6	55,947	0,212	3,691	5,649	166,237	214,051	10,798	75,989
8	30,127	0,290	1,919	3,070	90,643	116,973	5,910	41,642
10	18,231	0,321	1,101	1,886	55,955	72,465	3,671	25,918
12	11,790	0,332	0,657	1,246	37,219	48,440	2,463	17,440
14	7,916	0,333	0,390	0,861	25,968	34,020	1,739	12,356
16	5,406	0,328	0,217	0,612	18,688	24,693	1,270	9,069
20	2,459	0,308	0,014	0,320	10,154	13,764	0,721	5,221
24	0,862	0,281	0,024	0,162	5,535	7,849	0,424	3,139
30	0,110	0,233	0,038	0,033	1,765	3,025	0,182	1,443
36	0,225	0,183	0,037	0,009	0,072	0,413	0,051	0,525
40	0,236	0,153	0,034	0,013	0,250	0,171	0,002	0,129
44	0,222	0,124	0,029	0,014	0,318	0,302	0,010	0,039
50	0,179	0,088	0,022	0,013	0,312	0,337	0,014	0,081
112	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E = 51,8 dBμ	28,0 km	3,5 km	14,4 km	19,5 km	40,0 km	44,0 km	25,7 km	37,7 km

Figura 3. 3: Cálculos de cobertura de transmisión con polarización Horizontal.
Elaborado por: Autor

CALCULOS DE COBERTURA

CERRO DEL CARMEN.- POL V

FRECUENCIA TX	CH 25 UHF			
POTENCIA TX	700 w			
RENDIMIENTO	96%			
LINEA DE TX	LD17-50 (1 - 5/8")			
ALTURA SISTEMA RADIANTE	30 m			
ANTENA	SIRA - LITV-40 LB / POL V			
ACÍMUT	270°	0°	90°	180°
# ANTENAS	1	1	1	1
% DISTRIBUCION - POTENCIA	29%	29%	29%	29%
INCLINACION ELECTRONICA	0.5°	0.5°	0.5°	0.5°
ALTURA PROMEDIO DE RX	125	50	30	10
ALTURA EFECTIVA	-13 m	62 m	82 m	102 m
RADIO HORIZONTE		36.6 km	44.4 km	45.7 km
GANANCIA ANTENA	11.0 dB	11.0 dB	11.0 dB	11.0 dB
ATT. LINEA DE TX	0.51 dB			
PERDIDAS SUPLEM.	1.49 dB			
NULOS		0°	0°	
FASES PARA RELLENO NULOS		0.0°	2.62°	

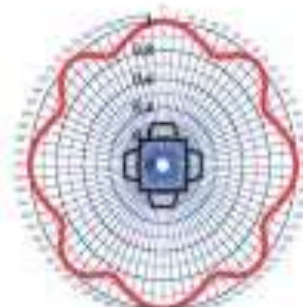


DIAGRAMA DE RADIACION HORIZONTAL



DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL

EVALUACION DEL CAMPO A 10 m DEL SUELO EN PUNTOS CON LINEA DE VISTA (mV/m)

d (km)	AZ. 225°	AZ. 270°	AZ. 315°	AZ. 0°	AZ. 45°	AZ. 90°	AZ. 135°	AZ. 180°
1	399.799	0.915	99.458	59.366	514.013	462.250	229.885	318.362
2	101.079	0.186	24.819	14.966	130.228	117.701	58.901	82.085
4	24.951	0.004	6.031	3.707	32.344	29.300	14.697	20.527
6	10.795	0.030	2.547	1.616	14.143	12.841	6.453	9.027
8	5.837	0.041	1.327	0.884	7.768	7.075	3.564	4.995
10	3.541	0.045	0.763	0.545	4.817	4.405	2.226	3.128
12	2.294	0.046	0.456	0.361	3.214	2.955	1.500	2.114
14	1.542	0.046	0.271	0.250	2.248	2.081	1.061	1.502
16	1.054	0.046	0.151	0.178	1.620	1.513	0.777	1.105
20	0.480	0.043	0.010	0.093	0.883	0.846	0.442	0.638
24	0.169	0.039	0.017	0.047	0.482	0.483	0.261	0.385
30	0.022	0.032	0.026	0.010	0.154	0.187	0.112	0.177
36	0.044	0.026	0.026	0.003	0.006	0.025	0.031	0.065
40	0.046	0.021	0.024	0.004	0.022	0.011	0.001	0.016
44	0.043	0.017	0.020	0.004	0.028	0.019	0.006	0.005
50	0.035	0.012	0.015	0.004	0.027	0.021	0.009	0.010
112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

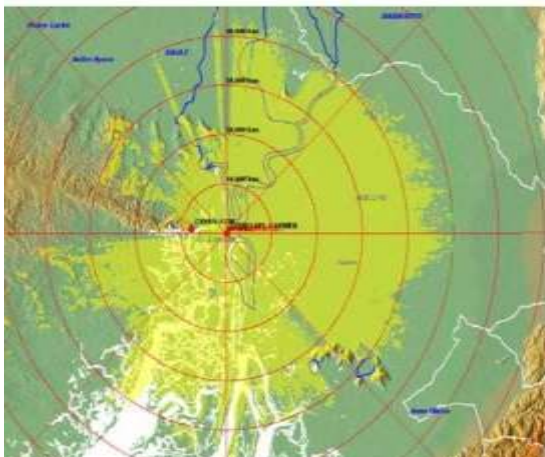
E = 51.0 dBμ	21.6 km	1.8 km	13.1 km	12.1 km	26.3 km	26.6 km	21.9 km	24.9 km
--------------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Figura 3. 4: Cálculos de cobertura de transmisión con polarización Vertical.
Elaborado por: Autor

COBERTURA
CERRO DEL CARMEN

POL - H

● 51 dBuV/m



COBERTURA
CERRO DEL CARMEN

POL - V

● 51 dBuV/m

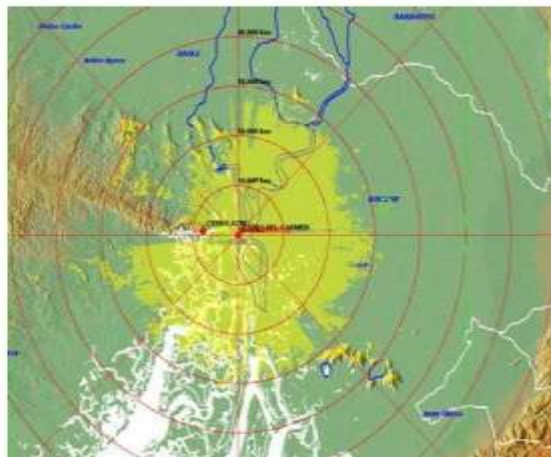


Figura 3. 5: Cobertura para el Cerro del Carmen. Provincia del Guayas. Con 80% PW en Pol. H y 20% PW en Pol V
Elaborado por: Autor

3.4. Cobertura de la TVD en urbanizaciones de Ceibos y Puerto Azul.

Las emisiones de televisión analógica presentan problemas, debido a los efectos de las múltiples trayectorias (dobles imágenes, ruido en el audio y desfase en la subportadora de color), y fundamentalmente por la orografía de los lugares a transmitir, la misma que generan zonas de sombra que no permite una adecuada recepción de las señales de televisión. Para realizar los diferentes cálculos de cobertura se utilizó un modelo de propagación ajustado para un canal de RICE, con modelo de predicción de área de servicio ITU-R 526.

Canal de Rice, es un modelo que resulta de combinar las propiedades de los canales Gaussiano y Rayleigh. El canal Rice considera una trayectoria principal, típicamente de línea de vista, y una multitud de trayectorias secundarias (más débiles). Este es un modelo adecuado para situaciones en que un receptor de TV digital está en un entorno geográfico montañoso o urbano edificado, pero a línea de vista de la estación transmisora, ya sea a

través de una ventana o bien a casi línea de vista a través de una pared de material ligero.

La recomendación ITU-R 526 hace referencia a un modelo de predicción de cobertura por difracción, que pueden corresponder a la superficie de una tierra esférica o a terrenos irregulares con diferentes tipos de obstáculos. Aunque la difracción se produce únicamente por la superficie del suelo u otros obstáculos; para evaluar los parámetros geométricos situados en el plano vertical del trayecto (ángulo de difracción, radio de curvatura, altura del obstáculo) ha de tenerse en cuenta la refracción media de la atmósfera en el trayecto.

En el caso de tener un terreno muy ondulante (compuesto por varias colinas intermedias entre el sitio de transmisión y el o los puntos de recepción), la ITU recomienda aplicar la norma ITU -R 1546 como alternativa, pero no es la más adecuada para modelos de propagación por difracción. Para el análisis se ha utilizado el *software* WINRPT desarrollado por la empresa italiana SEDICOM. En base a parámetros de operación actuales de la estación UCSG TV, tanto para servicio analógico como digital, para la provincia de Guayas.

- Parámetros actuales de operación para polarización Horizontal con transmisor de mayor potencia al propuesto anteriormente.

CH-45

Potencia Total: 3900 Wrms

Potencia POL – H: 2730 Wrms (70% de la potencia total)

Cantidad de paneles: 16 paneles de UHF _ POL –H / 4+4+4+4 /

Ganancia del arreglo: 11.1 dB

Altura en torre: 34 m

Inclinación: 0.5°

- Parámetros de operación para polarización Vertical

CH-45

Potencia Total: 3900 Wrms

Potencia POL – V: 1170 Wrms (30% de la potencia total)

Cantidad de paneles: 16 paneles de UHF _ POL –V / 4+4+4+4 /

Ganancia del arreglo: 11.1 dB

Altura en torre: 34 m

Inclinación: 0.5°

En las Figuras 3.6 y 3.7 se observa una representación de la cantidad de antenas y su ubicación para un patrón omnidireccional. El lugar seleccionado para la instalación del sistema radiante fue el Cerro del Carmen, por estar ubicado en el centro de la ciudad, y ser el sitio más alto.

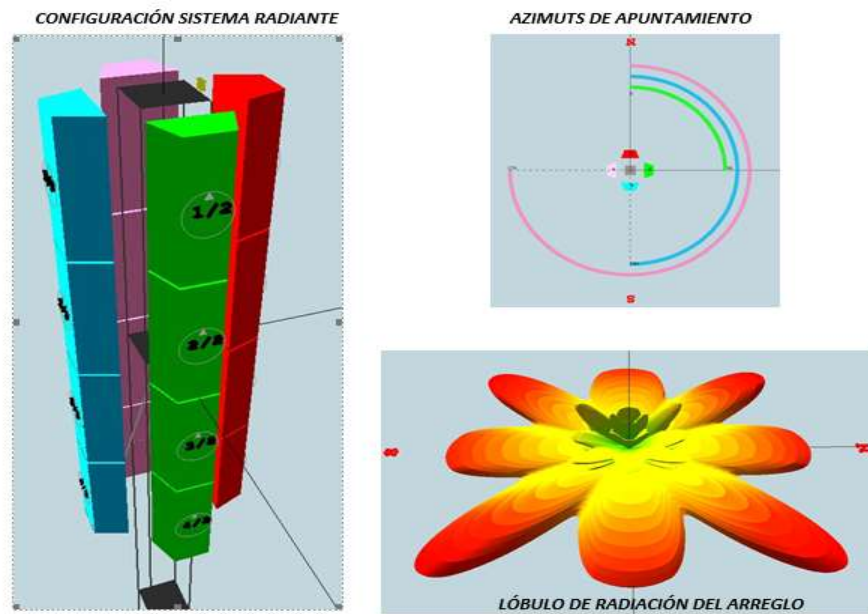


Figura 3. 6: Configuración omnidireccional del sistema radiante.
Elaborado por: Autor

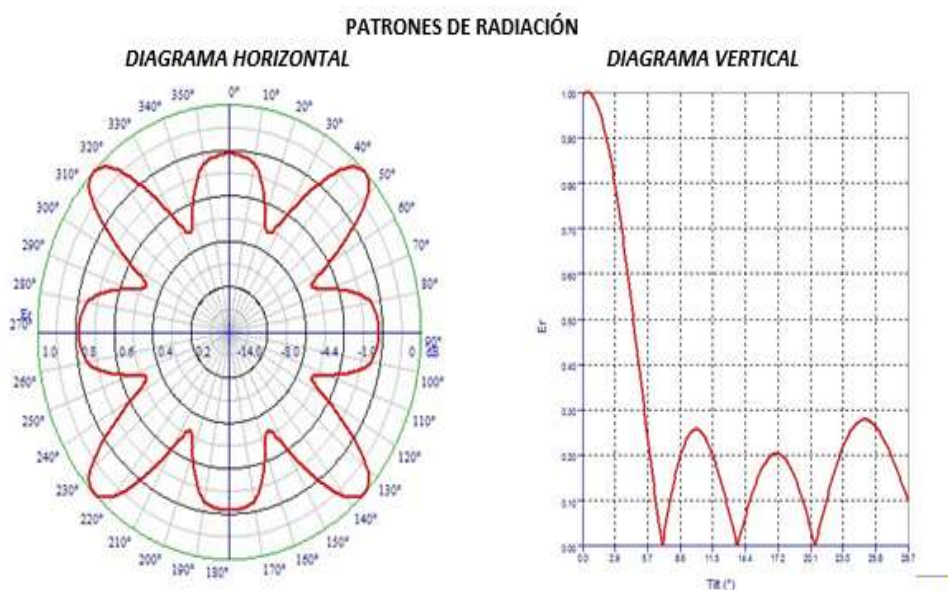


Figura 3. 7: Patrones de radiación omnidireccional Horizontal y Vertical.
Elaborado por: Autor

Como resultados de las simulaciones se obtuvieron imágenes donde las áreas sombreadas con un color azul presentan un nivel de intensidad de recepción adecuado, mientras que en las no sombreadas la señal de televisión se encuentra por debajo del umbral de recepción establecido. En las figuras 3.8 y 3.9 se muestra una distribución de potencia (P) 70% H y 30% V para la provincia de Guayas.



Figura 3. 8: Visualización Cobertura Guayaquil. Pol. H. con 70% P.
Elaborado por: Autor



Figura 3. 9: Visualización Cobertura Guayaquil. Pol. V con 30% P.
Elaborado por: Autor

En las Figuras 3.10 y 3.11 se muestra una distribución de potencia (P) 70% H y 30% V para la urbanización Los Ceibos.



Figura 3. 10: Visualización Cobertura Los Ceibos. Pol. H. con 70% P
Elaborado por: Autor



Figura 3. 11: Visualización Cobertura Los Ceibos. Pol. V con 30% de P.
Elaborado por: Autor

En las Figuras 3.12 y 3.13 se muestra una distribución de potencia (P) 70% H y 30% V para la urbanización Puerto Azul.

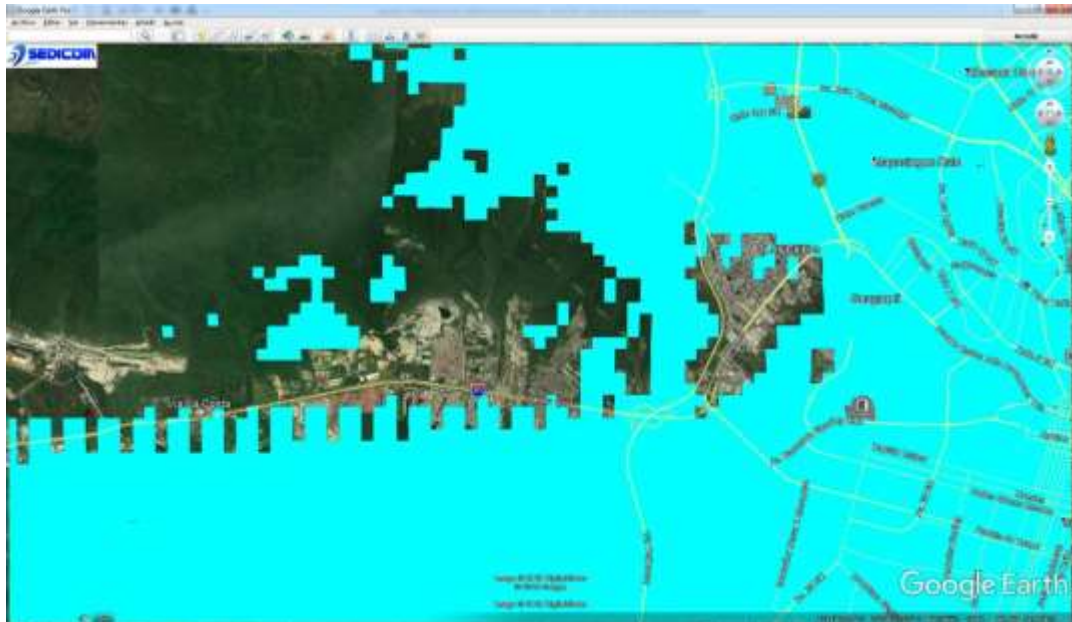


Figura 3. 12: Visualización Cobertura Puerto Azul. Pol. H con 70% de P.
Elaborado por: Autor



Figura 3. 13: Visualización Cobertura Puerto Azul. Pol. V. con 30% P
Elaborado por: Autor

3.5. Mediciones en sitios considerados como zonas de sombra

Las mediciones se realizaron en la Urbanización Puerto Azul y los Ceibos utilizando Google Earth y el software WINRPT para obtener el perfil topográfico en los lugares mencionados.



Figura 3. 14: Punto de medición en Urbanización Los Ceibos.
Elaborado por: Autor

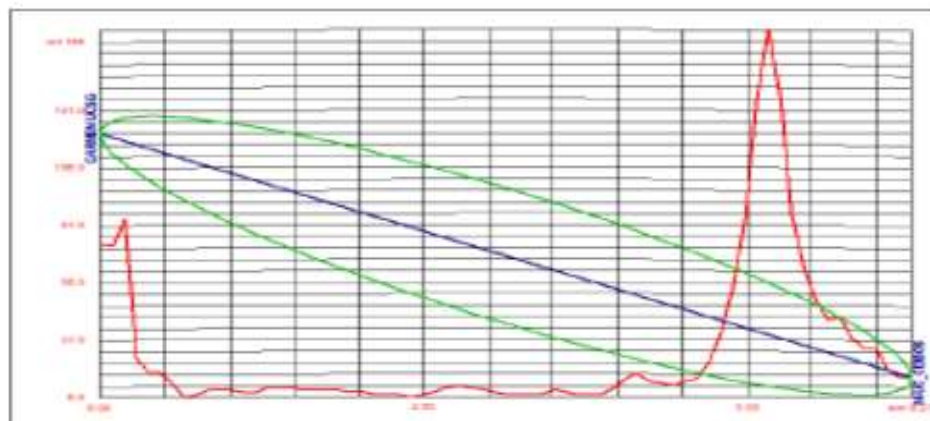


Figura 3. 15: Perfil de propagación Cerro del Carmen-Ceibos
Elaborado por: Autor



Figura 3. 16: Punto de medición en Urbanización Puerto Azul.
Elaborado por: Autor

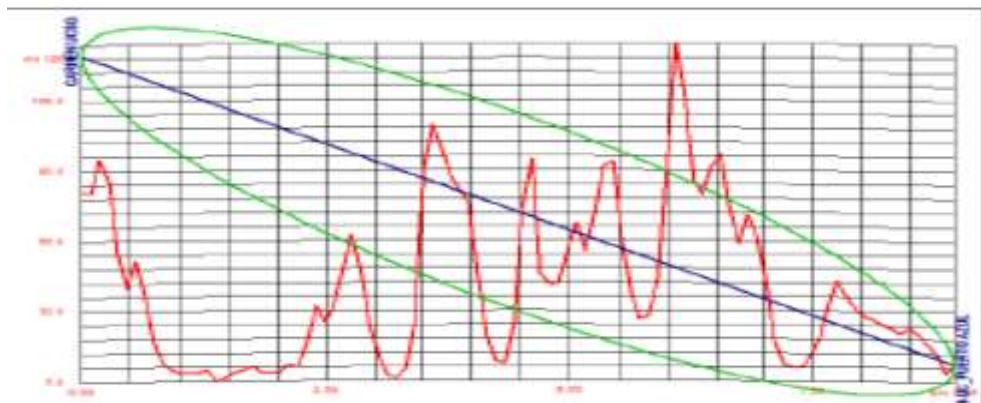


Figura 3. 17: Perfil de propagación Cerro del Carmen-Puerto Azul.
Elaborado por: Autor

3.6. Mediciones de la intensidad de campo de TVD

La metodología de medición se basó en la recomendación SM378-7 de la UIT y el Manual de Comprobación Técnico de Emisiones de la misma entidad. Se establece un cuadrado de al menos 10λ de lado centrado en el punto a medir.

Ubicación de los puntos según Google Earth:



Figura 3. 18: Mediciones de campo. Visualización
Elaborado por: Autor

Cálculos para la selección de los puntos a medir.

El canal 45 opera en la banda 656 – 662MHz, para el efecto se selecciona la frecuencia central en 659MHz.

$$\lambda = \frac{C}{f} = 10 (0.45) = 4.5 \text{ m} \quad (3.6 - 1)$$

Donde C velocidad de la luz

Se registra la intensidad de campo eléctrico a 3m de altura sobre el suelo en los 4 vértices de dicho cuadrado y una quinta medición en el centro de éste. Si la varianza entre la intensidad de campo máxima y la mínima de los 4 puntos supera los 5 dB, se debe proceder a una sexta medición en un solo vértice de un cuadrado de al menos 20λ , también a 3 m de altura. La medición registrada final es el promedio aritmético de todas las mediciones anteriores.

Para realizar las mediciones se utilizó un analizador de espectro marca PROMAX descrito en el Anexo 3.

Parámetros de Operación de UCSG Televisión digital

Los parámetros de operación se encuentran detalladas en el Anexo 4. A continuación se muestran los datos técnicos del Encoder y Multiplexor

LINEAR		Digital Multiplexer			
Alarms	System	SFN	Input	TMCC	
TMCC System					
FFT Mode					
FFT Mode	3/8k ▾				
Guard Interval					
Guard Interval	1/8 ▾				
Partial Reception					
Partial Reception	ON ▾				
Layer A					
Number of Segments	1 ▾				
Modulation	QPSK ▾				
FEC	2/3 ▾				
Time Interleaving	2 ▾				
Layer A Bitrate:	416.08742 Kbps				
Layer B					
Number of Segments	8 ▾				
Modulation	64QAM ▾				
FEC	2/3 ▾				
Time Interleaving	2 ▾				
Layer B Bitrate:	9.98610 Mbps				
Layer C					
Number of Segments	4 ▾				
Modulation	16QAM ▾				
FEC	2/3 ▾				
Time Interleaving	2 ▾				
Layer C Bitrate:	3.32870 Mbps				
BTS Information					
Payload Bitrate	13.730885 Mbps				
BTS Compressed Bitrate	13.737387 Mbps				
<input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Refresh"/>					

Figura 3. 19: Datos técnicos del multiplexor y encoder
Elaborado por: Autor

Las mediciones realizadas se encuentran en el Anexo 5. En la Tabla 3.4 se muestran un promedio de las mediciones de intensidad de campo, relación portadora a señal ruido (C/N), *Modulation Error Rate* (MER)

Tabla 3. 4: Resultados de las mediciones de campo.

POT: 3900 w total	70% H: 270 w	30% V: 1170 w	16 PANELES	Medición interior sin antena externa
-------------------	--------------	---------------	------------	--------------------------------------------

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 5: Borde de Cobertura autorizado para TDT: 51 dB μ V/m

SITIO	NIVEL DE SENAL dB μ V/m	C/N dB	MER dB
PLAZA CEIBOS	47,65	17,55	23,7
PARQUE CENTRAL CEIBOS	43,55	20,3	22,5
Mc DONALD / URB. OLIMPUS	35,97	1,72	1,9
COLEGIO BALANDRA	51,4	20,75	21,92
CEIBOS NORTE	71,75	37,2	34
CENTRO DE CEIBOS NORTE	54,85	28,17	26,6
URB. TERRANOSTRA	24,0	0,2	0
BLUE COAST BUSINESS CENTER	29,75	0,1	0
URB. PUERTO AZUL	21,75	0,07	10

Elaborado por: Autor

CONCLUSIONES

Del análisis del estándar de TV digital ISDBT se determinó que los principales parámetros a tener en cuenta en la determinación de los niveles de cobertura para la topología existente en la provincia del Guayas son: el intervalo de guarda, el bit rate, el FEC, MER y la potencia del transmisor.

Considerando que en nuestro país se debe transmitir por un tiempo la misma programación tanto en el canal analógico como en el canal digital (*simulcast*), hasta que se realice el apagón analógico, se propone mantener la misma cobertura (para la provincia del Guayas), con una distribución de potencia del 70% para los paneles de polaridad horizontal y el 30% para los paneles de polaridad vertical, lo que garantiza buena cobertura en receptores fijos y móviles.

Para determinar la calidad de cobertura se consideró que el principal obstáculo natural que impide brindar servicio a los sectores de Los Ceibos y Urbanizaciones Vía a la costa es la elevación del Cerro San Eduardo, que se dirige en dirección norte – sur y tiene una longitud aproximada de 2.5 Km y un rango de altura entre 150 y 205 metros sobre el nivel del mar.

De las tablas de resultados de mediciones de señal Digital, se determina que: para la Zona de los Ceibos de los 6 puntos seleccionados, 3 puntos están por encima de los 51 dBuV/m y los otros 3 puntos tienen un promedio de 42,39 dBuV/m, indicando que para este sitio un 70 % del total del área de análisis si recibe señal con máxima calidad, el otro 25% sí es posible recibir señal fija (modulación 64QAM) con menor calidad y el 5% la señal es defectuosa y se podría mejorar utilizando una antena exterior (de techo en la recepción), así también se pudo determinar que la señal ONE SEG (Móvil) si se recepta en buena condiciones (Modulación QPSK).

Para el caso del sitio Puerto Azul, en las lecturas obtenidas se determina que la cobertura es muy deficiente hasta el sitio denominado Puerto Hondo.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la problemática tratada se propone la inserción de equipos con tecnología Gap-Fillers (no analizado en este trabajo) para cubrir las zonas de sombra que pueda presentar la futura red ISDBTb y poder incrementar el área total de cobertura.

En el sitio denominado Cerro Azul se propone la instalación de Gap-Fillers, con características especiales que permitan solucionar la repetición de la señal, por lo que se debe considerar un patrón de radiación (direccional)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alsinella Fernández, Marcos (2008). *Implementación De Técnicas De Estimación y Sincronización Para Sistemas OFDM*. Escola Técnica Superior d'Enginyeria.

Cabrera, Margarita (2009). *Tema 5: Modulaciones Avanzadas: Parte 2 OFDM* Profesora de Comunicaciones II. COMII ETSETB-UPC, Dept. TSC ETSETB-UPC.

Delgado G., Alejandro (2001). *Flujos de programa y de transporte MPEG-2 aplicación a DVB*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones Universidad Politécnica de MADRID.

Hernández Cadavid, Edison Manuel, & Velásquez Vélez, Ricardo Andrés (2005). *Arquitectura De Decodificación De MPEG-4 Para Sistemas Portátiles Inalámbricos*. Universidad De Antioquia Facultad De Ingeniería, Departamento De Ingeniería Electrónica, Medellín.

Faria, Renato De Melo (2008). *Redes de Frecüência Única Microregionais*. Centro De Ciência Exactas, Ambientais e de Tegnologia. Pontifica Universidade Católica de Campinas, Campinas.

Franco, Olimpio José (2007). *SBTVD-T Sistema Brasileiro de Televisión Digital Terrestre basado en ISDB-T (Japón)*. ojfranco@set.com.br. Guimarães, Dayan A., Panazio, Cristiano M., Mendes, Luciano L., Cámara Brito, José M., & Guiscafré Panaro, José S. (2005). *Sistema Brasileiro de Televisão Digital*. Ministerio das Comunicações.

Furuta, Hiroyuki (2009). *Tecnologías de transmisión del ISDB-T sus ventajas y aplicaciones*. DiBEG, Japón Hiroyuki FURUTA (NHK).

Gallegos Chávez, César (2009). *Adopción del ISDB-T en Perú: Los fundamentos de la decisión y su implementación*. Buenos Aires, Argentina, Digital Broadcasting Experts Group (DiBEG).

Huffman, William C., & Pless, Vera, (2010). *Fundamentals of Error Correcting Codes*. Cambridge University Press.

ITU, (2006). *ITU Recommendation BT.1 306:2006, Error Correction, Data Framing, Modulation and Emission Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting*.

Kasumigaseki, Chiyoda-ku (2008). *Transmisión de televisión digital terrestre*. Digital Broadcasting Experts Group (DiBEG).

Mateos, Javier, & Abad, Javier (2007). *Compresión de imágenes y vídeo*. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial E.T.S. de Ingenierías Informática y de Telecomunicación Universidad de Granada.

Melaños Salazar, Carla Verónica (2009). *Diseño de un sistema de televisión sobre IP para la empresa portadora Telconet, para la zona urbana del distrito*. Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Metropolitana de Quito, Ecuador.

Meyr, H., Moeneclaey, M., & Fechtel, S., (1998). *Digital Communication Receivers, Synchronization Channel Estimation, and Signal Processing*. Wiley- Wiley series in telecommunications and signal processing, New York, EEUU.

Nassar, C.R., Natarajan, B., Zhiqiang Wu, Wiegandt, D.A., Zekavat, S.A., Shattil, (2002). *Multi-Carrier Technologies for Wireless Communication*. Kluwer Academic Publishers, New York, EEUU.

Schulze, Henrik & Lüders, Christian (2005). *Theory and Applications of OFDM and CDMA*. Fachhochschule Südwestfalen Meschede, Germany, John Wiley and Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.

Shankar, D. C. (2001). *Digital modulation in communications systems an introduction*. Data Subject to Change Copyright Hewlett-Packard Company Printed in U.S.A.

Sotomayor J., Patricio F. (2009). *Análisis de los Estándares de Televisión Digital Terrestre (TDT) y pruebas de campo utilizando los equipos de comprobación técnica de la superintendencia de telecomunicaciones*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Ecuador.

Vergara González, José Mauricio (2010). *Simulación de un Esquema de Modulación Demodulación OFDM Utilizando un Modelo de Canal Multitrayectoria*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.

Villacrés Ramos, Carlos R., Calero Guerrero, Antonio N. (2009). *Análisis y Estudio de Ingeniería para la selección del Estándar de televisión más apropiado para Ecuador bajo la supervisión de "SUPERTEL"*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad de Informática y Electrónica.

Wilson, Stephen (2008). *Digital Modulation and Coding*. Prentice Hall.

GLOSARIO

ANATEL.	Agencia Nacional de Telecomunicaciones
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ASI	Interfaz serial Asíncrona (Asynchronous Serial Interface)
ATSC	Estándar de Televisión digital de los Estados Unidos
BW	Ancho de banda
C/N	Relación portadora/ruido en Radio frecuencia
CABAC	Codificación aritmética binaria adaptativa del Contexto (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding)
CAVLC	Codificación de longitud variable adaptativa del Contexto (Context Adaptive Variable Length Coding)
CH-45	Canal 45 asignado a UCSG TV
CONARTEL	Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión
dB	Decibelio es una expresión logarítmica
dBi	Ganancia de antena en dB por encima de un Radiador isotrópico
Bit Rate	Número de bits que se transmite por unidad de Tiempo.
DCT	Transformada Discreta del Coseno (Discrete Cosine Transforma)
DQPSK	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria. (Quadrature Phase Shift Keying)
DVB	Transmisión de video Digital (Digital Video Broadcasting)
FEC	Corrección de errores hacia adelante (Forward Error Correction)
FFT	Transformada rápida de Fourier

GINGA MIDDLEWARE	Conjunto de software ubicado entre el código de las aplicaciones y la infraestructura de ejecución (hardware y sistema operativo), para el Sistema (ISDB-Tb) y es la Recomendación de UIT-T para servicios de IPTV.
H.264/AVC	Códec de video, también llamado MPEG-4 Parte 10.
HD	Alta Definición (High Definition)
ICI	Interferencia entre portadoras
IFFT	Transformada inversa de Fourier
ISDBT	Estándar Japonés de Televisión Digital Terrestre (Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial)
ISI	Interferencia inter-símbolo (Inter Symbol Interference.)
ISO/IEC	Norma ISO para Telecomunicaciones
ITU	La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) organismo especializado en telecomunicaciones de la (ONU), regula las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
MER	Tasa de erro de modulación (Modulation Error Rate)
MPEG	Estándar para la compresión de imágenes y sonido de gran aceptación internacional y utilizado también para envió de datos.
Multicasting	Transmisión simultánea de varios programas digitales en una misma frecuencia
NTSC	Sistema de codificación y transmisión de Televisión a color analógica desarrollado en Estados Unidos
OFDM	Modulación por División ortogonal de Frecuencia (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
ONE SEG	Un segmento asignado para televisión móvil
PER	Potencia isotrópica radiada

QAM	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria. (Quadrature Amplitude Modulation)
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria. (Quadrature Phase Shift Keying)
RF	Radio Frecuencia
SD	Definición Estándar similar a una señal analógica
SFN	Red de frecuencia Única
SIMULCASTING	Transmisión simultánea de la misma señal en formato análogo y digital
SP, SI	Imagines Switching P, Switching I
TV	Televisión
TVD.	Televisión Digital
UHF	Parte del espectro radioeléctrico de 300 a 3000MHz (Ultra High Frequency)
UVLC	Codificación de longitud variable universal
VCEG	Grupo de expertos en codificación de video (Video coding experts group)
VHF	Parte del espectro radioeléctrico de 30 a 300MHz (Very High Frequency)
VLC	Codificación de longitud variable
WGS84	Sistema Geodésico Mundial 1984 (World Geodetic System 84)
WINRPT	Software para simular cobertura en TDT

ANEXOS

Anexo 1

DECLARACIÓN PROFESIONAL

Certifico que el presente Estudio de Ingeniería propuesto por la UNIVERSIDAD CATOLICA DE GUAYAQUIL, con la finalidad de hacer las pruebas iniciales para la difusión de TELEVISIÓN DIGITAL en el nuevo formato establecido ISDB-TB, para servicio de la ciudad de Guayaquil; fue realizado por mi persona y asumo la responsabilidad técnica sobre el mismo, sus diagramas, planos de equipos y demás documentación técnica adjunta, para lo cual cuento con mi licencia profesional registrada en el Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de Pichincha. Registro SENESCYT 1001-04-529981. Además, declaro conocer la Norma Técnica Brasileña ABNT NBR15601, la nueva Ley de Comunicación y la norma técnica para sistemas de televisión abierta analógica.

Dani Ricardo Michilena Rodríguez
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones
CIEEPI: 03-17-3273

Anexo 2

TRANSMISOR TDT

Marca: ROHDE & SCHWARZ

Modelo: R&S@THU9/ R&S@THV9 Transmisores refrigerados por líquido

Potencia 3,9 KW



Datos técnicos

Datos técnicos		
TV digital		
Estándares		
Ancho de banda de canal	DVB-T, DVB-H	DVB-T, DVB-T2, DVB-H, ISDB-T, ISDB-T _c , ATSC, ATSC Mobile DTV, DTMB
	DVB-T2	5/6/7/8 MHz
	ISDB-T, ISDB-T _c	8 MHz
	ATSC	6 MHz
	DTMB	8 MHz
Entradas		
	DVB-T, DVB-H	2 x ASI (H/PLP), BNC 75 Ω, 2 x RJ-45
	DVB-T2	2 x ASI (H/PLP), BNC 75 Ω, 2 x RJ-45
	ISDB-T, ISDB-T _c	2 x ASI, BNC 75 Ω, 2 x RJ-45
	ATSC	4 x SMPTE100M o 2 x ASI, BNC 75 Ω, 2 x RJ-45
	DTMB	2 x ASI (H/PLP), BNC 75 Ω, 2 x RJ-45
Audio digital/TV móvil digital en la banda VHF		
Estándares		
Ancho de banda de canal		DAB, DAB+, T-DMB
Entradas		1,5 MHz
		2 x ETI, BNC 75 Ω de alta resistencia, 2 x RJ-45
TV analógica		
Estándares		
Transmisión en color		B/G, D/K, M ¹ , N ¹ , I, II
Transmisión de audio		PAL, NTSC, SECAM
		codificación de sonido dual IRT, un solo sonido FM y NICAM728 (-13 dB/-20 dB), un solo sonido FM (-10 dB)
Entradas		
		1 x vídeo (BNC 75 Ω), 2 x audio (XLR)
Datos generales		
Rango de frecuencias	banda UHF (V/V)	470 MHz hasta 862 MHz
	banda III VHF	170 MHz hasta 255 MHz
Voltaje de suministro		3 x 400 V ± 15% (3 fases + N + PE), 47 Hz hasta 63 Hz
Altura máxima de instalación		2000 m sobre el nivel del mar (> 2000 m bajo demanda)
Rango de temperaturas de funcionamiento		+1 °C a +45 °C
Humedad relativa del aire (máxima)		85%, sin condensación
Inmunidad²⁾	contra transitorios rápidos y ráfagas según EC61000-4-4	< 4 kV (suministro de voltaje), < 1 kV (antenas de señales)
	contra voltajes pico (surge) según EC61000-4-5	simétrico < 2 kV (p. ej. L1-L2), asimétrico < 4 kV (p. ej. L1-N)
Sincronización		
Frecuencia de referencia		10 MHz, 0,1 V ± 5 V (V _{ref}) o TTL, BNC
Pulso de referencia		1 Hz, TTL, BNC
Manejo		
Pantalla táctil y LED de indicación		manejo local e indicación
Interfaz Ethernet, RJ-45		local, remota, explorador Web estándar
	opcional	interfaz de administración de red a través de SNMP
Interfaz remota paralela	opcional	contactos sin potencial para avisos y comandos

²⁾ Un solo sentido.

Anexo 3

Características técnicas del PROMAX

HD RANGER 2

ANALIZADOR TV Y SATÉLITE



■ Vista frontal



RANGER 2 ISDB-T/Tb es un Medidor de Campo y Analizador de Espectros profesional que forma parte de una nueva clase de analizadores multifunción para TV, Satélite, CATV y WIFI, así como formatos MPEG-2 o MPEG-4 y audio Dolby.

Están diseñados para facilitar la labor de los instaladores expertos y los ingenieros de broadcast (Radiofrecuencia) más allá de sus competencias clásicas en la instalación y mantenimiento de redes, para superar con éxito

los retos que plantea el mundo de las comunicaciones inalámbricas y las nuevas plataformas de vídeo.

Especificaciones Técnicas

La decodificación HEVC H.265 y las excepcionales capacidades de su analizador de espectros son el corazón del medidor de campo RANGER 2 ISDB-T/Tb, junto a su gran número de funciones como análisis de WiFi (incluyendo visualización del espectro real), compatibilidad con LNB de banda ancha (wide band LNB), diagrama de constelación, análisis dinámico de ecos, etc. Todo ello en un equipo muy compacto y ligero ideal para trabajo de campo.

- ISDB-T/Tb, DVB-C2/S2, DSS, Dolby Digital Plus
- Analizador IPTV
- Filtros de alta resolución
- Entrada y salida TS-ASI
- Slot para módulos Common Interface
- Analizador, Grabador y Reproductor de TS
- Súper analizador de espectros con Triple división de pantalla
- Análisis dinámico de ecos
- Pantalla táctil
- Descodificación HEVC H.265
- Compatibilidad con LNB de banda ancha (wbLNB)
- Analizador Wi-Fi
- Control remoto con *webControl*
- Merograma y Espectrograma
- Ampliable con Fibra Óptica y GPS
- Autonomía superior a 4 horas

Anexo 4

INTENSIDAD DE CAMPO DE UCSG TELEVISION EN LAS UBANIZACIONES CEIBOS Y PUERTO AZUL

Datos geográficos del sitio de transmisión de TDT

Estación transmisora	UCSGTV TDT Gye
Latitud (grados, min, seg)	02° 10' 47,43" S
Longitud (grados, min, seg)	79° 52' 55,15" W
Altura s.n.m (mts)	80
Altura de la antena (mts)	36
Canal de UHF	45
Rango de frecuencias (Mhz)	656 – 662
Potencia de tx (kW)	3260

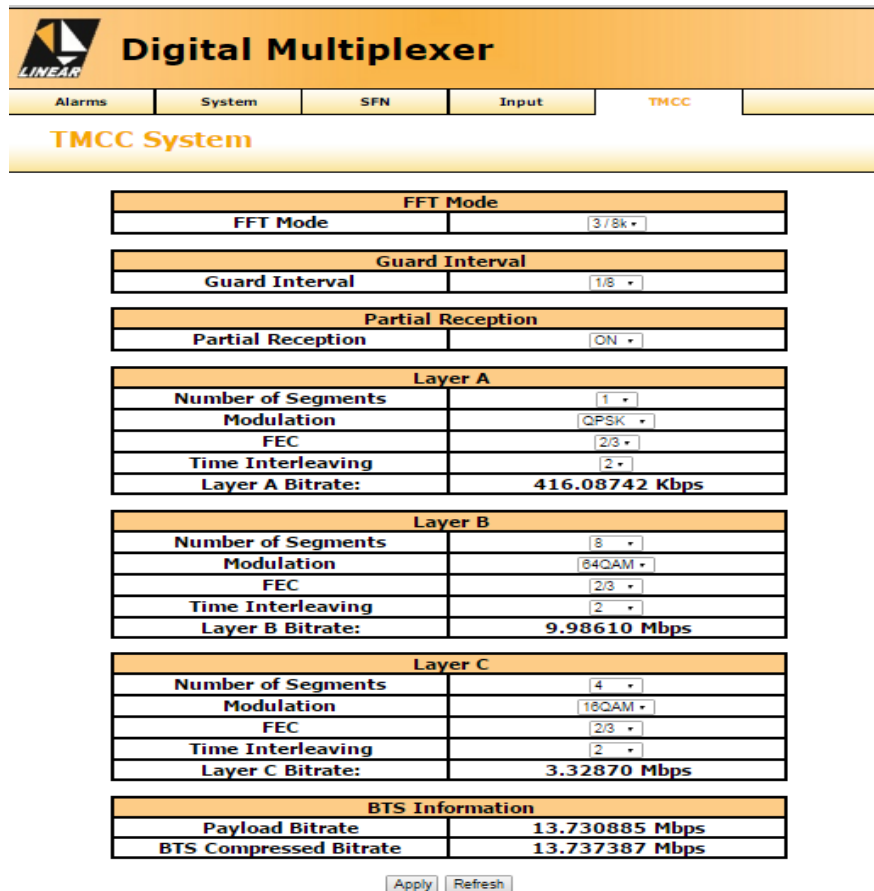
AJUSTE DEL MULTIPLEXOR Y ENCODER



Selección número de segmentos y modo 3



Selección de parámetros para señal SD, HD Y ONE SEG



Anexo 5

PLAZA CEIBOS



Constelación señal Digital 64QAM.



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dBμV/m	C/N dB	MER dB
Plaza Ceibos	a1	50,8	18	25,2
Lat (°) 2 S	a2	45,9	19,5	22,8
Lat (') 9	a3	45	17	25,0
Lat (") 46.75	a4	48,9	15,7	21,8
Long (°) 79 W	a5	47,65	17,55	23,7
Long (') 55				
Long (") 54,29				

PARQUE CEIBOS



Constelación señal Digital 64QAM



Sitio	Puntos de medición	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
Parque central Ceibos	a1	42,5	16,3	29
Lat (°) 2 S	a2	40,8	17	29
Lat (') 9	a3	45,0	28,9	11,8
Lat (") 51.47	a4	45,9	19	20,2
Long (°) 79 W	a5	43,55	20,3	22,5
Long (') 56				
Long (") 13.87				

Urbanización Olimpús



Constelación señal 64QAM



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
MC Donald Urba. Olimpús	a1	40,9	0,5	7,9
Lat (°) 2 S	a2	34,6	4,4	9,8
Lat (') 10	a3	33,5	0,9	7,8
Lat (") 18.37	a4	35,0	0,7	0,9
Long (°) 79 W	a5	36	1,625	6,6
Long (') 56				
Long (") 29.93				

Colegio Balandra Ceibos



Constelación señal digital 64QAM



Sitio	Puntos de medición	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
Colegio Balandra	a1	55,90	19,70	19,90
Lat (°) 2 S	a2	43,60	18,60	18,40
Lat (') 9	a3	56,80	29,90	26,90
Lat (") 50.36	a4	48,90	20,60	22,50
Long (°) 79 W	a5	51,3	22,2	21,925
Long (') 56				
Long (") 43.83				

Urbanización Ceibos Norte



Constelación señal digital 64QAM



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
Oficina Ceibos Norte	a1	51,60	28,9	25,4
Lat (°) 2 S	a2	56,90	25,9	23
Lat (') 9	a3	52,00	29,9	30
Lat (") 3.94	a4	58,90	28	28
Long (°) 79 W	a5	54,85	28,175	26,6
Long (') 56				
Long (") 27.86				

Centro de Ceibos Norte



Constelación señal digital 64QAM



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dBμV/m	C/N dB	MER dB
Centro de Ceibos Norte	a1	51,60	28,9	25,4
Lat (°) 2 S	a2	56,90	25,9	23
Lat (') 9	a3	44,20	19	30
Lat (") 3.94	a4	58,90	28	28
Long (°) 79 W	a5	52,9	25,45	26,6
Long (') 56				
Long (") 27.86				

Urbanización Terranostra



Constelación Señal Digital 64QAM



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
Urba. Terranostra	a1	29,00	0,20	0,00
Lat (°) 2 S	a2	23,00	0,20	0,00
Lat (') 11	a3	25,00	0,20	0,00
Lat (") 2.99	a4	19,00	0,20	0,00
Long (°) 79 W	a5	24	0,2	0
Long (') 59				
Long (") 55.11				

Blue Coast Business Center

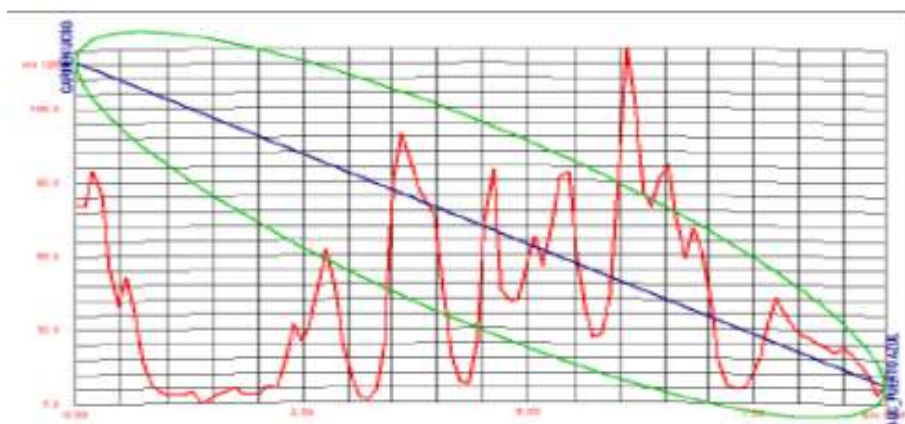


Constelación señal Digital 64QAM



Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dB μ V/m	C/N dB	MER dB
Blue Coast Business Center	a1	30,0	0,1	0,0
Lat (°) 2 S	a2	32,0	0,1	0,0
Lat (') 11	a3	29,0	0,1	0,0
Lat (") 0.79	a4	28,0	0,1	0,0
Long (°) 79 W	a5	29,75	0,1	0
Long (') 59				
Long (") 9.35				

Urbanización Puerto Azul




Constelación señal digital 64QAM




Sitio	Puntos de medicion	Nivel de señal dBµV/m	C/N dB	MER dB
Urba. Puerto Azul	a1	25	-4,9	10,6
Lat (°) 2 S	a2	20	0,1	10,6
Lat (') 11	a3	23	2,5	8,9
Lat (") 11.38	a4	19	2	9,9
Long (°) 79 W	a5	21,75	-0,075	10
Long (') 57				
Long (") 55.75				

Anexo 6

Equipos de Enlace en la banda 12 GHz




REBLE610 XPIC IP-ASI link



Rev.2 2K13

DESCRIPTION	FEATURES																																				
<p>The reble610 is an evolution of the innovative and performing Reble310. The Reble610 differs for an accurate hardware design, absence of internal cabling and an increased modularity. The unit is built on a basic chassis with 4 extractable boards which makes maintenance and critical operations, like frequency modification, easy and efficient. The Reble610, like its predecessor, contains two hot swappable power supplies, both AC and DC versions are available. The modular approach has brought to the development of the data interface module (containing modulator, demodulator and data interface) and the RF module (containing Transmitter, Receiver and channel filter). From an RF point of view the new transmission circuitry is able to guarantee at least 1 watt at the head with every modulation scheme, introducing in addition, wideband pre-correction (up to 1GHz depending on frequency band). Major innovations on the digital input side, two different data interface boards available: one is equipped with 10 ports ASI/BTS on BNC connector, configurable as inputs or outputs, so that it is possible to include the ASI distribution and ASI matrix capabilities in the same equipment; it also provides a GbE port for IP traffic, a 2048 Kbit/s E1 data channel (as an alternative to 2 ASI/BTS ports), and a "bypass" connection (not to waste coaxial connectors); the second one is equipped with 5 DVB-ASI/BTS/SMPTE310 ports (in or out) and 5 E1 channels.</p> <p>To transfer all these signals the channel capacity has been increased to 56MHz and bitrate equal to 310Mbit/s; using an optional XPIC module (and an extra Reble610) it is possible to duplicate the bitrate increasing it to 610Mbit/s, exploiting H and V polarizations and cancelling undesired content using special algorithms.</p> <p>A new management software offers complete control over device parameters and settings; an on-board TFT touch-screen allows for a simple and intuitive user interface to check for anomalies. The same monitoring and control can be carried out thru a particularly easy to use web interface and thru SNMP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Half-duplex, Full-duplex or Repeater Frequency: <table border="1"> <tr><td>2</td><td>2000-2300</td></tr> <tr><td>3</td><td>3400-4200</td></tr> <tr><td>4</td><td>4400-5000</td></tr> <tr><td>5</td><td>5000-5500</td></tr> <tr><td>6L</td><td>5925-6425</td></tr> <tr><td>6U</td><td>6425-7125</td></tr> <tr><td>7</td><td>7125-7825</td></tr> <tr><td>8</td><td>7825-8500</td></tr> <tr><td>10</td><td>10000-10700</td></tr> <tr><td>11</td><td>10700-11700</td></tr> <tr><td>13</td><td>12700-13200</td></tr> <tr><td>14</td><td>14000-15500</td></tr> </table> Others on request. Direct frequency conversion (Zero-IF) Wideband (up to 1,3 GHz) Output power > 30 dBm in 128 QAM Very high spurious suppression Excellent noise figure High-speed modem integrated Interfaces: <table border="1"> <tr><td>Version A:</td><td>10 x DVB-ASI/BTS</td></tr> <tr><td></td><td>1 x E1 (2.048Mbit/s)</td></tr> <tr><td></td><td>1 x GbE</td></tr> <tr><td>Version B:</td><td>5 x DVB-ASI/BTS/SMPTE310</td></tr> <tr><td></td><td>5 x E1 (2.048Mbit/s)</td></tr> <tr><td></td><td>1 x GbE</td></tr> </table> Bandwidth: 1.75÷56 MHz VBR up to 310 Mbps (620 Mbps with XPIC option) Integrated hitless switch for 1+1 configuration Redundant hot-swappable power supply (AC and/or DC) WEB Interface, SNMP v2 and GPIO 	2	2000-2300	3	3400-4200	4	4400-5000	5	5000-5500	6L	5925-6425	6U	6425-7125	7	7125-7825	8	7825-8500	10	10000-10700	11	10700-11700	13	12700-13200	14	14000-15500	Version A:	10 x DVB-ASI/BTS		1 x E1 (2.048Mbit/s)		1 x GbE	Version B:	5 x DVB-ASI/BTS/SMPTE310		5 x E1 (2.048Mbit/s)		1 x GbE
2	2000-2300																																				
3	3400-4200																																				
4	4400-5000																																				
5	5000-5500																																				
6L	5925-6425																																				
6U	6425-7125																																				
7	7125-7825																																				
8	7825-8500																																				
10	10000-10700																																				
11	10700-11700																																				
13	12700-13200																																				
14	14000-15500																																				
Version A:	10 x DVB-ASI/BTS																																				
	1 x E1 (2.048Mbit/s)																																				
	1 x GbE																																				
Version B:	5 x DVB-ASI/BTS/SMPTE310																																				
	5 x E1 (2.048Mbit/s)																																				
	1 x GbE																																				

SPECIFICATIONS	
General	
Configuration:	Direct frequency conversion
Frequency range:	2 - 4.2 GHz 4.4 - 5 GHz 5 - 5.5 GHz 5.75 - 6.4 GHz 6.25 - 6.95 GHz 6.8 - 7.45 GHz 7.125 - 7.825 GHz 7.825 - 8.5 GHz 8.5 - 10.5 GHz 10.6 - 11.8 GHz 12.7 - 13.3 GHz 14 - 15.5 GHz
Frequency Resolution:	250 kHz
Frequency stability:	± 1 ppm
RF Connectors:	3-3.5 GHz N/F 0L-6U N/F REC UER 70 7-8 N/F 10-11-13 REC UER 120 14 REC UER 140
Return Loss RF:	> 26 dB
Transmitter	
Power out:	> 30 dBm QPSK > 28 dBm 256 QAM
Spurious level:	> -65 dBc
Receiver	
Return Loss RF input:	> 26 dB
Noise figure:	< 4 dB (optional filters included)
Modem	
Mod Rate:	Up to 49.5 Mbaud
Mod Protocol:	Up to 310 Mb/s QPSK, 8PSK 16-32 APSK 16-32-64-128-256QAM
Bandwidth:	1.75 - 56 MHz
Protocols:	1. Low Density Parity Check (LDPC) encoder 2. Reed-Solomon with K = 6 - 255 and 1 = 0 - 16 and concatenated convolutional code, trellis or variable rate blocks (1/2 - 13/14) Programmable internal interleaver Feed Forward Filter (FFF) with 24 taps 1/2 spaced T + symbol rate 3 taps Decision Feedback Filter (DFE)
Options:	
Data interface	
Access:	Version A: 10xASI/BTS, 1xE1, 1GbE Version B: 5xASI/BTS/SMPTE310, 5xE1, 1GbE
Service:	XPIC 1+1 Transit
Connectors:	Version A: ASI/BTS: unbalanced BNC(f) 75 Ohm E1: unbalanced BNC(f) 75 Ohm Version B: ASI/BTS/SMPTE: unbalanced BNC(f) 75 Ohm E1: balanced RJ-45 100 Ohm Common: GbE: differential pairs RJ-45 1+1: differential pairs RJ-45 XPIC: differential pairs RJ-45 Transit: differential pairs RJ-45
1+1 Hot-standby and frequency/space diversity support	
Control	
Front panel (TFT touchscreen display) Web browser (embedded http server, no additional software needed) SNMP v2	
Electrical	
Supply:	90-260 V~ 50/60 Hz IEC 320 DC 22 - 65 V 3 pins connector
Consumption:	90 W
Mechanical	
Chassis:	1U Rack 19"
Dimensions:	Width 482.8 mm Height 43.6 mm Depth 554.85 mm (with circulator and handle bar) 513.85 mm (without circulator)
Weight:	8 Kg
Environmental	
Operative temperature range:	+10 - 55°C
Relative Humidity:	0 - 95% non condensing



ELBER Srl, Via Pontevicchio, 42W - 10042 Carassino (GE) Italy
Phone +39 0185 291533 Fax +39 0185 291300
www.elber.com - info@elber.it

*Elber reserves the right to make changes to specifications of products described in this datasheet at any time without notice and without obligation to notify any person of such changes.

Multiplexor

ISDB-Tb

MULTIPLEXADOR ISDB-Tb

ISMUX-003



**OFERECENDO SOLUÇÕES QUE LIDERAM O MERCADO.
CAPACITANDO O RÁDIO-DIFUSOR A FAZER MAIS COM MENOS.**



O multiplexador ISMUX é um equipamento que entrega em sua saída o BTS - Broadcast Transport Stream gerado a partir da combinação de até 8 TSs (Transport Streams) de entrada. Realiza filtragem e remapeamento de PIDs, com função de ReMux, além de possibilitar a transmissão de interatividade, closed caption, EPG - *Electronic Program Guide* e servidor de alerta de emergência EWS - *Electronic Warning System*.

Controla os parâmetros de transmissão como configurações das camadas hierárquicas - número de segmentos, taxa de codificação, modulação e entrelaçador temporal, além do intervalo de guarda e modo de operação.

EXCLUSIVO: possibilita a operação e gestão de redes SFN (Single Frequency Network). Gera e transmite as informações necessárias para o controle de cada equipamento transmissor que pertence à rede, sem necessidade de módulo adicional.

O multiplexador ISMUX, nativo na norma ABNT NBR 15601, é implementado utilizando hardware (FPGA) específico, não PC industrial. Possui interface amigável de configuração que pode ser acessada via rede.



Para ser digital tem que ser Linear!

ISMUX003 - MULTIPLEXADOR ISDB-Tb

Encoder

Ateme
Transforming Video Delivery

toner
cable equipment, inc.
www.tonercable.com

Kyrion AM2102 **H264 / MPEG2 Broadcast Encoder**



Kyrion AM2102

High Video Quality – Low Latency – High Density

The ATEME Kyrion™ AM2102 is the High Video Quality, Multi-Channel H264 and MPEG2 encoder designed to address a broad range of Digital Television applications. Its state of the art encoding core allows bouquet aggregators, broadcasters and video service operators to save bandwidth and reach their audiences with a revolutionized picture quality.

The Kyrion AM2102 is based on ATEME 5th Generation STREAM© compression engine that delivers the highest video quality at minimum bitrates with ultra-low latency.

The Kyrion™ AM2102 comes also natively with advanced audio features (up to 8 stereo pairs per video channel) and optionally Dolby Digital (AC3) / Dolby Digital Plus (AC3+) and Dolby Digital-E support to cover any multi-language needs.

The Kyrion™ AM2102 front panel and web based user interface provide quick access to configuration menus and immediate settings ensuring a super-fast boot.

Key Features

- SD/HD MPEG2, H264 4:2:0 8-bit
- From Single to Quad¹ channels encoding support with Picture-in-Picture
- Full One-SEG support for ISDB-Tb
- Simultaneous stream broadcast on up to 4 primary + 4 backup destinations over IP
- Statistical Multiplexing support
- Confidence Audio / Video input monitoring

Benefits

- Low OPEX link with high VQ at low bitrates
- Ease of use with front panel and web GUI
- Pay as you grow – future proof investment



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, **Moreno Redroban, César Abel** con C.C: # 0907090665-5 autor del trabajo de titulación: **Estudio de la cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos**, 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, 11 de marzo del 2019

Moreno Redroban, César Abel

C.C: 0907090665-5



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de la cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos.		
AUTOR(ES)	Moreno Redroban, Cesar Abel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando; M. Sc. Córdova Rivadeneira, Luis Silvio, M. Sc. Daniel Iván Garrido Rodríguez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Sistema de Posgrado		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de marzo del 2019	No. DE PÁGINAS:	88
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fundamentos de Telecomunicaciones, Televisión Digital		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Mediciones TDT, perfil topográfico, TDT UCSG Televisión, Zonas de sombra		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo se describe el estudio de cobertura de la señal de TVD para las urbanizaciones de Puerto Azul y los Ceibos de la provincia de Guayas, con atención especial a la cobertura del canal digital UCSG Televisión. Se inicia con una descripción del estándar ISDBT-Tb para televisión digital terrestre adoptado por Ecuador. Se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de niveles y calidad de señal en la recepción en las Urbanizaciones objeto de estudio consideradas zonas de sombra por no existir línea de vista con el lugar de transmisión de TDT. Para los cálculos de cobertura se utilizó un modelo de propagación ajustado para un canal de RICE, con modelo de predicción de área de servicio ITU-R 526. Para el análisis se utilizó el software WINRPT desarrollado por la empresa italiana SEDICOM. La metodología de medición se basó en la recomendación SM378-7 de la UIT y el Manual de Comprobación Técnico de emisiones de la misma entidad.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-99427718	E-mail: camr_2000@yahoo.es	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: +593-994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			