



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DE COBERTURA EN EL CANAL ECUADOR TV PARA BRINDAR
EL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT) PARA EL
SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE QUITO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de
Comunicación.

Profesor Guía

MSc. Diego Fabián Paredes Páliz

Autor

Gonzalo Mauricio Medina Inca

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

MSc. Diego Fabián Paredes Páliz
Master in Optical Communications and Photonic Technologics
C.C. 060301414-3

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

MSc. Juan Andres Vasquez Peralvo
Master in Wireless Communications Systems
C.C. 171764758-8

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Gonzalo Mauricio Medina Inca

C.C. 171874661-1

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por no abandonarme; a mis padres por formarme con sus valores y principios para ser una persona de bien; a mis maestros y mi tutor por llenarme de sabiduría.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi hija Ariana Camila a mis sobrinos Luis Felipe y André Valentín por llenar mi corazón de amor; a mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional.

RESUMEN

Actualmente, en la Ciudad de Quito se emite el servicio de Televisión Digital Terrestre por el canal Ecuador TV bajo el estándar ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*), acogida por el Ecuador el 26 de Marzo del 2010 mediante la ARCOTEL agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y difundido en la “Norma Técnica para el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre”. Sin embargo, el despliegue de la señal de su estación repetidora ubicada en el Cerro Pichincha no abastece por completo el servicio de TDT (*Terrestrial Digital Television*) en la ciudad, debido a la condición geográfica, obteniendo en ciertos puntos del sur de la ciudad un nivel de intensidad de campo menor a 51 dB μ V/m el cual no es suficiente para interpretar la información en los dispositivos terminales. Por esta razón, se propone realizar el estudio de implementación de una estación auxiliar (*gap-filler*) destinado a cubrir zonas de sombra en el sur de la ciudad de Quito.

Este proyecto de titulación tiene la finalidad de diseñar una SFN (*Single Frequency Network*) entre la estación repetidora y la estación auxiliar, empleando un solo canal de frecuencia en los transmisores, evitando la interferencia entre estaciones y eliminando las zonas de sombra con la implementación de la repetidora auxiliar.

En el capítulo 1, se realizara un desglose de conceptos de televisión digital terrestre haciendo énfasis en el estándar Japonés-Brasileño (ISDB-Tb) y en los parámetros necesarios para el despliegue de una SFN con el objetivo de tener un criterio más amplio acerca del diseño de una SFN.

En el capítulo 2, con la ayuda del equipo *BCDRIVE Broadcast Drive Test* de la franquicia Rohde&Schwarz se toman muestras del nivel de intensidad de campo en el sector sur de la ciudad, emitiendo como resultado la necesidad de implementar una estación auxiliar para cubrir el servicio en puntos críticos

donde la intensidad de campo emitida no cumple con los parámetros mínimos de recepción.

En el capítulo 3, se calculan diversos parámetros involucrados en el correcto diseño de la red de frecuencia única. Con el apoyo del software WinRPT se emulará la situación actual del servicio de TDT emitido por Ecuador Tv, adjuntando la emulación del diseño de la red *broadcast* a implementar en la estación auxiliar.

En el capítulo 4, se realizara un detalle de la inversión del costo, necesario para el despliegue de la red de frecuencia única.

En el capítulo 5, en base a la experiencia obtenida con el desarrollo del presente documento se plantearan conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

Currently, in the city of Quito, the Digital Terrestrial Television service is broadcast by the Ecuador TV channel under the standard ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), hosted by Ecuador on March 26, 2010 through the ARCOTEL (Regulatory Agency and Control of Telecommunications) and disseminated in the "Technical Standard for the digital terrestrial television broadcasting service". However, the deployment of the signal of the repeater station located in Cerro Pichincha does not fully supply the service Terrestrial Digital Television (TDT) in the city, due to the geographical condition, obtaining in certain points of the south of the city a level of field strength less than 51 [dB μ V / m], which is not sufficient to interpret the information in the terminal devices. For this reason, is proposed to carry out the study of the implementation of an auxiliary station (gap-filler) to cover areas of shadow in the south of the city of Quito.

This project aims to design a single frequency network (SFN) between the repeater station and the auxiliary station, using a single frequency channel in the transmitters, avoiding the interference between stations and eliminating the shadow zones with the implementation of the auxiliary repeater.

In chapter 1, a breakdown of digital terrestrial television concepts will be made emphasizing the Japanese-Brazilian standard (ISDB-Tb) and the parameters necessary for the deployment of a SFN.

In chapter 2, with the help of the BCDRIVE Broadcast Drive Test of the franchise Rohde & Schwarz, samples of the field intensity level are taken in the southern sector of the city, resulting in the need to implement an auxiliary station to cover the service in critical points where the emitted field strength does not meet the minimum reception parameters.

In chapter 3, various parameters involved in the correct design of the single frequency network are calculated. With the support of the WinRPT software, the current situation of the TDT service emitted by Ecuador Tv is emulated, attaching the emulation of the design of the broadcast network to be implemented in the auxiliary station.

In chapter 4, a detail of the cost inversion required for the deployment of the single frequency network will be made.

In chapter 5, based on the experience gained from the development of this document, conclusions and recommendations will be made.

ÍNDICE

Introducción.....	1
1. Fundamentos del Estándar ISDB-Tb.....	2
1.1 Distribución del canal radioeléctrico.....	2
1.2 Norma técnica ABNT NBR 15601 (Sistema de transmisión) 4	
1.2.1 Transmisión Jerárquica	5
1.2.2 Recepción parcial	5
1.2.3 Separación de portadoras OFDM	5
1.2.4 Codificación del canal.....	6
1.2.4.1 Parámetros	6
1.2.4.2 Configuración.....	8
1.2.5 Remultiplexación de TS.....	10
1.2.5.1 Configuración del cuadro	10
1.2.5.2 Modelo del receptor de cuadro multiplex.....	11
1.2.5.2.1 Señal de entrada para divisor jerárquico.....	11
1.3 Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal	12
1.3.1 Sistema OFDM.....	13
1.3.2 Ortogonalidad.....	14
1.3.3 Intervalo de guarda.....	15
1.4 Transformada rápida de Fourier	15
1.5 Aplicación de OFDM en ISDB-Tb.....	16
1.6 Red de frecuencia única SFN.....	17
1.6.1 Características.....	18
1.6.2 Funcionamiento	19
1.6.3 Tipos de SFN.....	20

1.6.3.1	Redes de frecuencia única de ámbito extenso	20
1.6.3.2	Redes de frecuencia única de ámbito reducido	21
1.6.3.3	Redes de frecuencia única centralizada	21
1.6.3.4	Red de frecuencia única descentralizada	21
1.7	Gap-Fillers	22
1.7.1	Funcionamiento	23
1.7.2	Tipos de gap-fillers	24
2.	Servicio de Televisión Digital en Pichincha	25
2.1	<i>BCDRIVE Broadcast Drive Test Software</i>	25
2.1.1	Ventajas	26
2.1.2	Funcionamiento	26
2.2	Cálculo directo de la intensidad de campo recibida	27
2.2.1	Calculo del factor de antena	27
2.2.1.1	Principios teóricos del factor de antena	28
2.3	Informe UIT-R BT.2035-2	29
2.4	Recepción de datos	29
2.5	Equipos utilizados en las mediciones	30
2.6	Manual de configuración <i>R&S BcDrive Broadcast Drive Test</i>	30
2.7	Despliegue de resultados en <i>Google Earth</i>	34
2.8	Simulación de resultados	37
2.9	Emplazamiento de <i>Gap-fillers</i>	38
3.	Diseño de la Red de Frecuencia Única en el cerro Atacazo	40

3.1	Enlace entre la estación repetidora y la estación auxiliar....	42
3.1.1	Pérdidas en el espacio libre.....	44
3.1.2	Potencia isotrópica radiada (PIRE)	44
3.1.3	Potencia de recepción	45
3.2	Predicción de propagación radioeléctrica punto a zona	46
3.2.1	Intervalo de Guarda	46
3.2.2	Configuración de las capas jerárquicas	47
3.2.3	Angulo de azimut.....	49
3.2.4	Altura de la antena transmisora	51
3.2.5	Interpolación y extrapolación de intensidad de campo en función de la altura de la antena transmisora	53
3.2.6	Interpolación y extrapolación de intensidad de campo en función de la frecuencia	54
3.2.7	Pérdidas en el espacio libre.....	55
3.2.8	Margen de desvanecimiento.....	56
3.2.9	Potencia de transmisión	57
3.2.10	Cálculo PER.....	58
3.3	Simulación	58
3.3.1	Características generales	58
3.3.2	Características del sistema transmisor	60
3.4	Área de cobertura de la estación auxiliar.....	62
3.5	Área de cobertura de la estación auxiliar y la estación repetidora	63
4.	Infraestructura	65
4.1	Diagrama de bloques de la instalación de los equipos.....	66

4.2	Sistema de recepción digital.....	66
4.2.1	Antena de recepción.....	66
4.2.2	<i>Set Top Box</i>	67
4.3	Sistema de transmisión.....	67
4.3.1	<i>Encoder</i>	68
4.3.2	Modulador, transmisor y excitador Digital	68
4.3.3	Multiplexor	69
4.3.4	Antena de difusión	69
4.4	Inversión en la infraestructura	70
5.	CONCLUSIONES.....	71
	REFERENCIAS	74
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Banda de guarda.....	3
Figura 2. Transmisión simulcast.....	3
Figura 3. Sistema de transmisión del estándar ISDB-Tb.....	4
Figura 4. Diagrama de bloques del sistema de transmisión	5
Figura 5. Diagrama de bloques de la codificación en el canal	9
Figura 6. TS remultiplexado	11
Figura 7. Organización del tiempo de la señal en la capa jerárquica.....	12
Figura 8. Modulación OFDM empleando 8 portadoras	13
Figura 9. Diagrama esquemático del sistema OFDM	14
Figura 10. Prefijo cíclico.....	15
Figura 11. Organización del canal.....	16
Figura 12. Distribución de tiempo y frecuencia de las portadoras OFDM	17
Figura 13. Topología de una SFN.	18
Figura 14. Señales multitrayectoria	20
Figura 15. Retardo de la señal	20
Figura 16. Red de frecuencia única centralizada.....	21
Figura 17. Red de frecuencia única descentralizada.....	22
Figura 18. Diagrama de bloques de un Gap-filler	23
Figura 19. Separación de los componentes del gap-filler y lóbulo de radiación.	24
Figura 20. Diagrama del sistema de medición.....	26
Figura 21. Diagrama del sistema de captura de medidas.....	29
Figura 22. Ingreso al menú del equipo.	31
Figura 23. Configuración del estándar de Tv y unidades de medición.....	32
Figura 24. Configuración de Hardware.....	32
Figura 25. Selección del módulo GPS.....	33
Figura 26. Configuración de parámetros de la antena.....	33
Figura 27. Configuración de frecuencia intermedia.	34
Figura 28. Importación de archivos a Google Earth.....	34
Figura 29. Selección de archivo (.dtr).....	35
Figura 30. Parámetros de configuración.....	35

Figura 31. Discriminación de mediciones.	36
Figura 32. Asignación de colores a parámetros a ser medidos.	36
Figura 33. Creación de archivo (.kmz).....	37
Figura 34. Despliegue de muestras de intensidad de campo	37
Figura 35. Diagrama de bloques del sistema de trasmisión	40
Figura 36. Línea de vista entre estaciones.....	43
Figura 37. Distancia del punto de reflexión más lejano al gap-filler	43
Figura 38. Cobertura de servicio empleando dos azimuts.....	51
Figura 39. Parámetros para el cálculo de la altura en la antena transmisora ..	52
Figura 40. Características generales.....	60
Figura 41. Características del sistema de transmisión	61
Figura 42. Área de cobertura de la estación auxiliar	62
Figura 43. Área de cobertura de la estación auxiliar y la estación repetidora ..	63
Figura 44. Área de cobertura en la estación auxiliar con dos azimut.....	64
Figura 45. Instalación de equipos.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del sistema de transmisión.....	6
Tabla 2. Parámetros del segmento OFDM.....	7
Tabla 3. Parámetros de la señal de transmisión.....	8
Tabla 4. Configuración de la multiplexación del frame.....	11
Tabla 5: Factor K para el canal 26 de Ecuador Tv.....	28
Tabla 6. Nivel de intensidad de campo medido en puntos del sur de Quito.....	38
Tabla 7. Lugares que requieren emplazamientos de gap-fillers.....	39
Tabla 8. Coordenadas de la estación auxiliar.....	44
Tabla 9. Parámetros de la estación auxiliar.....	47
Tabla 10. Tasa de datos de un único segmento.....	49
Tabla 11. Trayecto de la señal hasta el abonado más lejano.....	52
Tabla 12. Factor de rugosidad del terreno.....	56
Tabla 13. Factor climático.....	57
Tabla 14. Bandas de frecuencia de la televisión UHF.....	60
Tabla 15. Configuración de capas jerárquicas.....	61
Tabla 16. Nivel de intensidad de campo tomado en la simulación.....	64
Tabla 17. Ubicación estación repetidora.....	65
Tabla 18. Infraestructura disponible en la estación auxiliar.....	65
Tabla 19. Sistema eléctrico de la estación auxiliar.....	65
Tabla 20. Dimensionamiento de los parámetros de banda base.....	67
Tabla 21. Datos del sistema de transmisión.....	67
Tabla 22. Transmisor, Excitador y Modulador.....	68
Tabla 23. Parámetros de la antena de difusión.....	69
Tabla 24. Alimentador de antenas.....	69
Tabla 25. Línea de transmisión.....	70
Tabla 26. Detalle de la inversión.....	70

INTRODUCCIÓN

La televisión digital da paso al estándar de alta definición para televisores HDTV (*High Definition Television*) el cual se encarga de comprimir señales de audio y video para transmitir, ocupando el menor ancho de banda posible, Ecuador emplea un canal de 6MHz.

El inicio del estándar se da en 1988 con el primer estándar que emplea un códec MPEG1 (H.261 en la nomenclatura ITU), en el año de 1996 se da paso al códec MPEG2 (H.262 en la nomenclatura ITU) por el cual nace el DVD y la televisión digital ya que es capaz de llevar la imagen de suficiente definición con lo que aparece el primer estándar de televisión digital terrestre (DVB-T, ATSC A/53 y el ISDB-T), a continuación en el año 2003 con el códec MPEG4 (H.264 en la nomenclatura ITU) se logra una segunda generación ya que mejora la compresión de la imagen y video aprovechando el espectro radioeléctrico (DTMB, DVB-T2, ISDB-TB e ATSC A72).

El camino hacia el futuro de la televisión digital ha comenzado y en estos años ha penetrado fuertemente en el mundo y Ecuador, el 26 de marzo del 2010 Ecuador adoptó el estándar Japonés-Brasileño (ISDB-Tb) el mismo que permite la transmisión y recepción de imagen y sonido por medio de ondas radioeléctricas terrestres, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información y entidades gubernamentales del sector de las telecomunicaciones trabajan en coordinación para implementar este sistema en el país, de esta forma se dejará a un lado la televisión tradicional 'analógica' con lo que se espera; interactividad mediante middleware Ginga, movilidad y portabilidad mediante el uso de one-seg además el espectro radio eléctrico se lo emplea de forma eficiente al implementar SFN (*Single Frequency Network*) evitando interferencias y zonas de sombra dentro de su rango de cobertura.

La televisión digital abarca diferentes beneficios frente a la televisión analógica, brindando una mejora del servicio al portar una mejor imagen y sonido obteniendo una mejor flexibilidad en las emisiones de los diferentes canales de televisión emitidos en la banda UHF.

Actualmente la ciudad de Quito cuenta con cobertura de Televisión Digital emitida por el canal Ecuador Tv, ya que la estación repetidora ubicada en el Cerro Pichincha no posee una buena línea de vista en ciertos puntos del sur de la ciudad, la calidad del servicio es baja y al implementar una estación auxiliar en un punto estratégico se pretende mejorar la calidad del servicio.

Ecuador Tv con el uso de los 6 [MHz] otorgados por la ARCOTEL, emite tres canales; un canal LD (*one-seg*), un canal SD (*standard definition*) y un canal HD (*high definition*); ocupando los trece segmentos definidos en el estándar ISDB-Tb para llevar el contenido de las tres programaciones hasta los abonados.

1. FUNDAMENTOS DEL ESTÁNDAR ISDB-Tb.

Al diseñar una SFN (*Single Frequency Network*) es necesario analizar la información necesaria acerca del funcionamiento del estándar ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*) para extraer los parámetros que mejor se adapten a la zona geográfico P.

1.1 Distribución del canal radioeléctrico

El estándar ISDB-Tb define un ancho de banda de 6MHz el cual es distribuido en 14 segmentos, donde 13 segmentos son usados por las portadoras para generar los canales HD, SD, y LD, el último segmento trabaja como banda de guarda (G_1, G_2), el cual evita la interferencia entre la frecuencia superior e inferior (Pisciotta, 2010, p. 14).

Con una magnitud de 14 segmentos el canal radioeléctrico distribuye el último segmento en los bordes de los trece segmentos, llamado segmento de guarda.

En la figura 1, el valor de G_1 y G_2 , es uno de los catorce segmentos, designado en establecer la banda de guarda evitando la interferencia con la frecuencia de un canal distinto.

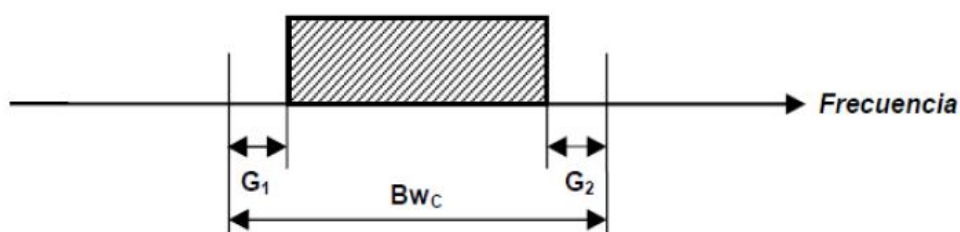


Figura 1. Banda de guarda

Tomado de (Pisciotta, 2010, p. 14)

El cálculo del ancho de banda se da por:

$$AB_{\text{Segmento}} = \frac{AB_{\text{canal}}}{N_s} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$AB_{\text{Segmento}} = \frac{6\text{MHz}}{14} = 428,6 \text{ [kHz]}$$

En la figura 2, se aprecia como al tener una transmisión *simulcast* la banda de guarda evita la interferencia entre el canal analógico y el canal digital.

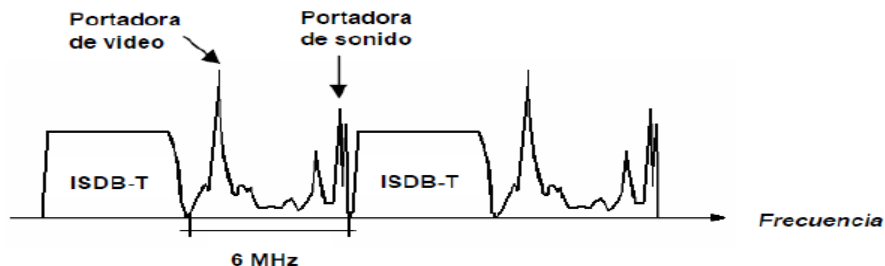


Figura 2. Transmisión *simulcast*

Tomado de (Pisciotta, 2010, p. 17)

1.2 Norma técnica ABNT NBR 15601 (Sistema de transmisión)

La norma técnica ABNT NBR 15601 contiene información para un correcto funcionamiento de la SFN, su referencia se basa en pruebas de campo dejando a un lado la explicación matemática.

Para agrupar varios flujos de transporte (voz, audio y datos) es obligatorio remultiplexar y lograr un único TS (*Transport Stream*) codificándolo para ser emitido mediante la señal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) el mismo que está formado por 13 bloques sucesivos llamados segmentos y al emitir TDT (*Terrestrial Digital Television*) se emplea un intervalo de tiempo logrando una menor tasa de errores en la codificación (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 4).

En la figura 3, se muestra las diferentes etapas de procesamiento de la señal digital, desde la codificación del audio y video, la multiplicación de las dos señales y la amplificación para finalizar con la emisión de la señal digital por medio de la antena transmisora.

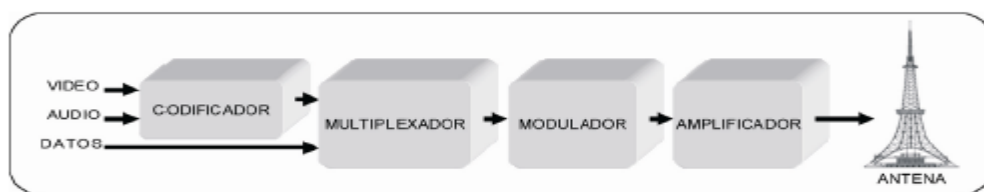


Figura 3. Sistema de transmisión del estándar ISDB-Tb

Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 4)

Si el estándar es más moderno se consigue una mejor compresión de la señal aprovechando así el ancho de banda y sin pérdida de la calidad, la desventaja está en que se necesita un procesador más potente lo que ocasiona un mayor consumo de energía.

1.2.1 Transmisión Jerárquica

OFDM se emplea en la codificación de canal donde una parte de un solo canal se usa para el servicio de recepción fijo y el resto para el servicio de recepción móvil, se la llama jerárquica por el manejo de segmentos dentro de los mismos se puede manipular parámetros como la tasa de codificación interna, el esquema de modulación de portadoras y la longitud de intercalado en el tiempo (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 5).

En la figura 4, se definen tres capas jerárquicas donde un segmento se usa para recepción parcial necesaria en la creación del canal *one-seg*.

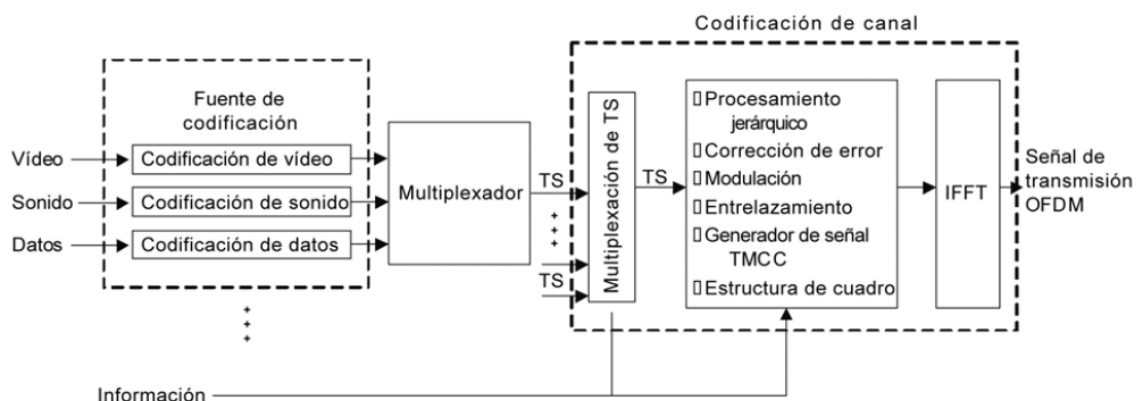


Figura 4. Diagrama de bloques del sistema de transmisión

Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 5)

1.2.2 Recepción parcial

El servicio (*one-seg*) consiste en el entrelazamiento de frecuencias mediante los 13 segmentos de OFDM, evitando el uso de porciones del espectro de radiodifusión (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 5).

1.2.3 Separación de portadoras OFDM

El sistema Brasileño estandarizo tres modos de separación de portadoras para garantizar la correcta recepción móvil evitando el efecto Doppler en las

variaciones de canal al verificar las distancias entre la estaciones a conformar una SFN “estación repetidora y estación auxiliar”, el estándar ISDB-Tb propuso la separación de frecuencias de 1KHz, 2KHz o 4KHz en los tres modos del sistema donde en cada modo se tiene un numero distinto de portadoras obteniendo una tasa útil igual en todos los modos (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 5).

1.2.4 Codificación del canal

1.2.4.1 Parámetros

Los parámetros de la codificación y programación del canal digital de Ecuador Tv se basan en la tabla 1, 2 y 3. Ecuador Tv trabaja con el modo tres del estándar ISDB-Tb, acogiendo valores predefinidos para la configuración de sus equipos, su inclinación por el uso del modo tres es debido a la condición del área geográfica en la que opera el canal digital.

Tabla 1. *Parámetros del sistema de transmisión*

Parámetro	Valor
Numero de segmentos	13
Ancho del segmento	$6.000/14=428.57$ KHz
Banda UHF	5.572 MHz (modo 3)
Numero de portadoras	5.617 (modo 3)
Método de modulación	16QAM, 64QAM, APSK, DQPSK
Duración de los símbolos activos	1.008 μ s (modo 3)
Separación de portadoras	$Bws/432 = 0,992$ KHz (modo 3)
Duración de intervalo de guarda	1/4 de la duración del símbolo activo 252 μ s (modo 3)
Duración total de símbolos	1.260 μ s (modo3)
Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM
Codificación del canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 6)

Ecuador Tv emplea una modulación diferente en la configuración de cada canal, en el canal HD se emplea la modulación 64QAM, en el canal SD se emplea la modulación 16QAM y en el canal LD se emplea la modulación QPSK.

Tabla 2. *Parámetros del segmento OFDM*

Modo		Modo 3	
Ancho de la banda		3000/7 = 428.57 kHz	
Separación entre frecuencias portadoras		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	432	432
	Datos	384	384
	SP ^a	36	0
	CP ^a	0	1
	TMCC	4	20
	AC1	8	8
	AC2	0	19
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK
Símbolos por cuadro		204	
Tamaño del símbolo efectivo		1008 μs	
Frecuencia de muestreo de la IFFT		512/63 = 8,12698 MHz	
Entrelazamiento interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)	
Codificador externo		RS (204,188)	
<p>a SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación. b MCC es información de control. c AC se usa para transmitir información adicional. AC1 está disponible en igual número en todos los segmentos, mientras que AC2 está disponible solamente en segmento de modulación diferencial.</p>			

Tomado de (Henry Copara, 2015, p. 128)

Tabla 3. *Parámetros de la señal de transmisión*

Modo		Modo 3
Número de segmentos OFDM N_s		13
Ancho de la banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz} = 5.572 \text{ MHz}$
Número de segmentos de modulación diferencial		N_d
Número de segmentos de modulación síncrona		$n_s (n_s + n_d = n_s)$
Número de portadoras	Total	$432 \times N_a + 1 = 5617$
	Datos	$384 \times N_a = 4992$
	SP	$36 \times n_a$
	CP _a	$n_d + 1$
	TMCC	$4 \times n_a + 20 \times n_d$
	AC1	$4 \times N_a = 104$
	AC2	$19 \times n_d$
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK
Símbolos por cuadro		204
Tamaño del símbolo efectivo		1008 μs
Intervalo de guarda		252 μs (1/4).
Longitud del cuadro		257.04 ms (1/4).
<i>Inner code</i>		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)
<i>Outer code</i>		RS (204, 188)
El número de CP representa la suma de los CP en el segmento más un CP agregado a la derecha de la banda total.		

Tomado de (Henry Copara, 2015, p. 128)

1.2.4.2 Configuración

En la figura 5, se muestra la estructura del estándar brasileño ISDB-Tb para la transmisión de televisión digital terrestre mediante la división del TS para manejar los tres canales por separado.

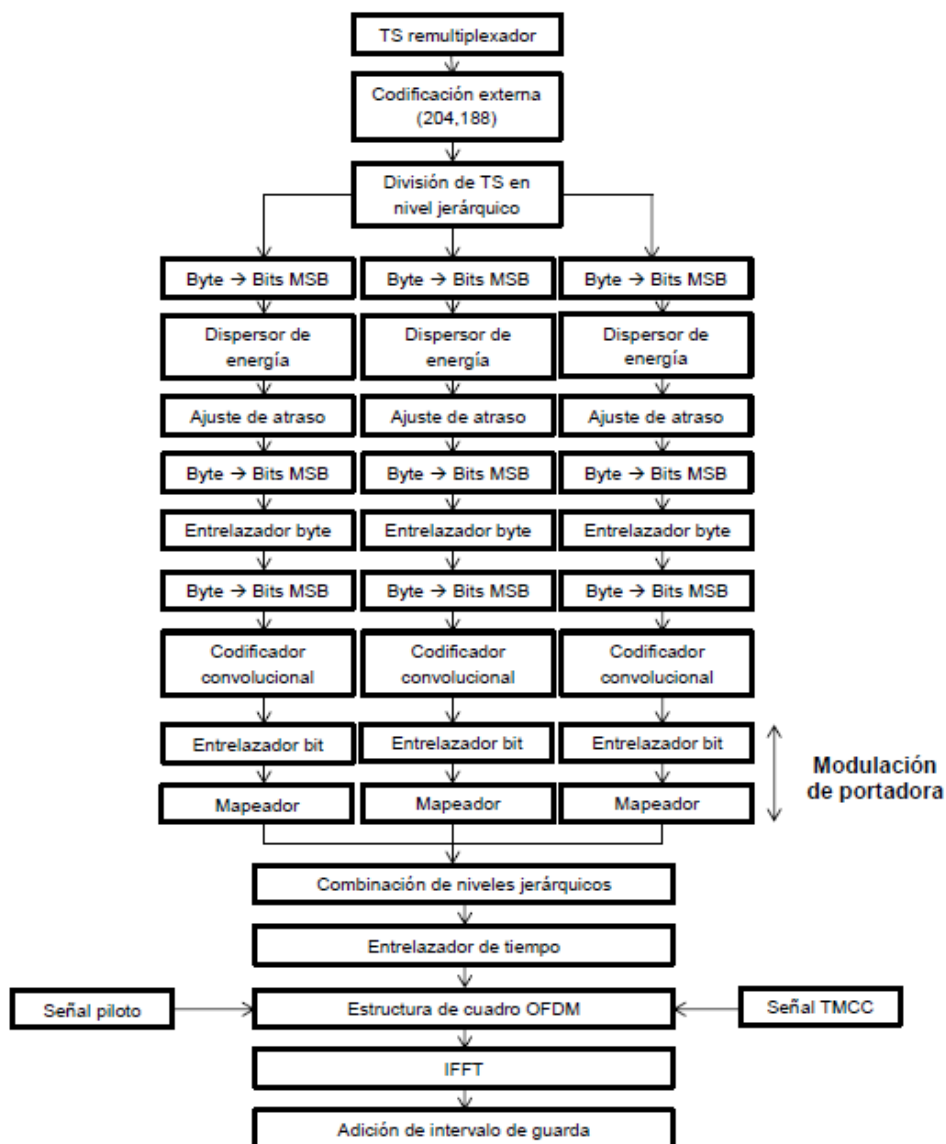


Figura 5. Diagrama de bloques de la codificación en el canal
Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 12)

El funcionamiento de la codificación de canal se basa en alimentar el remultiplexor de haz de transporte por medio de las salidas del multiplexor MPEG obteniendo un segmento de datos a partir del TSP (*Transport Stream Packet*). Por medio de un *clock* se convierte a cada TS en una señal de 188 bytes, empleando un *clock* de muestreo IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) con una tasa cuatro veces menor al *clock*, en la etapa de remultiplexación donde al emplear un código RS se obtiene un TS común de las múltiples salidas de TS del multiplexor. El TS es dividido en capas jerárquicas después

de configurar la transmisión jerárquica, obteniendo un despliegue del procesador de máximo tres bloques paralelos. Los bloques paralelos generan un problema en el procesador con respecto al tiempo en cada bloque, dado por el proceso de entrelazado de bits, empleando un codificador para corregir los errores añadiendo en cada capa una longitud de entrelazado y un esquema de modulación de portadora para sincronizar los tiempos. Se procede a realizar los entrelazamientos en frecuencia y en tiempo para evitar la variación de intensidad de campo al combinar las capas jerárquicas, obteniendo una buena recepción móvil al eludir la interferencia de múltipercurso. En el entrelazado de tiempo se emplea el entrelazado convolucional para sincronizar los tiempos tanto de recepción como transmisión, obteniendo un mejor rendimiento de la memoria del receptor. En el entrelazado de frecuencia se emplea el intrasegmento y el intersegmento para reestructurar el segmento. Se emite una señal TMCC (*Transmission and Multiplexing Configuration Control*) empleando una portadora específica para que el receptor configure la demodulación y decodificación en el proceso de transmisión jerárquica. La señal TMCC, la señal piloto y la señal del programa forman el cuadro OFDM el cual mediante un proceso IFFT las señales se transforman a una señal de transmisión OFDM (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 13).

1.2.5 Remultiplexación de TS

1.2.5.1 Configuración del cuadro

Paquetes TSP emplean un número n de cuadros múltiples para formar una remultiplexación de TS.

Un TSP de transmisión tiene 188 bytes de datos de programa y 16 bytes nulos con un total de 204 bytes de longitud.

Tabla 4. Configuración de la multiplexación del frame

Modo	Número de TSP transmitidos dentro de un cuadro multiplex			
	Tasa del intervalo de guarda 1/4	Tasa del intervalo de guarda 1/8	Tasa del intervalo de guarda 1/16	Tasa del intervalo de guarda 1/32
Modo 3	5120	4608	4352	4224

La longitud del cuadro OFDM debe ser exacta a la longitud del cuadro en el momento en que el *clock* de muestreo de IFFT es menos cuatro veces la tasa del *clock* de TSP de transmisión (Fachb et al., 2016, p. 19).

Cada cuadro de los TSP se transmite por medio de una señal OFDM de su capa jerárquica Z.

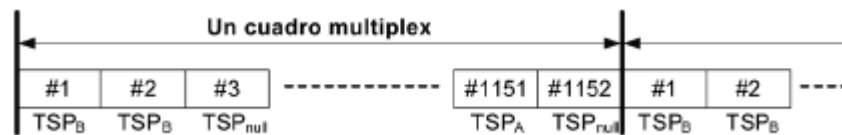


Figura 6. TS remultiplexado

Tomado de (Fachb et al., 2016, p. 19)

En cada capa jerárquica no es posible obtener consistencia entre el TSP de entrada y un solo TS de salida debido al tiempo, afectando al número de paquetes de haz de transporte optando por la adición de paquetes nulos, permitiendo un equilibrio entre los paquetes de transmisión y recepción (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 14).

1.2.5.2 Modelo del receptor de cuadro multiplex

1.2.5.2.1 Señal de entrada para divisor jerárquico

En el divisor jerárquico las señales de entrada del número de segmento y la frecuencia de la portadora se ordenan de forma ascendente para lograr el

intercalado y el procesamiento de demodulación de la portadora (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 15).

En la figura 7, se muestra que cada portadora trabaja con un *clock* distinto y dentro de un segmento existen 96 portadoras con su respectivo *clock*.

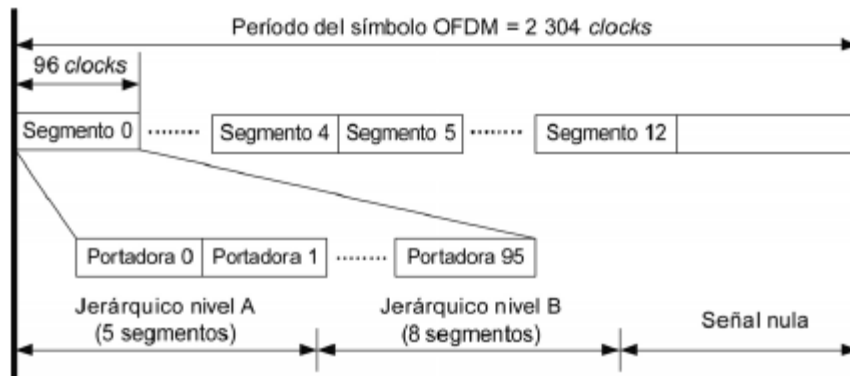


Figura 7. Organización del tiempo de la señal en la capa jerárquica Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 15)

Emplear un *clock* de muestreo para FFT (*Fast Fourier Transform*) permite ordenar los TSP dentro del cuadro multiplex. Dentro de la capa jerárquica A se insertan datos de 480 ($96 \cdot 5$) portadoras seguidos de datos 768 ($96 \cdot 8$) portadoras con una señal nula que ocupa 1056 portadoras hasta la capa jerárquica B. El muestreo FFT y el muestreo de intervalo de guarda forman la señal nula la cual es una señal piloto emitida por el cuadro OFDM (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008, p. 16).

1.3 Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM)

OFDM es una técnica de modulación digital multiportadora, su funcionamiento se basa en emitir un conjunto de portadoras en frecuencias distintas y ortogonales entre sí evadiendo la interferencia entre símbolos al explotar el ancho de banda disponible dividiéndolo en canales de banda estrecha para una mejor respuesta en frecuencia.

En la figura 8, el total del tráfico de datos se divide en porciones de datos paralelos asociando cada porción a una portadora, donde cada portadora es modulada y transmitida de forma paralela al mismo tiempo (Kelly R. Fisher, Kathy Hirsh-Pasek, 2012, p. 19).

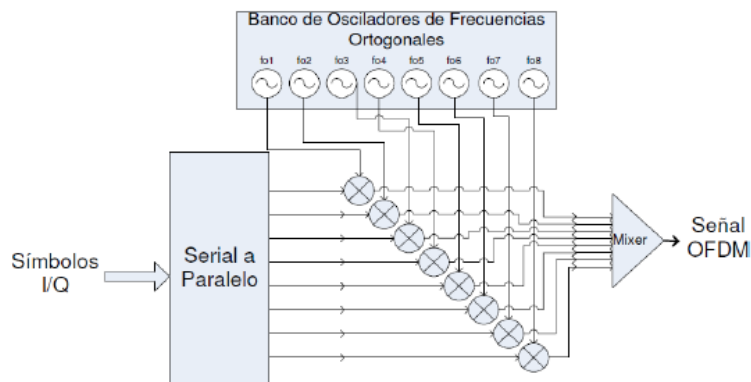


Figura 8. Modulación OFDM empleando 8 portadoras

Tomado de (Kelly R. Fisher, Kathy Hirsh-Pasek, 2012, p. 19)

La cantidad de subportadoras es determinado por el ancho de banda del canal, el tiempo de símbolo y la velocidad de flujo de datos.

1.3.1 Sistema OFDM

En la figura 9, se muestra el flujo de datos y la transformación de la señal analógica digital empleando la transformada rápida de Fourier, en la entrada se tiene una secuencia serial de datos los mismos que se dividen en porciones de datos paralelos con una longitud de n bits por símbolo. La nueva trama de datos denominados símbolos se la tiene a la salida del mapeador donde cada símbolo se le asigna una subportadora mediante la IFFT. La velocidad por bit es mínima debido a la pequeña cantidad de datos transportados en cada subportadora, al emplear un buffer se puede almacenar datos mapeados y así obtener los símbolos OFDM. La IFFT trabaja con portadoras dividiendo el ancho de banda de forma equitativa para las diferentes subportadoras. El proceso IFFT y la trama de datos paralelos forman la modulación OFDM. Al finalizar el proceso de modulación OFDM los datos pasan a un formato serial

donde a cada símbolo OFDM se le agrega un intervalo de guarda evitando la interferencia entre símbolos (ISI), generada por la distorsión multitrayectoria. Finalmente la señal OFDM mediante un conversor D/A genera una señal análoga en banda base que es modulada y transmitida por medio de un canal que adhiere ruido blanco Gaussiano y desvanecimiento multitrayectoria. En el receptor la señal recibida se transforma en una señal digital al pasar por un conversor A/D dirigiéndose a un proceso de sincronización para aplicar la FFT.

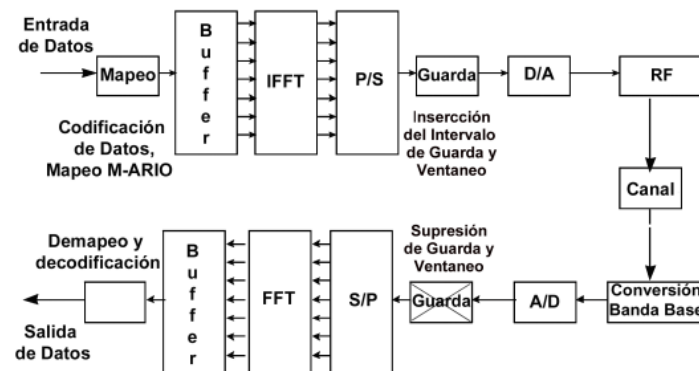


Figura 9. Diagrama esquemático del sistema OFDM
Tomado de (Orosco, Pintos, & Ramos, 2012, p. 2)

1.3.2 Ortogonalidad

En OFDM se puede evitar la interferencia de la portadora adyacente cuando las portadoras son incluidas en una sola señal permitiendo que las bandas laterales de cada portadora se solapen.

Un conjunto de señales son ortogonales si:

$$\int_a^b \Psi_p \Psi_q^*(t) dt = \begin{cases} K & \text{para } p = q \\ 0 & \text{para } p \neq q \end{cases} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

* Denota el conjugado complejo.

Ψ_p Es el p-esimo elemento del conjunto.

1.3.3 Intervalo de guarda

En OFDM para rellenar símbolos se emplea el relleno de ceros (ZP) y el prefijo cíclico (CP), las dos opciones se usan para conservar la ortogonalidad y evitar la interferencia inter-símbolo (ISI), en el caso de (ZP) se adhiere una secuencia de ceros en la creación de los símbolos donde el prefijo cíclico y (ZP) mantienen una misma longitud (Gallardo, 2006, p. 10).

En la figura 10, se muestra el relleno de ceros en el intervalo de guarda donde se completa un símbolo para obtener la misma magnitud de tiempo en cada símbolo.

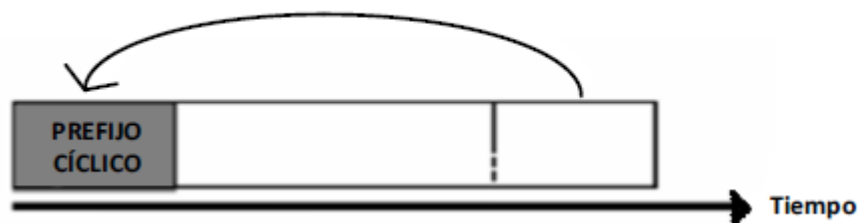


Figura 10. Prefijo cíclico

Tomado de (Gallardo, 2006, p. 10)

1.4 Transformada rápida de Fourier

La demodulación y modulación se analizan en el tiempo discreto mediante la transformada rápida de Fourier la cual divide una señal continua en miles de portadoras, formando la multiplexación OFDM y haciendo a cada portadora equidistante entre sí.

Al trabajar con datos digitales la señal se muestrea mediante señales discretas para poder analizar la señal en frecuencia, con lo que es un requisito emplear la transformada de Fourier sobre una señal muestreada DTFT (*Discret Time Fourier Transform*).

Al emplear la DFT (*Discrete Fourier Transform*), como resultado se obtendrá una cantidad de muestras en el dominio de la frecuencia igual al número de muestras tomadas en el intervalo del tiempo, como consecuencia se tiene el uso excesivo de memoria, donde entre más muestras maneje la DFT mayor debería ser la capacidad de memoria con la que trabaje, ya que puede colapsar debido a la serie de multiplicaciones y sumas que realiza este proceso. La FFT fue diseñada con el propósito de evitar el uso excesivo de memoria al emplear una cantidad menor de multiplicaciones. De la misma forma existe la IFFT en la cual se extrae muestras de la señal para transformarlas al dominio del tiempo estableciendo su ortogonalidad en el dominio de la frecuencia antes de ser transformada (Jarrín, Morejón, 2012, p. 7).

1.5 Aplicación de OFDM en ISDB-Tb

En la figura 11, se muestra la organización del canal radioeléctrico al obtener el uso eficaz del ancho de banda como objetivo del estándar ISDB-Tb, este objetivo se logra al distribuir la señal digital en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia la información entre portadoras, logrando emitir la mayor cantidad de símbolos dentro del cuadro OFDM.

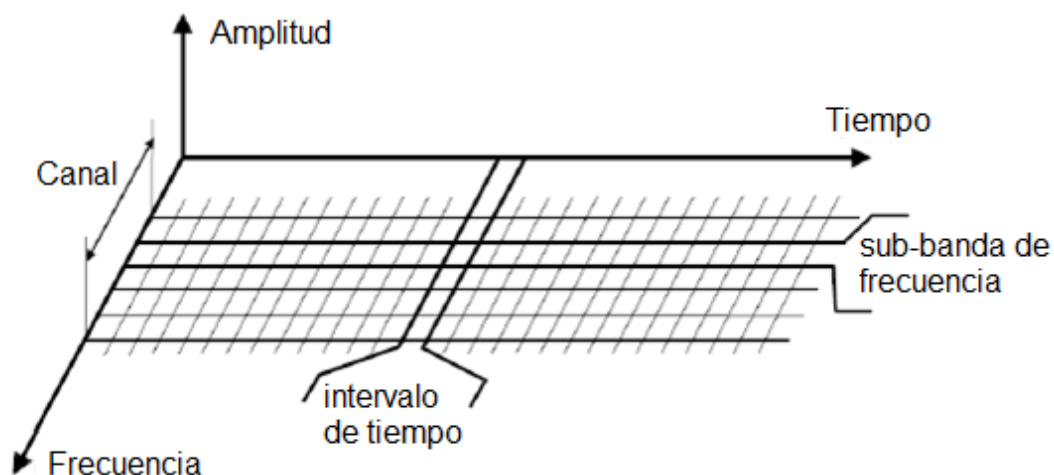


Figura 11. Organización del canal
Tomado de (Pisciotta, 2010, p. 3)

En la figura 12, a cada portadora se otorga una subbanda en el dominio de la frecuencia. Pequeños intervalos conforman el dominio del tiempo. En OFDM, en cada portadora se coloca una sección de frecuencia y tiempo, en un intervalo de tiempo las portadoras transmitidas se las conoce como símbolos OFDM, la unión de símbolos forman un cuadro OFDM y un cuadro es constituido por 204 símbolos.

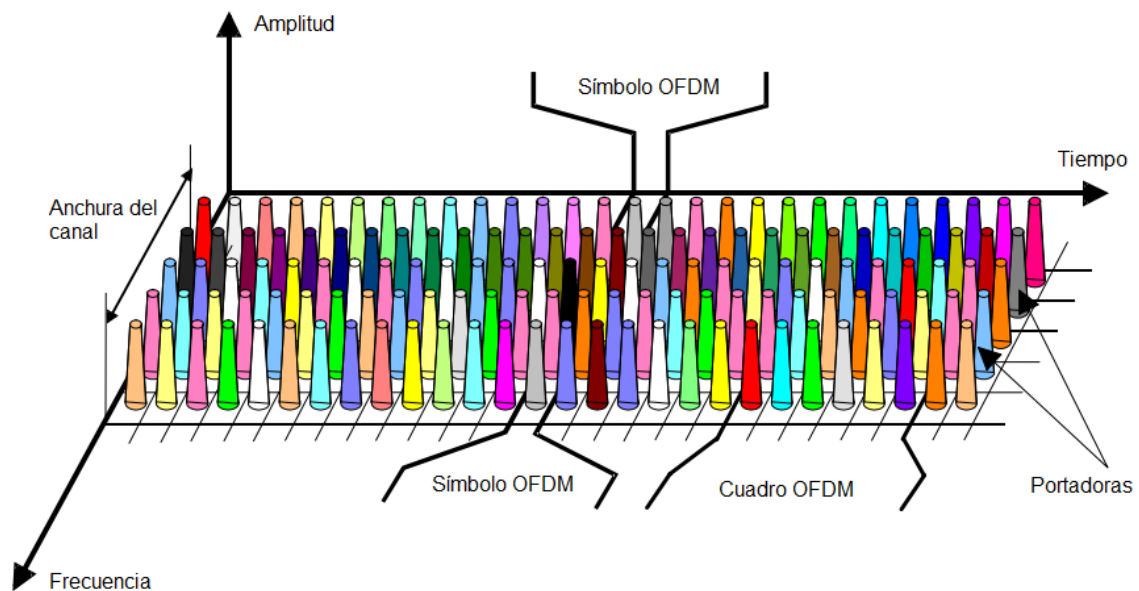


Figura 12. Distribución de tiempo y frecuencia de las portadoras OFDM
Tomado de (Pisciotta, 2010, p. 3)

Emplear la modulación 16QAM, 64QAM, QPSK o DQPSK implica que se puede utilizar 2, 4 o 6 bits de datos para modular la portadora.

1.6 Red de frecuencia única SFN

Para cubrir del servicio de TDT en el sur de la ciudad la solución es emplear una SFN en un punto estratégico (Cerro Atacazo) aprovechando el ancho de banda al trabajar en la misma frecuencia la estación repetidora y la estación auxiliar.

En una SFN se emplea un solo canal de frecuencia en una red *broadcast* donde varias estaciones transmiten la señal en un mismo instante de tiempo dentro de un mismo canal de frecuencia eliminando la interferencia entre estaciones, además de las zonas de sombra, logrando una mejor área de cobertura en el servicio emitido, esto se logra por el uso de la multiplexación OFDM en el estándar ISDB-Tb con lo que al emplear la técnica multitrayectoria en OFDM dentro de la red se tiene robustez ante el ruido blanco y ruido impulsivo, definiendo el ruido blanco al que surge dentro de los receptores mientras que el ruido impulsivo afecta al sistema de frecuencias en un rango de 500MHz (Páramo, 2016, p. 221).

En la figura 13, se muestra la estructura con la que una SFN trabaja al modular la señal de forma síncrona por cada transmisor de TDT, lo ideal es realizar la transmisión en un mismo instante de tiempo; debido a la distancia entre el abonado y las repetidoras, el tiempo de recepción de la señal no será el mismo, empleando retardos controlados en los transmisores para evitar la interferencia de la señal después de un tiempo de guarda específico.

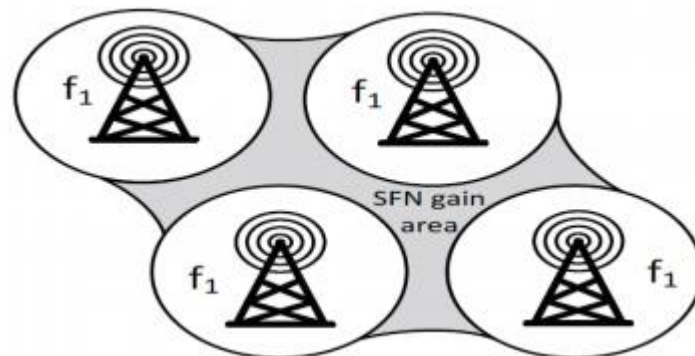


Figura 13. Topología de una SFN

Tomado de (Páramo, 2016, p. 221)

1.6.1 Características

- **Espectro radioeléctrico:** Con respecto a la televisión digital MFN (*Multiple Frequency Network*) y la televisión analógica, las redes de frecuencia

única emplean una sola frecuencia dentro del área a cubrir en el cual se usan canales de frecuencia para transmitir una señal evitando la interferencia co-canal (Jarrín, Morejón, 2012, p. 12).

- **Eliminar zonas de sombra usando el mismo canal de frecuencia:** Al emplear *gap-fillers* se puede eliminar las zonas de sombra sin la necesidad de desperdiciar rangos de frecuencia (Jarrín, Morejón, 2012, p. 12).
- **Cobertura robusta:** Se obtiene una señal más robusta y de mayor intensidad al aplicar la técnica de transmisión OFDM la misma que reordena las señales que tienen un retraso en el tiempo haciendo uso de la memoria para ser combinadas en el receptor (Jarrín, Morejón, 2012, p. 12).
- **Menor potencia al transmitir:** Los sistemas de transmisión analógicos necesitan mayor potencia que los sistemas de transmisión digital se induce que dentro del tiempo de símbolo dos o más transmisores pueden llegar a un receptor, produciendo mayor ganancia al sumar las señales de los transmisores (Jarrín, Morejón, 2012, p. 12).

1.6.2 Funcionamiento

En la figura 14, se muestra como las señales multitrayectoria de cada transmisor se modula de forma síncrona para lograr que al receptor ingrese las señal en el tiempo de símbolo, logrando agrupar y ordenar la señal; las señales multitrayectoria son señales reflejadas por obstáculos entre el emisor y el receptor la misma que llega al receptor con retardo (Jalbani, 2000, p. 5).

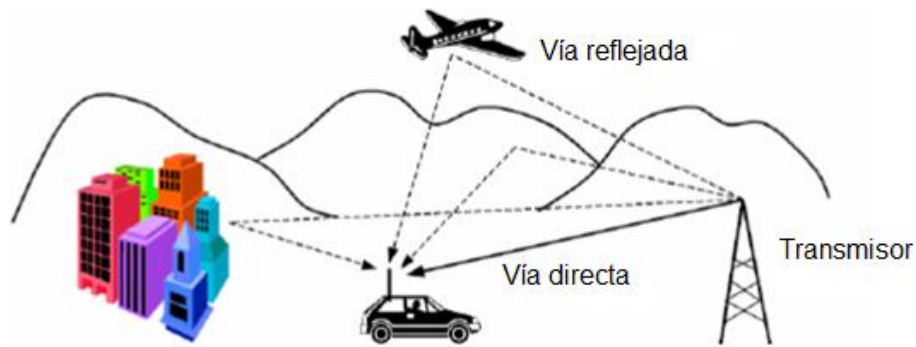


Figura 14. Señales multitrayectoria

Tomado de (Jalbani, 2000, p. 5)

En la figura 15, se muestra el retardo de la señal, proveniente de señales multitrayectoria y otros transmisores generan interferencia debido a que el receptor recibe la señal fuera del tiempo de símbolo denominando ruido a estas señales que llegan después del rango de tiempo en el que trabaja el tiempo de símbolo (Ligeti, 1999, p. 5).

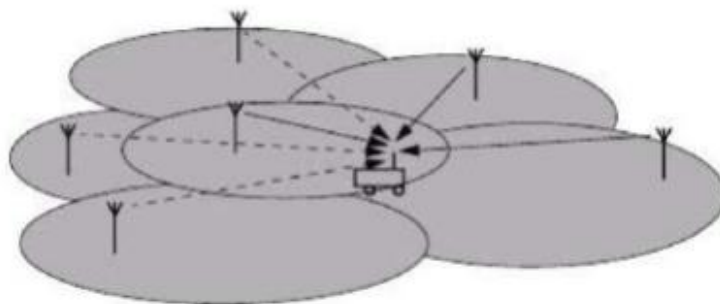


Figura 15. Retardo de la señal

Tomado de (Ligeti, 1999, p. 5)

1.6.3 Tipos de SFN

1.6.3.1 Redes de frecuencia única de ámbito extenso

Estas redes se basan en dar cobertura a un gran territorio empleando transmisores con la misma programación y la adherencia de sincronización

entre los transmisores, evitando la interferencia con el uso de retardos en los transmisores (Páramo, 2016, p. 222).

1.6.3.2 Redes de frecuencia única de ámbito reducido

Este tipo de red se emplea para dar servicio local a un territorio con un radio de 20 [km] la desventaja es la interferencia con otras redes en territorios diferentes (Páramo, 2016, p. 222).

1.6.3.3 Redes de frecuencia única centralizada

Está formado por un modulador OFDM y varios transmisores, funciona enviando al multiplexor el contenido de audio y video (programa) desde el codificador formando una trama BTS, seguido la trama BTS ingresa al modulador OFDM, después el modulador OFDM emite la señal hasta los diversos transmisores empleando una red de transporte de fibra óptica, microonda, satélite entre otros (Erazo, 2009, p. 64).

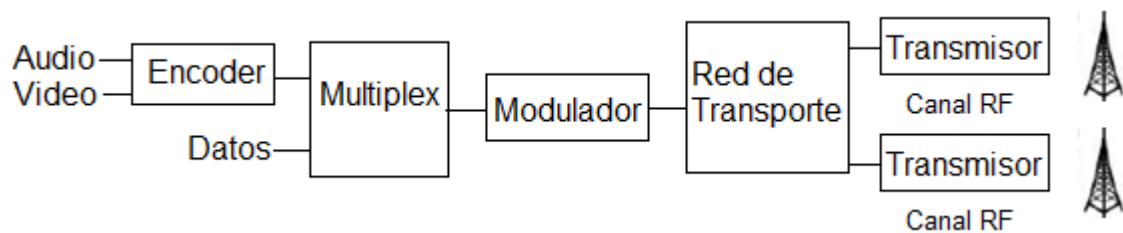


Figura 16. Red de frecuencia única centralizada

Tomado de (Erazo, 2009, p. 64)

1.6.3.4 Red de frecuencia única descentralizada

Esta constituido de un modulador OFDM para cada transmisor, en el cual se envían los datos al multiplexor junto con las señales codificadas de audio y video, enviando por la red de transporte la trama BTS hasta el respectivo

transmisor empleando la red de transporte donde finalmente se establece en el canal de radiofrecuencia, para comenzar la transmisión (Erazo, 2009, p. 65).

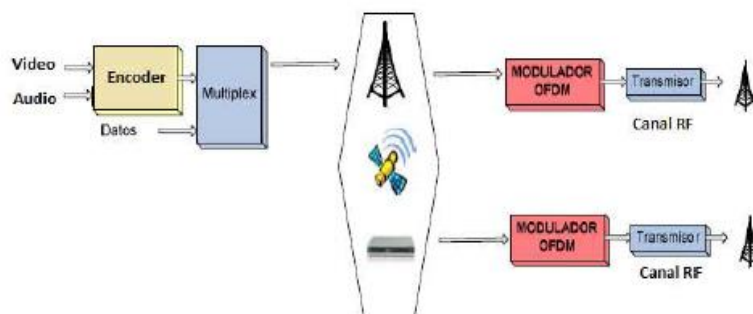


Figura 17. Red de frecuencia única descentralizada

Tomado de (Erazo, 2009, p. 65)

En la expansión del servicio de TDT se prevé una SFN de ámbito extenso, empleando el uso de *gap-fillers* con lo cual se eliminarán las zonas de sombra.

1.7 Gap-Fillers

El *gap-filler* también es conocido como un rellenedor de zonas de sombra empleado en los sistemas digitales de *broadcast* encargado de cubrir el servicio en el territorio, eliminando las zonas de sombra y obteniendo un nivel de recepción satisfactorio, configurados con una potencia limitada de pocos *watios* para evitar la realimentación de la señal a la entrada y salida del equipo.

Su principal ventaja es que los *gap-fillers* no necesitan de dispositivos adicionales como un modulador, receptor satelital entre otros; esto se debe a que el *gap-filler* solo retransmite la señal que recibe, pero algunos poseen un sistema de regeneración de la señal antes de retransmitir, su aplicación es popular por sus bajos costos, poco consumo de energía eléctrica y porque solo basta con la implementación de una antena receptora para llevar la señal al *gap-filler* descartando el uso de una red de transporte, su implementación es ordinaria ya que solo se necesitan antenas de recepción y transmisión para que el *gap-filler* funcione.

Se pueden presentar dos situaciones en las cuales se empleen los *gap-fillers*, la primera es cuando el nivel de la señal es nulo, esto se puede dar en sótanos o lugares cerrados en donde la señal solo es retransmitida por el gap-filler sin regenerar la misma. El segundo caso es donde la intensidad de la señal es baja debido a la presencia de un obstáculo donde se necesita emplear un cancelador de ecos para que la señal de entrada se regenere y se retransmita eliminando la interferencia. En estas dos situaciones se puede eliminar la interferencia insertando retardos en el tiempo logrando que la señal se reciba en el tiempo de símbolo. El cancelador de ecos surge debido al uso del mismo canal de frecuencia dando paso a un algoritmo que elimina los efectos de la retroalimentación (Jarrín, Morejón, 2012, p. 12).

1.7.1 Funcionamiento

En la figura 18, se detalla el flujo de la señal digital donde la estación auxiliar recibe la señal ISDB-Tb emitida por la estación repetidora, la señal es amplificada y por medio de la guía de onda pasa al sistema transmisor para emitir una nueva señal ISDB-Tb por medio de una red *broadcast*.

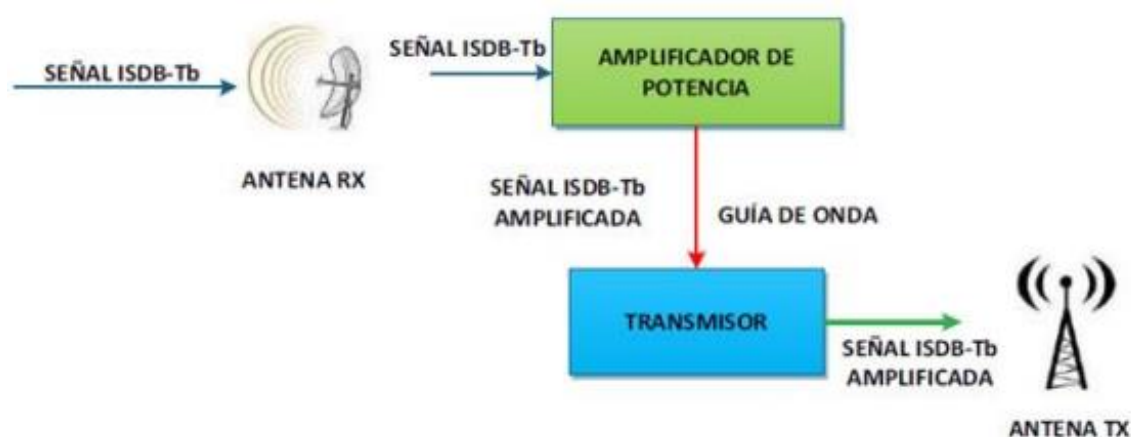


Figura 18. Diagrama de bloques de un Gap-filler

Tomado de (Saca, 2013, p. 103)

1.7.2 Tipos de gap-fillers

En base a la potencia de transmisión:

Potencia baja: Trabajan en un rango de 100mW ~5W RMS.

Potencia media: Trabajan en un rango de 5W 25W RMS.

Potencia alta: Trabaja en un rango mayor a 50W RMS.

En la figura 19, se muestra la separación de los componentes de un *gap-filler*, debido a la corta distancia en la cual se encuentran los componentes del *gap-filler* ubicados en la misma torre, se debe evitar la interferencia entre la antena que recibe la señal ISDB-Tb y la antena transmisora, la solución es mantener una distancia prudente entre antenas para evitar la retroalimentación de la señal en la antena receptora.

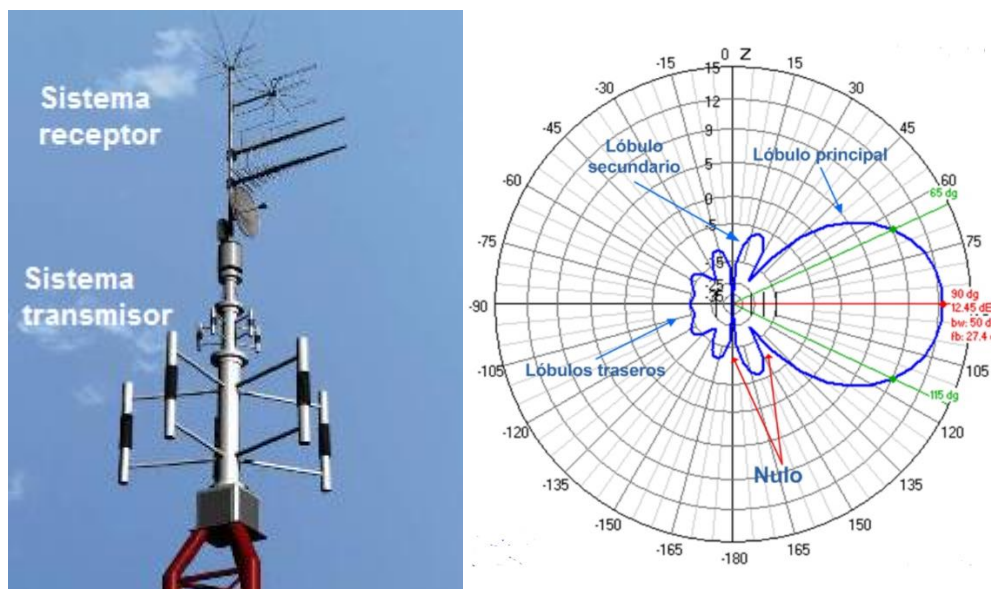


Figura 19. Separación de los componentes del *gap-filler* y lóbulo de radiación

El diagrama de radiación de la antena transmisora es de 90° , es decir al ser una representación gráfica de la radiación de energía de la antena transmisora desde el lóbulo de máxima radiación se abre 45° a la izquierda y 45° a la derecha.

2. SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL EN PICHINCHA

Una cobertura fiable en el sur de la provincia de Pichincha denominada zona geográfica P es de vital importancia para Ecuador TV, por el afán de brindar un servicio de calidad el canal emplea un equipo para predecir la cobertura, sin embargo debido a que es imposible mejorar la red de TDT en la región sin un previo estudio, se necesitan una serie de mediciones de intensidad de campo para proceder a expandir la infraestructura de red y el servicio de TDT. En la toma de datos se utiliza la metodología experimental, con lo cual se obtendrá pruebas de calidad de servicio de Televisión Digital Terrestre en barrios donde la calidad del servicio sea mala, las mismas que se realizaran con un medidor de intensidad de campo.

En el presente capítulo se obtendrán todos los datos de las pruebas de intensidad de campo con la ayuda de un equipo *Rohde & Schwarz*, se detalla la correcta configuración del equipo para una toma precisa de resultados de TDT, además, con la ayuda del software *BCDrive Broadcast Drive Test* se genera un archivo (.kmz) el cual se lo puede emular en el software *Google Earth* y visualizar el nivel de señal en la trayectoria medida.

Al finalizar con la toma de resultados se pasara a la etapa de análisis de resultados donde se aclara la razón de los datos obtenidos.

2.1 *BCDRIVE Broadcast Drive Test Software*

El software *BCDRIVE Broadcast Drive Test*, gestiona la toma de datos de forma rápida y precisa siendo fabricado en base a una variedad de normas de radiodifusión terrestre, en su funcionamiento se ayuda de un módulo GPS el cual permite desplegar las muestras obtenidas en la trayectoria a explorar y una antena directiva ubicada a 3 metros de altura necesaria en la recepción del nivel de señal digital.

2.1.1 Ventajas

- Obtención de medidas de campo empleando múltiples frecuencias.
- Procesamiento efectivo de los resultados de medición hasta *Google Earth*.

2.1.2 Funcionamiento

Se utiliza un sistema móvil para la recepción de niveles de intensidad de campo, empleando el diagrama del sistema de medición del estándar ATSC (*Advanced Television System Committee*), en el sistema de recepción se utiliza una antena direccional UHF y un módulo GPS.

En la figura 20, se detalla el diagrama del sistema de medición empleado en el estándar ISDB-Tb para la captura de niveles de intensidad de campo generados por una SFN para evaluar el desempeño del estándar de televisión digital.

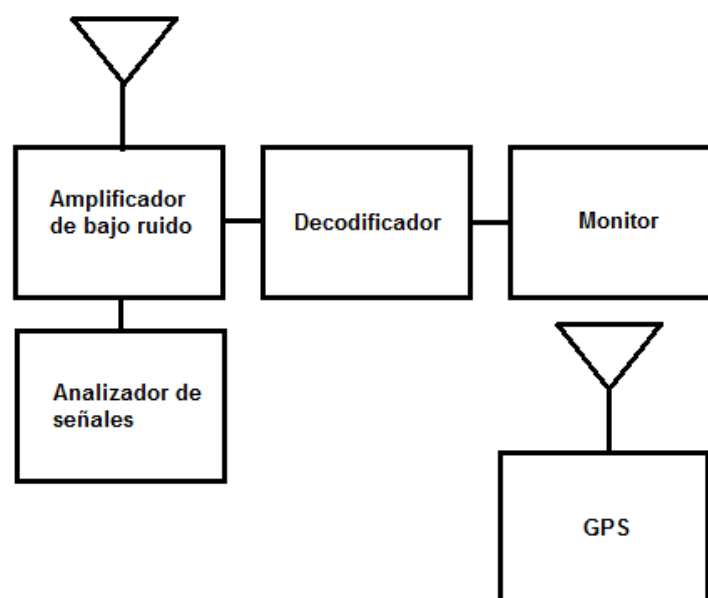


Figura 20. Diagrama del sistema de medición

Se emplean las recomendaciones emitidas por la UIT y la ATSC para el sistema de recepción de medidas SFN-ATSC de TDT.

2.2 Cálculo directo de la intensidad de campo recibida

La antena cumple un rol importante en la toma de datos debido a que es el factor decisivo en el análisis de cobertura por tal razón el equipo incorpora la función de un transductor que emplea los parámetros de la antena para calcular la intensidad de campo.

El cálculo directo es posible mediante el ingreso del factor de la antena (factor K), donde el factor de la antena es la relación entre el campo eléctrico recogido por la antena E y la tensión que se da a la salida V_0 , esta característica se interpola para obtener valores provisionales evitando el ingreso manual de datos en cada punto medido.

2.2.1 Cálculo del factor de antena

Datos:

Ancho del canal: 6 [MHz]

Rango de frecuencias: 506 – 512 [MHz]

Frecuencia central: 509 [MHz]

Ganancia de la antena 2.15 [dB]

Cantidades y unidades de medida:

G_{antena}	Ganancia de la antena relativa
K	Factor de antena
F	Frecuencia
E	Componente de intensidad de campo eléctrico
V_0	Tensión de salida de la antena en su carga nominal
R_N	Resistencia nominal

2.2.1.1 Principios teóricos del factor de antena

La tensión V_0 es inducida por la intensidad de campo eléctrico E desde la base de la antena donde en función de la frecuencia se encuentra la tensión inducida y la intensidad de campo eléctrico, finalmente se puede obtener el factor de antena K implicado en el sistema de recepción con una resistencia nominal de carga R_N de 75 [Ω] al dividir la intensidad de campo eléctrico E para la tensión de salida V_0 . (E, C. R. 74-02, 1999, p. 3).

$$K = \frac{E}{V_0} \quad (\text{Ecuación 3})$$

La ganancia de una antena con respecto a una antena isotrópica G_i o relativa a un dipolo de media onda con frecuencia se da en lugar del factor de antena K . La relación entre la ganancia de una antena y el factor K que emplee una resistencia nominal de carga de 75 [Ω], está dada por:

$$K \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) = \frac{F(\text{MHz})}{37.75 \cdot \sqrt{G_{\text{antena}}(\text{dB})}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

La fórmula puede ser dada en forma logarítmica:

$$K \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) = 20 \log_{10} F(\text{MHz}) - G_{\text{antena}}(\text{dB}) - 29.8(\text{dB}) \quad (\text{Ecuación 5})$$

En el canal 26:

Tabla 5: *Factor K para el canal 26 de Ecuador Tv*

Rango de Frecuencias	Factor K (dB/m)
506 MHz	22,13
509 MHz	22,18
512 MHz	22,23

2.3 Informe UIT-R BT.2035-2

Dentro del informe se establecen características a considerar para un análisis del sistema de radiodifusión terrena. Para realizar la medición de intensidad de campo se toman en cuenta los siguientes datos.

- Intensidad de campo
- Umbral de ruido
- Relación C/N
- Bit Error Rate (BER)
- Perfil de retardo (respuesta al impulso del canal)
- Calibración del sistema de medida
- Detalle del emplazamiento (coordenadas geográficas)

2.4 Recepción de datos

Para un sistema de captura de datos nos regimos en el paso de la señal definida en el estándar ATSC obtenida de los niveles de recepción en las pruebas de campo.

En la figura 21, se muestra el diagrama de bloques del estándar ATSC el cual define el ingreso de la señal a una antena de recepción dirigiéndola a los equipos correspondientes para realizar la extracción y el almacenamiento de datos.

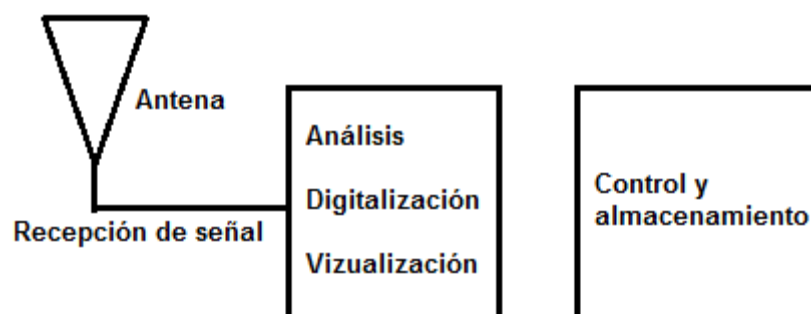


Figura 21. Diagrama del sistema de captura de medidas

Al trabajar sobre una red SFN es fundamental emplear un receptor GPS para obtener los valores medidos en el transcurso del recorrido a explorar.

2.5 Equipos utilizados en las mediciones

- Equipo medidor de Intensidad de campo *R&S BC DRIVE Broadcast Drive Test*.
- Antena receptora direccional UHF.
- Modulo GPS.

Para la toma de resultados en la medición se emplea una antena direccional receptora UHF tipo dipolo de media onda con una ganancia de 2.15 [dB] y un módulo GPS, trabajan en conjunto con el equipo *BC Drive Broadcast Drive Test*.

2.6 Manual de configuración *R&S BCDRIVE Broadcast Drive Test*

El software *BCDRIVE* es una aplicación amigable para el usuario, ya que cuenta con una interfaz gráfica en la misma que se pueden configurar algunos parámetros como:

- Rango de frecuencia.
- Tipo de antena.
- Factor K de la antena.

A continuación se detalla el proceso para realizar pruebas de campo.

Paso 1:

Después de encender el analizador *R&S TV Analyzer ETL*, ingresamos a la opción *MODE* y seleccionamos la opción "*R&S Broadcast Drive Test*" descrita en la figura 22.

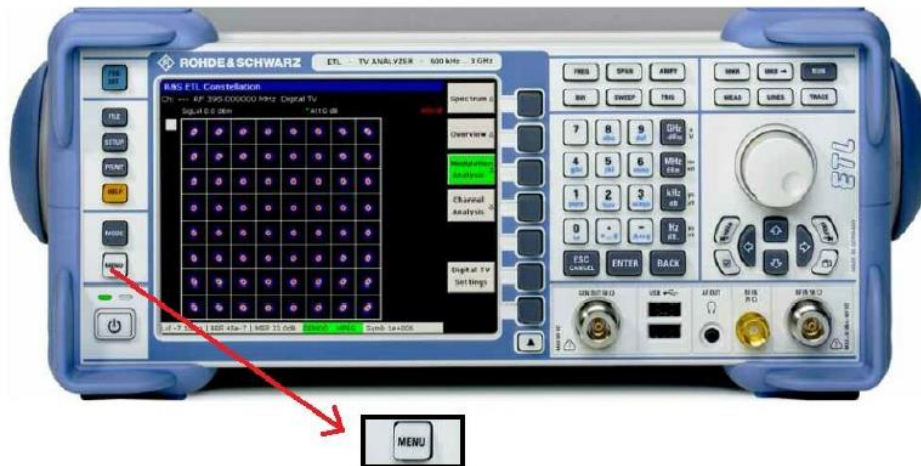


Figura 22. Ingreso al menú del equipo

Paso 2:

Al ingresar, se obtiene tres opciones de trabajo.

- *Perform a new drive test*
- *Visualize your drive test results with a Google Earth (R) file.*
- *Postprocess your drive test results with a spreadsheet (.csv) file.*

Se trabaja con las dos primeras opciones de forma secuencial.

Paso 3:

Seleccionar la opción “*Perform a new drive test*”.

Se permite configurar los parámetros técnicos para la recopilación de la información.

Sub-Proceso 1: Donde se asigna una ruta en la cual se almacenan los archivos a generar “Disco C:\ProgramFiles\RohdeSchwazer\Mediciones”.

Donde:

- **Broadcast standard.-** Elige el estándar de televisión digital con el que se trabaja “ISDB-T”.
- **Level Unit.-** Elige la unidad en la que se representa las mediciones de campo [dB μ V/m].
- **Distance unit.-** Elige la unidad con respecto a la medición y a la distancia en la que se recopila la información [Km].

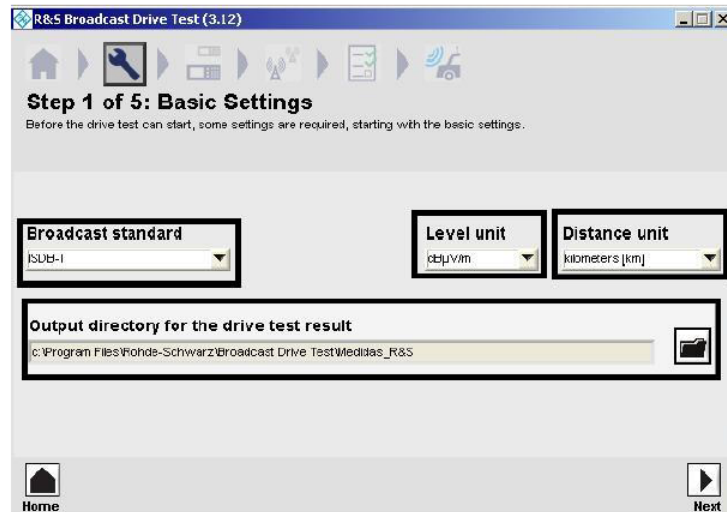


Figura 23. Configuración del estándar de Tv y unidades de medición

Sub-Proceso 2: Procedemos a seleccionar el hardware con el que se trabajará.

- **Selection:** Selecciona el modulo GPS, en este caso se selecciona (R&S TSMX - PPS).
- **Input:** Selecciona la impedancia de entrada en un rango de 50 o 75 [Ω].
- **Antenna:** Selección el tipo de antena con la que se receptara la medición.

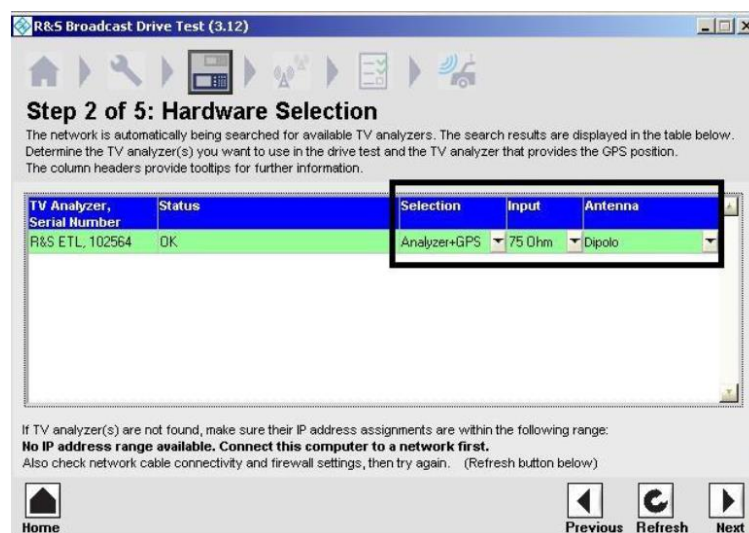


Figura 24. Configuración de Hardware



Figura 25. Selección del módulo GPS

Con relación al rango de frecuencias deseado se procede a ingresar el factor K, se emplea la (Ecuación 5) al realizar el cálculo del canal digital de Ecuador Tv.

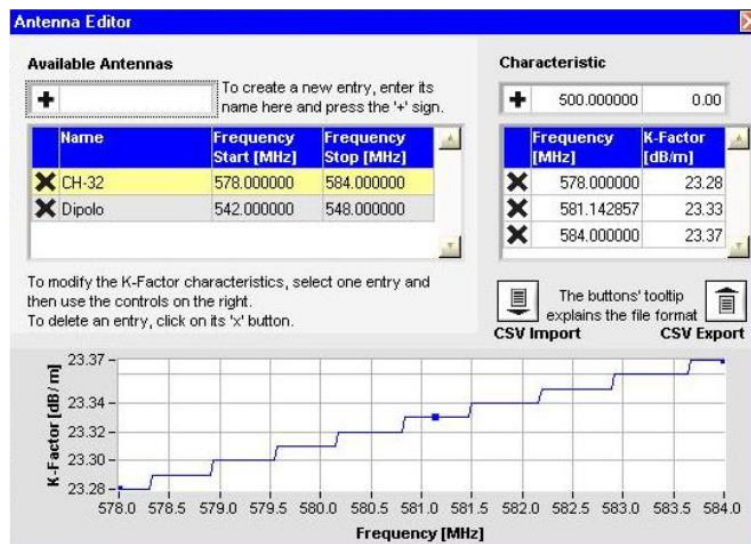


Figura 26. Configuración de parámetros de la antena

Paso 3:

Signal Selection.- Permite ingresar la frecuencia central y brindar un nombre al estudio del *Drive Test*.

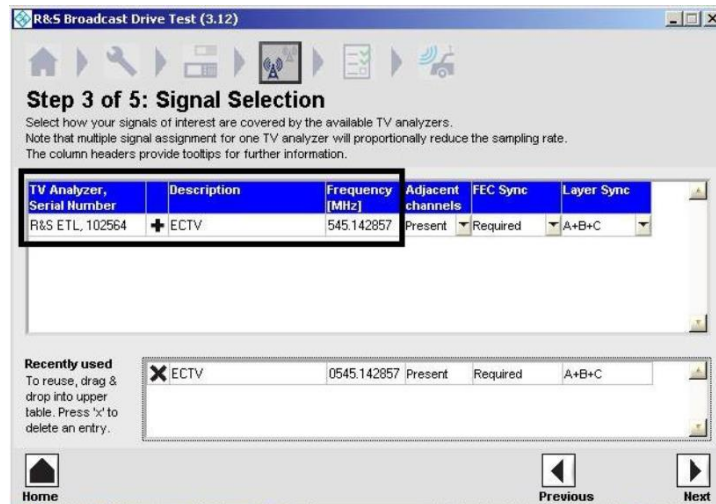


Figura 27. Configuración de frecuencia intermedia

Al culminar con el proceso el equipo genera un archivo (.dtr) necesario para exportar la toma de muestras hasta *Google Earth*.

2.7 Despliegue de resultados en *Google Earth*

Para visualizar los resultados obtenidos se elige la opción *Visualize your drive test*.

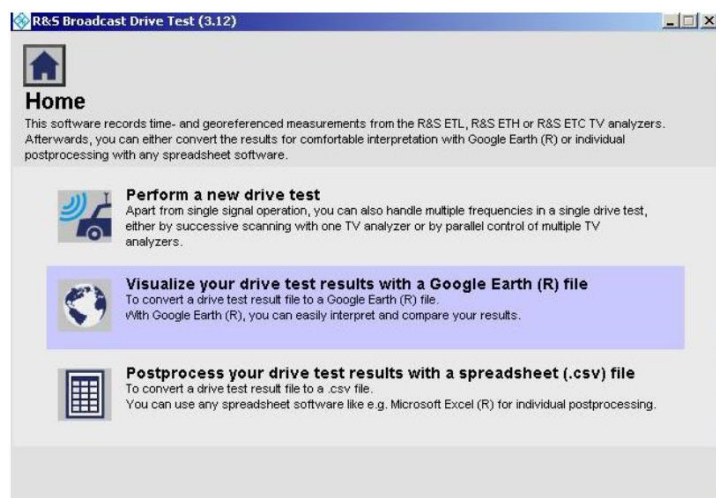


Figura 28. Importación de archivos a *Google Earth*

Paso 1:

File Selection: Permite cargar los archivos (.dtr) desde Disco C:\Mediciones\Nombre.dtr, el cual es un archivo que contiene los valores del nivel de intensidad de campo distribuido en coordenadas específicas.

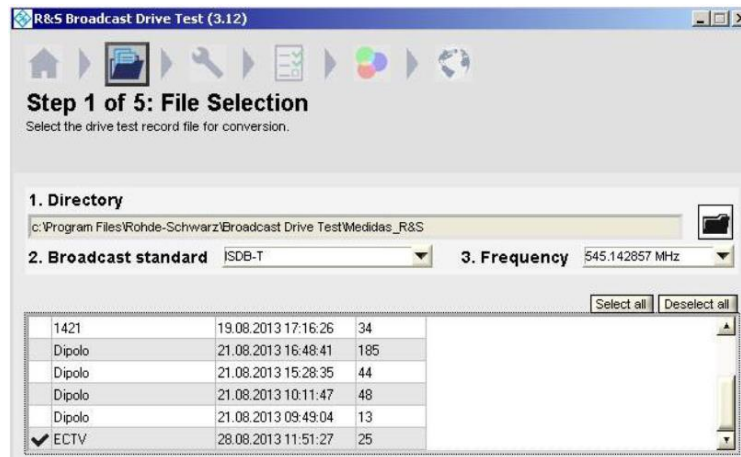


Figura 29. Selección de archivo (.dtr)

Paso 2:

Level configuration.- Permite seleccionar la unidad con la que se visualizan las mediciones.

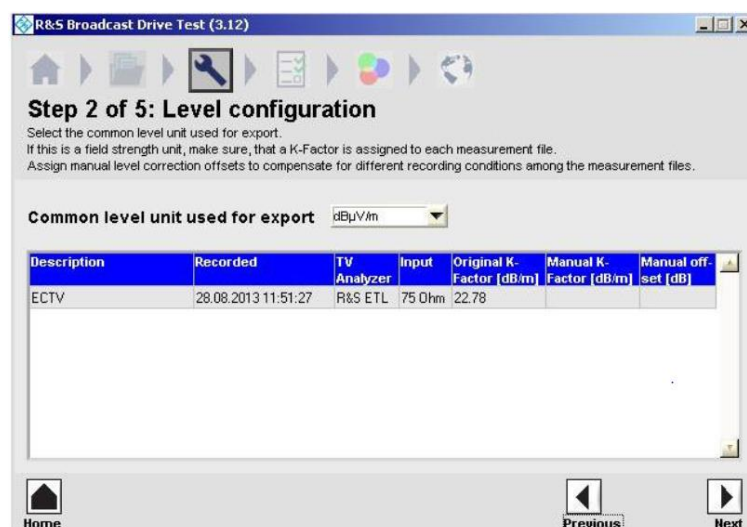


Figura 30. Parámetros de configuración

Paso 3:

Scope Selection.- Permite seleccionar los parámetros que se desea visualizar en la simulación.

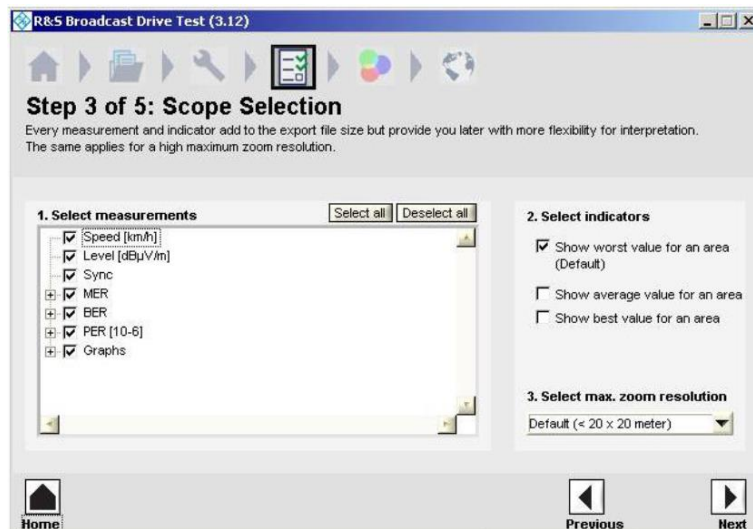


Figura 31. Discriminación de mediciones

Paso 4:

Color Assignment.- Permite configurar valores a una escala de colores con un valor mínimo de recepción de $[51dB\mu V/m]$.

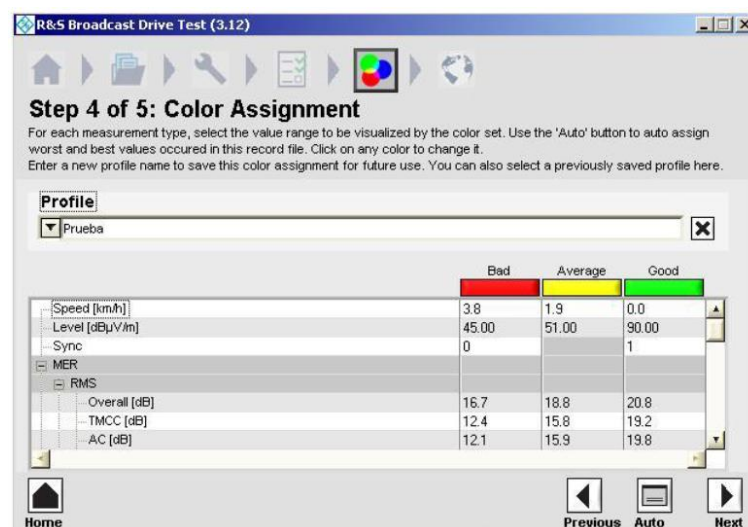


Figura 32. Asignación de colores a parámetros a ser medidos

Paso 5:

Generación de archivos (.kmz) y visualización de resultados.



Figura 33. Creación de archivo (.kmz)

2.8 Simulación de resultados

Culminando con la extracción de datos en *Google Earth*, se puede visualizar en el sur de la zona geográfica P los niveles de intensidad de campo medido, donde se obtiene una determinada calidad de recepción.

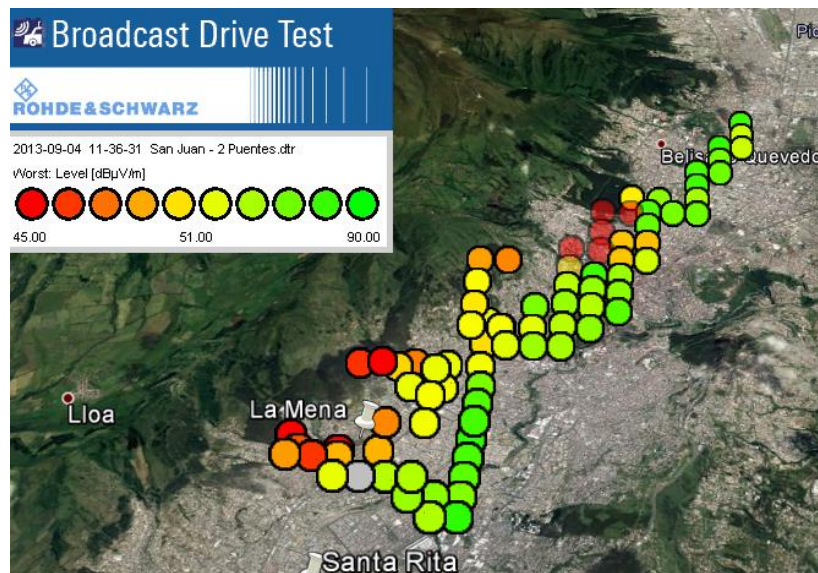


Figura 34. Despliegue de muestras de intensidad de campo

Las muestras tomadas se lo realizo con 6 tramos diferentes agrupados en un archivo (.kmz), recorriendo zonas pobladas del sur de la ciudad. Debido a la zona geográfica P y sus irregularidades en el terreno se puede evidenciar que

el nivel de intensidad de campo no es uniforme en cuanto al área de servicio, notando puntos críticos en los que la señal recibida es inferior a los [51 db μ V/m], medida que el ARCOTEL define como la intensidad de campo mínima a proteger para que la señal de DTV pueda ser procesada por el dispositivo terminal (Anexo 1).

Tabla 6. Nivel de intensidad de campo medido en puntos del sur de Quito

Puntos de mediciones en el sur de la ciudad de Quito					
Referencia	Sector	Latitud	Longitud	Intensidad de campo medido	Observación
Punto 1	La Mena	0° 15' 24.86" S	78° 33' 18.02" O	46.05	Nivel no aceptable
Punto 2	La Mena	0° 15' 27.56" S	78° 33' 7.97" O	47.14	Nivel no aceptable
Punto 3	La Biloxi	0° 15' 31.19" S	78° 33' 0.38" O	46.24	Nivel no aceptable
Punto 4	La Biloxi	0° 15' 35.45" S	78° 32' 51.18" O	50.06	Nivel no aceptable
Punto 5	El pintado	0° 15' 44.33" S	78° 32' 22.04" O	64.65	Nivel aceptable
Punto 6	La Ajaví	0° 15' 15.52" S	78° 31' 59.30" O	84.56	Nivel aceptable
Punto 7	La Raya A	0° 15' 15,23" S	78° 32' 28.58" O	48.45	Nivel no aceptable
Punto 8	Hermano Miguel	0° 14' 4.41" S	78° 31' 58.82" O	55.38	Nivel aceptable
Punto 9	Chilibulo	0° 13' 43.06" S	78° 32' 3.09" O	57.55	Nivel aceptable
Punto 10	Villa Flora	0° 14' 19.90" S	78° 31' 25.02" O	67.86	Nivel aceptable

2.9 Emplazamiento de *Gap-fillers*

En el análisis de la ubicación del *gap-filler* se toma muestras en puntos específicos, debido a las condiciones geográficas de la ciudad de Quito y sus obstáculos se tiene algunos barrios sin cobertura del servicio de TDT, por este motivo se requiere la ubicación de un *gap-filler* con la potencia de transmisión suficiente para poder eliminar la zona de sombra que impide la recepción del servicio. Como se observa en la tabla 7 y en la figura 34, existen puntos críticos donde la señal no cumple con los valores mínimos requeridos por la Arcotel para poder decodificar la señal en el receptor digital.

Tabla 7. Lugares que requieren emplazamientos de *gap-fillers*

Lugar	
1	La Mena Dos
2	La Biloxi
3	Tarqui Uno
4	San José Chilibulo
5	Virgen Pata
6	Chillogallo

La implementación de un solo *gap-filler* será capaz de cubrir con el servicio de TDT en estas zonas del sur de Quito, considerando la ubicación de transmisor, el ángulo de inclinación, el azimut de máxima radiación y la potencia de transmisión.

En el punto donde se coloque la estación auxiliar debe llegar la señal ISDB-Tb de la estación repetidora ubicada en el cerro Pichincha para poder amplificar la señal y trabajar con la misma frecuencia, la estación auxiliar debe ser un punto donde exista línea de vista con la estación repetidora, la potencia del transmisor va a depender de la distancia a la que se encuentre la zona de sombra más lejana y la repetidora auxiliar, por último el ángulo de inclinación y el azimut depende del punto en el que la estación auxiliar se va a colocar.

Tal como define la norma técnica de ISDB-Tb, para la implementación de un *gap-filler* se necesita que la señal de la potencia de transmisión emitida por la estación repetidora llegue hasta la estación auxiliar con su ubicación en el cerro Atacazo, esto es debido a que el *gap-filler* va a retransmitir la señal recibida, programando solo el tiempo de retardo de la señal en las estaciones y evitando la interferencia en tiempo de las dos señales.

3. DISEÑO DE LA RED DE FRECUENCIA ÚNICA EN EL CERRO ATACAZO

Debido a que la estación repetidora ubicada en el cerro Pichincha no brinda cobertura al sur de la ciudad de Quito, para el diseño de una red de frecuencia única se considera establecer la estación auxiliar en el cerro Atacazo, con el objetivo de brindar servicio de TDT en el sur de la ciudad.

En la figura 35, se describe el funcionamiento de la red *broadcast* sus componentes y parámetros a implementar y programar en la estación auxiliar necesarios en el diseño de la red de frecuencia única.

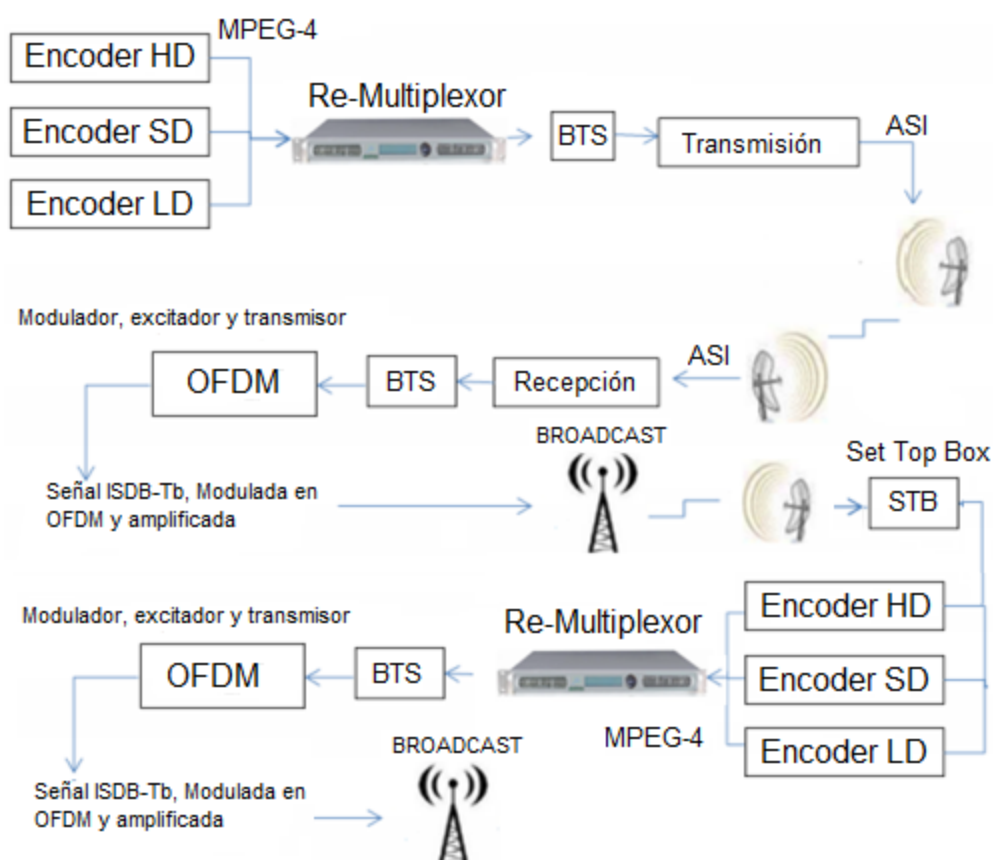


Figura 35. Diagrama de bloques del sistema de transmisión

Se debe enviar la información adquirida en el estudio hasta la estación repetidora y la estación auxiliar para su retransmisión. El diseño comienza con

la compresión del audio y video empleando un *encoder* MPEG-4, pasando la señal al multiplexor generando una señal BTS (*Broadcast Transport Stream*) necesaria para la difusión del servicio, la información llega hasta el cerro Pichincha con el uso de la interfaz ASI (*Asynchronous Serial Interface*) mediante un enlace microonda donde se genera una señal BTS y al pasar por un modulador OFDM se obtiene una señal ISDB-Tb la cual trabaja con una potencia de transmisión de 3 [KW] y por medio del sistema de transmisión se realiza una difusión *broadcast* de la señal ISDB-Tb, esta señal llega sin dificultad a la estación auxiliar, empleando un STB (*Set Top Box*) para recibir la señal digital separando el audio y video de los tres distintos canales transmitidos donde se emplea un *encoder* por cada canal a ser procesado en el multiplexor para generar una señal BTS, enviando la señal a un modulador OFDM para generar la señal ISDB-Tb a emitir en el sistema *brodcast* de la estación auxiliar.

Ecuador Tv en la ciudad de Quito, para la transmisión de la señal ISDB-TB trabaja con el canal físico 26 UHF. El canal transmite una señal *simulcast* debido a la emisión del canal analógico y el canal digital.

Al tener línea de vista entre la estación repetidora y la estación auxiliar se descarta un enlace entre la estación auxiliar y el estudio, este enlace se lo realizara vía microonda, es suficiente implementar una antena receptora en la estación auxiliar para procesar y retransmitir la señal.

Ecuador Tv trabaja con parámetros ISDB-Tb (FEC, tasa de datos, modo intercalo de guarda y modulación digital) del modo tres, los valores se deben respetar y no variarlos ya que estos se basan en pruebas de campo y al modificar uno de los valores afectara a toda la red, seguido se debe definir el alcance en cuanto a la distancia que debe emitir el servicio la estación auxiliar.

3.1 Enlace entre la estación repetidora y la estación auxiliar

El diseño de la red de frecuencia única se basa en una red de ámbito extenso con un transmisor de 3 [KW] ubicado en el cerro Pichincha y un *gap-filler* ubicado en el cerro Atacazo con parámetros de diseño que se detallan en la sección 3.2.

La recepción de señal en el cerro Atacazo será tomada de la señal *broadcast* emitida por el cerro Pichincha, donde el primer paso es verificar la existencia de línea de vista entre las dos estaciones y la correcta recepción de la señal por la antena receptora del cerro Atacazo.

En la simulación del enlace mediante el *software Radio Mobile*, su referencia topográfica (latitud, longitud y altitud) se lo realizó mediante la extracción de datos del mapa referencial SRTM (*Shuttle Radio Topology Mission*), donde en su base de datos establece datos topográficos de alta resolución tomados por el equipo de la NASA.

SRTM en su cartografía digital proporciona datos confiables pero la toma de datos en el área de Ecuador se lo importo con una resolución de 90 [m] es decir se realizó una sola toma de altitud y se desplego el mismo dato de altitud dentro de los 90 [m].

En la figura 36, se puede verificar línea de vista entre la estación repetidora y la estación auxiliar, empleando el *software Radio Mobile*. Con una distancia de 23.42 [Km] entre estaciones, un panorama despejado, la potencia de 3 [KW] empleada al transmitir la señal *broadcast* mediante el uso de la antena de polarización circular/elíptica desde el cerro Pichincha y un nivel de recepción de la señal digital de 88,2 [dB μ V/m] obtenida en la estación auxiliar se concluye que el servicio llega sin problema hasta la ubicación de la estación auxiliar.

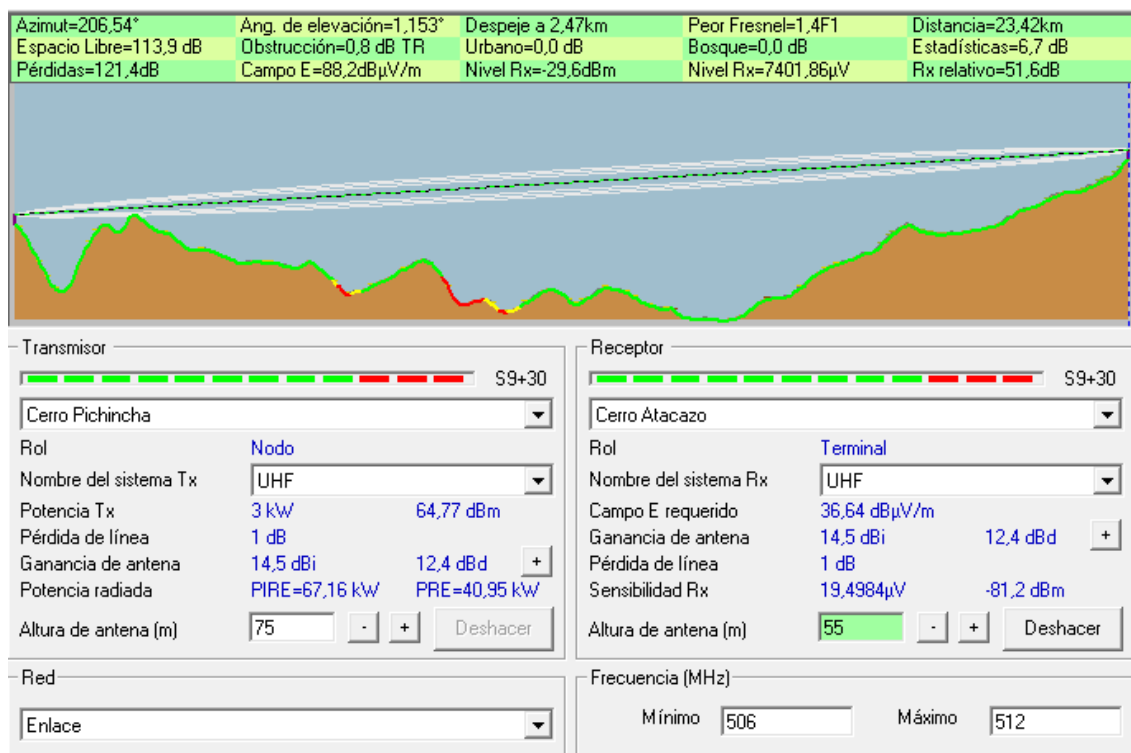


Figura 36. Línea de vista entre estaciones

En el caso del *gap-filler* que será ubicado en el cerro Atacazo el punto de reflexión más lejano donde se desea eliminar la zona de sombra está a una distancia circular de 10.75 [Km] del *gap-filler*. Ésta distancia no se emplea en el cálculo del azimut debido a que se encuentra por el borde de la zona a cubrir y se la tomo como referencia ya que es el punto más lejano de la zona de sombra de la circunferencia a cubrir.

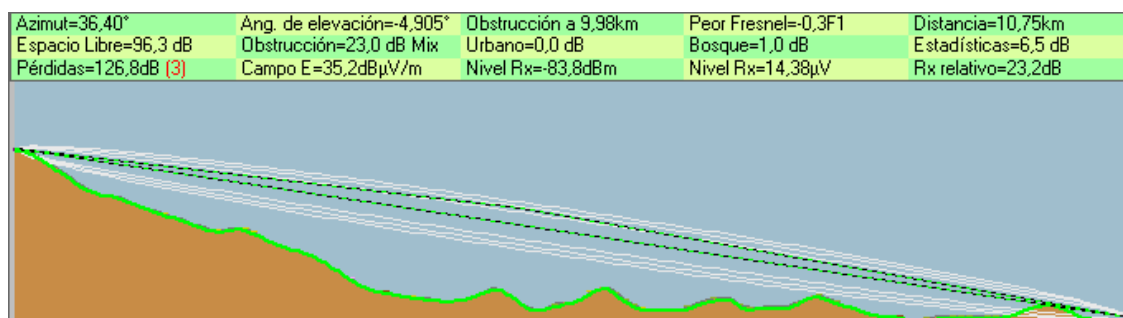


Figura 37. Distancia del punto de reflexión más lejano al *gap-filler*

Los datos de la ubicación de la estación auxiliar se detallan en la tabla 8.

Tabla 8. *Coordenadas de la estación auxiliar*

Cerro Atacazo				
Latitud	0°	19'	6,9"	S
Longitud	78°	36'	30"	O
Altitud	3848,3 [m.s.n.m]			

3.1.1 Pérdidas en el espacio libre

La pérdida de potencia entre dos antenas que irradian una onda electromagnética en línea recta se denomina pérdida en el espacio libre y se genera debido al ensanchamiento del frente de onda. Éste problema se genera debido a que el frente de onda se torna cada vez mayor y la energía emitida se puede dispersar o ser absorbida por obstáculos. La ecuación 13, permite obtener un valor real de las pérdidas en el espacio libre en la mejor condición evadiendo los obstáculos de la zona geográfica.

$$L_{FS} = 32.45 + 20 * \log_{10}(d) + 20 * \log_{10}(f) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

d Distancia del transmisor al punto más lejano

f Frecuencia de la portadora en [MHz]

L_{FS} Pérdidas en el espacio libre [dB]

$$L_{FS} = 32.45 + 20 * \log_{10}(23.42) + 20 * \log_{10}(512) = 114.02 \text{ [dB]}$$

3.1.2 Potencia isotrópica radiada (PIRE)

El PIRE también conocido como la potencia isotrópica radiada equivalente se lo denomina así debido a que la antena debe alcanzar la potencia máxima a irradiar para lograr tener la misma cantidad de potencia en la dirección de máxima ganancia del lóbulo principal. (Vazquez, 2015, p 101).

$$PIRE = P_t - L_c + G_a \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

P_t Potencia de transmisión [dBm]

L_c Perdida del cable [dB], (Tomado del título habilitante de RTV Ecuador)

G_a Ganancia de la antena [dBi] (Tomado del título habilitante de RTV Ecuador)

Se procede a convertir la potencia irradiada desde el cerro Pichincha de 3 [KW] a decibelio mili-watio [dBm] por medio de la ecuación 8.

$$[dBm] = 10 * \log_{10}[mW] \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$P_t = 10 * \log_{10}[3000000] = 64.77 [dBm]$$

$$PIRE = 64.77 - 3.32 + 14 = 75.45 [dBm]$$

3.1.3 Potencia de recepción

$$P_r = P_t - P_{Ctx} + G_{Atx} - L_{FS} + G_{Arx} - L_{Crx} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

P_r Potencia de recepción [dBm]

P_t Potencia del transmisor [dBm]

P_{Ctx} Perdidas en el cable [dB]

G_{Atx} Ganancia en la antena transmisora [dBi]

L_{FS} Perdidas en el espacio libre [dB]

G_{Arx} Ganancia en la antena receptora

P_{Crx} Perdidas en el cable [dB] (Tomado de Anexo 6, se emplea 85 [m])

$$P_r = 64.77 - 3.32 + 14 - 114.02 + 16.2 - 0.96 = -23.33 [dBm]$$

3.2 Predicción de propagación radioeléctrica punto a zona

3.2.1 Intervalo de Guarda

Para el cálculo del tiempo de retardo de las señales multitrayectoria se toma en cuenta la distancia de ida y vuelta, en este caso se asume la peor condición cuando el transmisor esta junto al receptor esto implica el rebote de la señal a 10.75 [Km] determinando una distancia total del recorrido de la señal de 21.5 [Km], por medio de la ecuación 10, se obtiene el tiempo de retardo de la señal en la distancia de 21.5 [Km], concluido el tiempo de retardo las señales provenientes serán descartadas.

$$d = t_r * c \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

- c Velocidad de la luz
- d Distancia recorrida por la onda reflejada
- t_r Tiempo de guarda

$$d = 252 \mu s * 3 * 10^8 \text{ m/s} = 75.6 \text{ [Km]}$$

$$t_r = \frac{d}{c} = \frac{21.5 * 10^3 \text{ m}}{3 * 10^8 \text{ m/s}} = 71.66 \text{ [\mu s]}$$

Por lo tanto el tiempo de guarda es de 71.66 [μ s]. El tiempo de guarda evita la interferencia multitrayectoria la cual descarta las señales que ingresan después del tiempo de guarda, en la tabla 3, se establece un tiempo de guarda máximo de 252 [μ s] en el modo 3, con un intervalo de guarda de 1/4 para el estándar ISDB-Tb. Con la ecuación 10, se calcula el trayecto que recorre la señal para no generar interferencia en la red.

Los parámetros con los que trabajara la red de frecuencia única ubicada en el cerro Atacazo se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. *Parámetros de la estación auxiliar*

Tiempo de guarda	252 [μs]
Tiempo útil de símbolo	1008 [μs]
Tiempo total del símbolo	1260 [μs]

3.2.2 Configuración de las capas jerárquicas

La información transmitida se basa en el uso de 3 capas jerárquicas, asignadas para enviar un canal HD, un canal SD y un canal LD ocupando los 6 [MHz] de ancho de banda otorgados por el ARCOTEL como se explicó en la sección 1.2.1.

Ecuador Tv para desplegar el servicio en el sur de la ciudad por medio de la estación auxiliar emplea los parámetros de las capas jerárquica configuradas en la estación repetidora en el modo 3 del estándar ISDB-Tb, donde el canal *one-seg* trabaja con una modulación QPSK (2 bits) y con un FEC 2/3 teniendo una señal que puede ser sintonizada en la zona de cobertura del gap-filler, por medio de la ecuación 11, se calcula la tasa de datos del canal LD.

$$R(\text{bps}) = k_0 * k_1 * \frac{b_p N_C L_D}{T_s} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

- k_0 Coeficiente del codificador externo Reed Solomon, constante de 188/204.
- k_1 Coeficiente del codificador convolucional o FEC
- b_p Cantidad de bits transmitidos por portadora
- N_C Numero de segmentos asignados a la capa jerárquica
- L_D Numero de portadoras de datos
- T_s Tiempo de símbolo

Para realizar el cálculo se toma en cuenta que Ecuador Tv trabaja con un error de transmisión hacia delante de $2/3$, la cantidad de bits transmitidos en la modulación QPSK es de 2 bits, el canal one-seg solo ocupa 1 segmento de un total de 13 segmentos, el número de portadoras en el modo 3 es de 384 portadoras, el tiempo de símbolo en el modo 3 con intervalo de guarda de $1/4$ es de $1260 \mu\text{s}$, estos datos han sido emitidos por la ABNT NBR y se los puede encontrar en las Tablas 1, 2 y 3.

$$R(\text{bps}) = \frac{188}{204} * \frac{2}{3} * \frac{2 * 1 * 384}{1260 * 10^{-6}} = 374478.6 = 374.47 \text{ [Kbps]}.$$

Para el canal HD que ocupa 9 segmentos, un total de 6 bits de transmisión empleando la modulación 64QAM y un error de transmisión hacia delante de $3/4$, por medio de la ecuación 7, se obtiene:

$$R(\text{bps}) = \frac{188}{204} * \frac{3}{4} * \frac{6 * 9 * 384}{1260 * 10^{-6}} = 113747899 = 11.37 \text{ Mbps}$$

Para el canal SD se emplean los últimos 3 segmentos, la cantidad de bits transmitidos en la modulación 16QAM es de 4 bits y un error de transmisión hacia delante de $3/4$, por medio de la ecuación 7, se obtiene:

$$R(\text{bps}) = \frac{188}{204} * \frac{2}{3} * \frac{4 * 3 * 384}{1260 * 10^{-6}} = 2246872 = 2.24 \text{ Mbps}$$

El valor de la tasa de datos calculado para los tres canales emitidos mediante los trece segmentos es semejante al valor emitido por la ABNT NBR ilustrado en la tabla 10. El valor ilustrado en la tabla 10, sobre la tasa de datos es sobre un solo segmento, con esta característica en la distribución del total de los trece segmentos se obtiene una tasa de datos en la modulación QPSK empleando un segmento de 421.25 [Kbps] , en la modulación 16QAM con el uso de tres segmentos se obtiene 2.52 [Mbps] y en la modulación 64QAM con el uso de nueve segmentos se obtiene 11.37 [Mbps] , valores semejantes a los

calculados según la distribución de segmentos en la configuración del canal digital.

Tabla 10. *Tasa de datos de un único segmento*

Modulación de la portadora	Código convolucional	Numero de TSP transmitidos por	Tasa de datos [kbps]
			Intervalo de guarda 1/4
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85
	2/3	16/32/64	374,47
	3/4	18/36/72	421,28
QPSK	5/6	20/40/80	468,09
	7/8	21/42/84	491,5
16QAM	1/2	24/48/96	561,71
	2/3	32/64/128	748,95
	3/4	36/72/144	842,57
	5/6	40/80/160	936,19
	7/8	42/84/168	983
64QAM	1/2	36/72/144	842,57
	2/3	48/96/192	1123,43
	3/4	54/108/216	1263,86
	5/6	60/120/240	1404,29
	7/8	63/126/252	1474,5

Tomado de (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2010, p. 10)

3.2.3 Angulo de azimut

La prioridad es brindar el servicio al sur de la ciudad de Quito, se planeaba cubrir la zona con dos azimuts uno de 60° y otro de 150°, el diseño de la red con estos dos azimuts en teoría cubriría el sector sur sin problema.

Al encontrarnos en el área geográfica con distintos valores de altitud en el terreno, los cuales afectan la trayectoria de la señal ISDB-Tb emitida; en la simulación de la figura 44, se observa que establecer una antena con un azimut de 150° en la estación auxiliar es un desperdicio de dinero debido a los obstáculos en el área geográfica que impiden llegar por completo hasta la población donde el azimut de la estación repetidora de 135° con una potencia

de 3 [KW] abastece de servicio sin problema la misma área que el azimut de 150° de la estación auxiliar.

Esta comparación se la puede hacer en la figura 44, donde se encuentra activo el azimut de 150° en la estación auxiliar y en la figura 43, donde se encuentra activo el azimut de 45° y 135° en la estación repetidora, el rango de cobertura que emite la estación repetidora con su segundo azimut de 135° prevé de servicio sin dificultad el mismo rango del azimut de la estación auxiliar. Con lo que se descarta el uso de un segundo azimut en la estación auxiliar.

Dentro del análisis de ingeniería con respecto al valor del primer azimut de 60° de la estación auxiliar a primera vista es la mejor solución debido a que el ángulo en el que la antena irradia potencia es de 60° donde no perdería potencia en la zona occidental de la estación auxiliar.

El primer inconveniente se encuentra en la zona donde el azimut de la estación auxiliar irradia mayor potencia pues esta área dispone de servicio de TDT por parte de la estación repetidora, es posible mantener el azimut de 60° en la estación auxiliar pero eso atraería un mayor costo del diseño debido a la necesidad de un valor de potencia de transmisión más alto para cubrir el sector de la Mena Dos donde la falta de servicio es evidente.

Se establece apuntar el azimut al sector de la Mena Dos con un valor de 44° y se descarta la posibilidad de emplear el azimut de 60° , tomando como referencia el título habilitante de Ecuador Tv donde se establece el valor de 44° para cubrir de servicio de televisión análoga del sector sur de Quito.

En la figura 38, se observa el área de cobertura al emplear un azimut de 44° en el diseño de la red el cual irradia potencia 45° a la izquierda y 45° a la derecha es decir su lóbulo de radiación es de 90° .

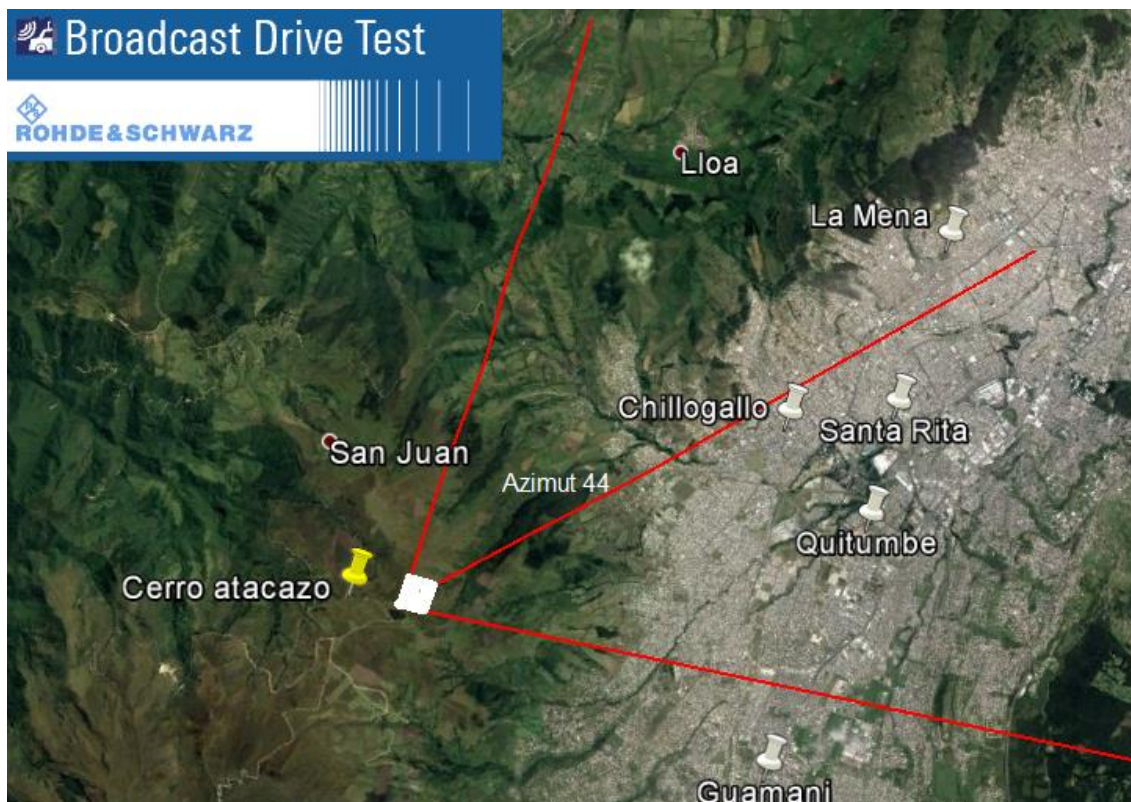


Figura 38. Cobertura de servicio empleando dos azimuts

3.2.4 Altura de la antena transmisora

Para el cálculo de altura de la antena transmisora/ de base (h_1), definido en la UIT-R P.1546-4 como, la altura necesaria para explorar los márgenes de cálculo de los niveles de intensidad de campo, dentro del método de predicción de punto a zona de la propagación de las ondas radioeléctricas, la cual depende de la longitud a propagar el servicio y el tipo de trayecto, en este caso un trayecto terrestre donde se necesita saber el valor de la altura efectiva de la antena transmisora (h_{eff}), entendiéndola la altura por encima del nivel medio del terreno, se emplea la ecuación 14, para hallar la altura de la antena transmisora, para distancias comprendidas en el rango de 3 a 15 [Km] desde la estación auxiliar hasta el punto más lejano de recepción. Los rangos de la altura de la antena transmisora se los puede visualizar en el (Anexo 7).

Se estimará información geográfica para encontrar la altura efectiva de la antena transmisora, donde la ubicación de la antena transmisora se debe encontrar por encima de los obstáculos que se presenten en el área de la estación auxiliar.

En la figura 39, se establecen los parámetros de la altura del terreno y la distancia entre estaciones.



Figura 39. Parámetros para el cálculo de la altura en la antena transmisora

Al disponer de la información sobre el trayecto de la señal y la altura de cada punto se procede con la predicción de la altura del nivel medio del terreno empleando la ecuación 12 y los datos de la tabla 11.

Tabla 11. Trayecto de la señal hasta el abonado más lejano

Distancia	4 [km]	5 [km]	6 [km]	7 [km]	8 [km]	9 [km]	10 [km]	10,75 [km]
Altura	3036 [m]	2978,4 [m]	3000,3 [m]	3001,5 [m]	3001,8 [m]	2937,7 [m]	3012,5 [m]	2932,8 [m]

$$h_m = \frac{\sum_{d=3}^{d=10,75} \text{altura}}{8} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$h_m = 2987.6 \text{ [m]}$$

Se dispone de la altura total sobre el nivel del terreno ubicada en el cerro de $h_t=3848.3$ [m] y la altura del nivel medio del terreno $h_m= 2987.6$ [m].

$$h_{\text{eff}} = (h_{T_x} - h_m) + h_a \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$h_{\text{eff}} = (3848.3 - 2987.6) + 35$$

$$h_{\text{eff}} = 895.7 \text{ [m]}$$

$$h_1 = h_a + \frac{(h_{\text{eff}} - h_a) * (d - 3)}{12} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

h_a Altura de la antena sobre el suelo [m]

d Distancia máxima del recorrido de la señal entre la estación auxiliar y el abonado más lejano [Km]

$$h_1 = 35 + \frac{(895.7 - 35) * (10.75 - 3)}{12}$$

$$h_1 = 590.86 \text{ [m]}$$

El valor de la altura de la antena de transmisión (h_1) permite obtener la interpolación, extrapolación y la intensidad de campo

3.2.5 Interpolación y extrapolación de intensidad de campo en función de la altura de la antena transmisora

En el cálculo de la predicción de intensidad de campo a emitir por la estación auxiliar, se ha utilizado las gráficas de curvas de intensidad de campo en el rango de frecuencia de 300 a 1000 [MHz] en un trayecto terrestre al 50% del tiempo, emitidas en la recomendación UIT-R P.1546.

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) * \frac{\log\left(\frac{h_1}{h_{\text{inf}}}\right)}{\log\left(\frac{h_{\text{sup}}}{h_{\text{inf}}}\right)} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

E	Intensidad de campo interpolada
E_{inf}	Valor de intensidad de campo para h_{inf}
E_{sup}	Valor de intensidad de campo para h_{sup}
h_{inf}	Altura efectiva nominal por debajo de h_1
h_{sup}	Altura efectiva nominal por encima de h_1

Datos de las curvas de propagación:

f	600 [MHz]
h_1	590.86 [m]
E_{inf}	78 [dBuV/m]
E_{sup}	84 [dBuV/m]
h_{inf}	300 [m]
h_{sup}	600 [m]

$$E = 78 + (84 - 78) * \frac{\log\left(\frac{590.86}{300}\right)}{\log\left(\frac{600}{300}\right)} = 83.86. [\text{dBuV/m}]$$

3.2.6 Interpolación y extrapolación de intensidad de campo en función de la frecuencia

En el cálculo de la predicción de intensidad de campo en función a la frecuencia se emplea la ecuación 16, donde se obtiene un valor más cercano al real cuando se emplea la frecuencia en la cual trabaja la red.

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log\left(\frac{f}{f_{inf}}\right)}{\log\left(\frac{f_{sup}}{f_{inf}}\right)} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

f	Frecuencia empleada en la predicción [MHz]
E_{inf}	Valor de intensidad de campo para h_{inf}

E_{sup}	Valor de intensidad de campo para h_{sup}
f_{inf}	Frecuencia nominal inferior
f_{sup}	Frecuencia nominal superior

Datos:

F	509 [MHz]
E_{inf}	78 [dBuV/m]
E_{sup}	84 [dBuV/m]
f_{inf}	300 [MHz]
f_{sup}	1000 [MHz]

$$E = 78 + (84 - 78) * \frac{\log\left(\frac{509}{300}\right)}{\log\left(\frac{1000}{300}\right)} = 80.63 \text{dBuV/m}$$

El estándar ISDB-Tb recomienda tener un nivel de intensidad de campo no menor a los 51 [dBuV/m], la intensidad de campo obtenida en el cálculo puede variar debido al área geográfica y a los obstáculos.

3.2.7 Pérdidas en el espacio libre

Para el cálculo de la pérdida en el espacio libre entre la estación auxiliar y el abonado más lejano se emplea la ecuación 6.

Donde:

d	Distancia del transmisor al punto más lejano
f	Frecuencia de la portadora en [MHz]
L_{FS}	Perdidas en el espacio libre [dB]

$$L_{\text{FS}} = 32.45 + 20 * \log_{10}(10.75) + 20 * \log_{10}(509) = 106.9 \text{ [dB]}$$

En el cálculo de las pérdidas en el espacio libre entre la estación auxiliar y el abonado más lejano a brindar el servicio, se realizó el proceso tomando en cuenta la mejor condición geográfica es decir se omitió los diferentes obstáculos que pueden existir en la trayectoria, a la vez se prevé la instalación de la antena receptora de la señal digital fuera de la vivienda para garantizar la recepción del servicio.

3.2.8 Margen de desvanecimiento

Al propagar una señal electromagnética por el espacio libre esta señal tiene pérdidas hasta llegar al punto de recepción estas pérdidas son causadas por las perturbaciones meteorológicas como el granizo, la nieve, la lluvia; a esta pérdida se la denomina margen de desvanecimiento y su cálculo matemático está dado por la ecuación 17. (Tomasi, Gloria, Hernández, Virgilio, & Pozo, 2003, p. 364)

$$F_m = 30 * \log_{10}(d) + 10 * \log_{10}(6 * A * B * f) - 10 * \log_{10}(1 - R) - 70$$

(Ecuación 17)

Donde:

- d Distancia del transmisor al punto más lejano [Km]
- f Frecuencia de la portadora en [GHz]
- R Confiabilidad de la transmisión en formato decimal (99.9%)
- A Factor de rugosidad del terreno
- B Factor climático

Tabla 12. *Factor de rugosidad del terreno*

Factor de rugosidad del terreno	
Espejos de agua, ríos etc	4
Sembrados, pastizales, arenales	3
Bosques	2
Terreno normal	1
Terreno rocoso	0,25

Tomado de (Tomasi et al., 2003, p. 368)

Tabla 13. *Factor climático*

Factor climático	
Área marina	1
Área caliente y húmeda	0,5
Área mediterránea	0,25
Áreas montañosas de clima seco y fresco	0,125

Tomado de (Tomasi et al., 2003, p. 368)

$$F_m = 30 * \log_{10}(10.75) + 10 * \log_{10}(6 * 3 * 0.5) - 10 * \log_{10}(1 - 0.99) - 70$$

$$F_m = 9.51 \text{ [dB]}$$

3.2.9 Potencia de transmisión

$$P_{tx} = U_{rx} - F_m - G_a + L_{FS} + L_C \quad \text{(Ecuación 18)}$$

En el proceso de cálculo de la potencia de transmisión, la ganancia de la antena se lo toma de la ganancia de los dos paneles con un total de 14.5 [dBi], las pérdidas en el cable es de 1.01 para el cable heliax 1 - 5/8 y el umbral de recepción lo vamos a tomar de un valor superior al necesario en este caso de 65 [dBm].

Donde:

P_{tx} Potencia de transmisión [dBm]

F_m Margen de desvanecimiento [dB]

G_a Ganancia de la antena [dBi]

L_{FS} Pérdidas en el espacio libre [dB]

L_C Pérdidas en los conectores y guía de onda [dB]

U_{rx} Umbral de recepción [dBm]

L_x Pérdidas adicionales [dB]

$$P_{tx} = -65 + 9.51 - 14.5 + 107.26 + 1.01 + 1 = 39.28 \text{ [dBm]}$$

Donde la potencia en [W] empleando la ecuación 8, es:

$$39.28 \text{ [dBm]} = 8.47 \text{ [W]} \approx 10 \text{ [W]}$$

3.2.10 Cálculo PER

En el artículo dos de la resolución 072-04-CONATEL-2010, se propone el cálculo de la potencia efectiva radiada en un sitio de transmisión, el PER corresponde a la máxima dirección de irradiación de potencia y se la obtiene aplicando la ecuación 19.

$$\text{PER} = P_{\text{tx}} * 10^{\left(\frac{G_a - L_c - L_x}{10}\right)} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\text{PER} = 10 * 10^{\left(\frac{14.5 - 1.01 - 1}{10}\right)} = 177.41 \text{ [W]}$$

3.3 Simulación

Se realizó la validación del documento con el apoyo del software WinRPT BDC especializado en el diseño de sistemas de *broadcasting*, donde se realizó la simulación del diseño de red el cual se basa en la recomendación del modelo de propagación de la ITU-R P.1546-3, ITU-R P.526 y la ITU-R P.1812.

A continuación se detallan los parámetros a ingresar en la simulación, algunos de los parámetros se toman del modo en el cual trabaja Ecuador Tv bajo la norma ISDB-Tb y otros se toman de los cálculos realizados en el presente documento, donde se brindara una breve descripción de los valores a ingresar.

3.3.1 Características generales

Height a.s.c. (m).- Es el valor en el cual se coloca la antena sobre el nivel del suelo, al ya poseer Ecuador Tv infraestructura en el cerro Atacazo donde existe una torre de 60 [m] se asume la colocación de la antena a una altura de 55 [m].

Polarization.- Se emplea una polarización vertical y horizontal debido a la portabilidad de la red dada por el canal *one-seg*, la polarización horizontal emplea un 70% de la capacidad mientras la polarización vertical emplea un 30% de la capacidad, manteniendo el servicio del canal *one-seg* activo en todo momento al recorrer una trayectoria con el terminal móvil.

Section Geometry.- Hace referencia al tipo de infraestructura que posee la torre, en nuestro caso la torre es cuadrada.

Dimension (m).- Es el valor total de la altura de la torre, en el cerro Atacazo la altura de la torre existente es de 60 [m].

Base cable length (m).- Es el valor total del cable a emplear en la conexión de la antena y el modulador de la estación, tomado los 55 [m] de altura de la torre y un valor de 10 [m] del recorrido de la estación hasta la torre, se estima un total de 65 [m] de cable heliax con un diámetro de $1 \frac{5}{8}$ obteniendo una atenuación total de 1.01 [dB] en los 65 [m].

Threshold (dB μ V/m).- Es el valor de intensidad de campo mínima a proteger en el borde del área, definido por el Arcotel, el mínimo valor a proteger es de 51 [dB μ V/m], en este caso se tomó como un valor mínimo de intensidad de campo a proteger de 55 [dB μ V/m] para una mejor percepción de la simulación.

Rotation.- Se ingresa un valor de longitud y latitud para generar el cambio de ubicación de la estación, en este caso la rotación no se la realizara debido al uso de la estación estática.

Figura 40. Características generales

3.3.2 Características del sistema transmisor

Band.- Se emplea el número de banda en el que trabaja la estación auxiliar, la televisión UHF trabaja en la banda cuatro y cinco, al trabajar con una frecuencia central de 509 [MHz] se emplea la banda cuatro.

Tabla 14. *Bandas de frecuencia de la televisión UHF*

Televisión UHF	
Banda	Rango de Frecuencia
IV	De 500 a 580 [MHz] y de 614 a 644 [MHz]
V	De 644 a 686 [MHz]

Technology.- Se emplea la opción ISDB-T, la cual contiene los parámetros en el que trabaja la norma evitando ingresar los datos de forma manual.

Ch. Width (MHz). Es el valor de la ancho del canal con el que trabaja la red, el estándar ISDB-Tb define un ancho del canal de 6 [MHz].

Real Power (W).- Es el valor calculado en la sección 3.2.9, con una potencia de transmisión de 10 [W] en la estación auxiliar.

Layer Data.- La configuración de los canales HD, SD y LD se detallan en la sección 3.2.2 y se resume en la tabla 15.

Tabla 15. Configuración de capas jerárquicas

Canal	Segmentos	Modulación	FEC
HD	9	QPSK	3/4
SD	3	16QAM	2/3
LD	1	64QAM	2/3

Tu (μ sec).- Es el valor del tiempo de símbolo de 1008 [μ sec].

Tg (μ sec).- Es el valor del tiempo de guarda de 252 [μ sec].

Bit Rate (Mb/s).- Es el valor de la tasa de datos a procesar por las capas jerárquicas, este valor es emitido por el *software* y no se lo puede manipular. Se lo compara con el cálculo realizado en la sección 3.2.2 donde las tres capas jerárquicas trabajan con una tasa de datos de 13.98 [Mbps].

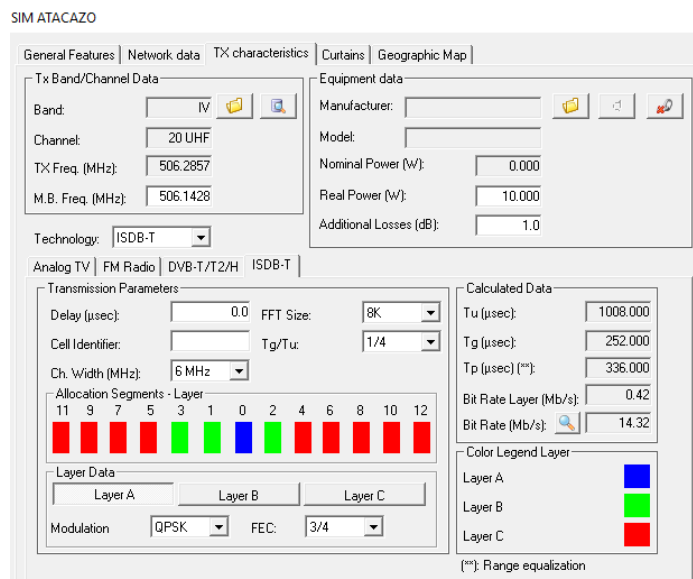


Figura 41. Características del sistema de transmisión

3.4 Área de cobertura de la estación auxiliar

El canal 26 UHF de Ecuador Tv trabaja en el modo de transmisión de 8K y una relación de guarda de 1/4, en la implementación de la SFN se toma en cuenta estos parámetros debido a la distancia máxima que debe tener la estación auxiliar y la estación repetidora para poder realizar el diseño de la SFN, la distancia máxima es de 37.8 [Km], cumpliendo con el requisito de distancia entre estaciones con un valor de 19.16 [Km].

Después de definir el azimut de 44° y la potencia de transmisión de 10 [W] se puede concluir al realizar la simulación que el estudio es factible para su implementación debido a la eliminación de las zonas de sombra en el sur de la ciudad de Quito. Se definió en la simulación una intensidad de campo en el borde del área mínima de 51 [dB μ V/m] la misma que emplea un color verdoso y se lo puede identificar en la figura 42.



Figura 42. Área de cobertura de la estación auxiliar

3.5 Área de cobertura de la estación auxiliar y la estación repetidora

En la figura 43, se visualiza con un color verdoso el área de cobertura de la estación auxiliar y con el color rojizo el área de cobertura de la estación repetidora.

Se puede observar en la ciudad de Quito la eliminación de la zona de sombra implicada en el sector de la Mena Dos con la simulación y mediante el cálculo en la mejor condición de la intensidad de potencia a emitir de la estación auxiliar hasta el punto más lejano se puede afirmar que el despliegue del *gap-filler* en el cerro Atacazo bastara para eliminar la falta de servicio en el sector sur de la ciudad de Quito.

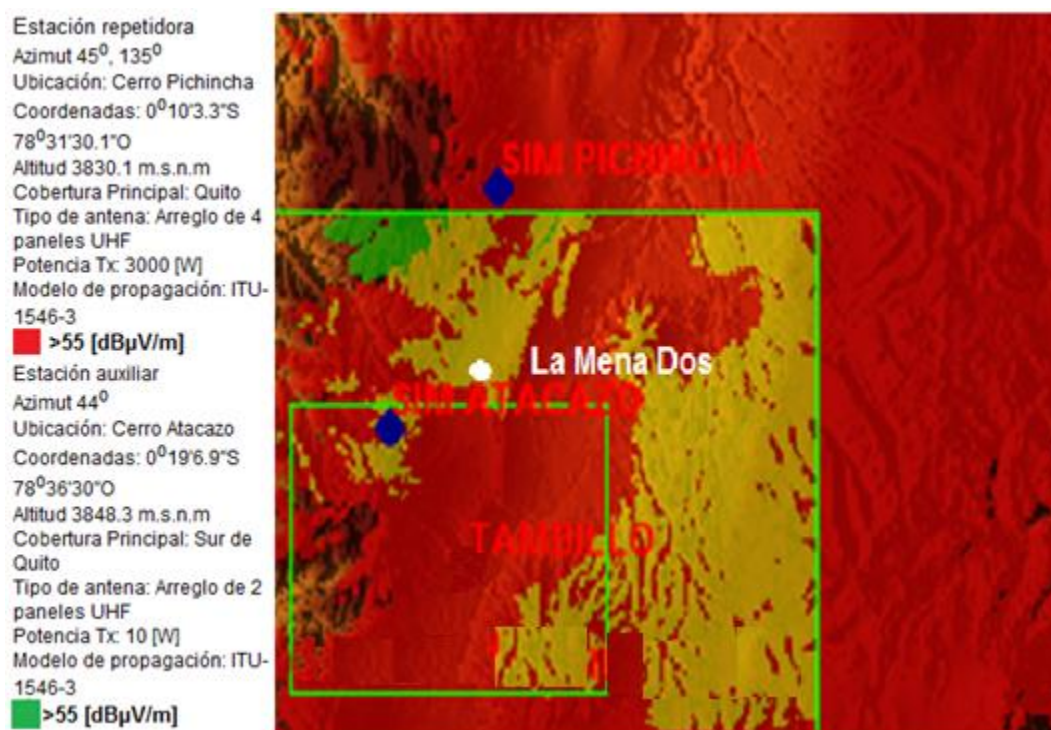


Figura 43. Área de cobertura de la estación auxiliar y la estación repetidora

En la tabla 16, se evidencia un resultado satisfactorio del nivel de intensidad de campo al desplegar el *gap-filler*, eliminando las zonas de sombra al obtener el

servicio de TDT en zonas donde la estación repetidora no abastecía con el servicio de TDT.

Tabla 16. Nivel de intensidad de campo tomado en la simulación

Puntos de mediciones en el sur de la ciudad de Quito en simulación					
Referencia	Sector	Latitud	Longitud	Intensidad de campo medido [dB μ V/m]	Observación
Punto 1	La Mena	0° 15' 24.86" S	78° 33' 18.02" O	>55	Nivel aceptable
Punto 2	La Mena	0° 15' 27.56" S	78° 33' 7.97" O	>55	Nivel aceptable
Punto 3	La Biloxi	0° 15' 31.19" S	78° 33' 0.38" O	>55	Nivel aceptable
Punto 4	La Biloxi	0° 15' 35.45" S	78° 32' 51.18" O	>55	Nivel aceptable
Punto 5	El pintado	0° 15' 44.33" S	78° 32' 22.04" O	>55	Nivel aceptable
Punto 6	La Ajaví	0° 15' 15.52" S	78° 31' 59.30" O	>55	Nivel aceptable
Punto 7	La Raya A	0° 15' 15,23" S	78° 32' 28.58" O	>55	Nivel aceptable
Punto 8	Hermano Miguel	0° 14' 4.41" S	78° 31' 58.82" O	>55	Nivel aceptable
Punto 9	Chilibulo	0° 13' 43.06" S	78° 32' 3.09" O	>55	Nivel aceptable
Punto 10	Villa Flora	0° 14' 19.90" S	78° 31' 25.02" O	>55	Nivel aceptable

En la figura 44, se observa en la simulación que establecer dos azimut en la estación auxiliar no brinda una mejora debido a los obstáculos presentes en el área, descartando el azimut de 120°.

**Estación auxiliar
Cobertura Digital**
Azimut 60°, 120°
Ubicación: Cerro
Atacazo
Coordenadas:
0°19'6.9"S
78°36'30"O
Altitud 3848.3 m.s.n.m
Cobertura Principal: Sur
de Quito
Tipo de antena: Arreglo
de 4 paneles UHF
Potencia Tx: 10 [W]
Modelo de propagación:
ITU-1546-3
■ >55 [dB μ V/m]

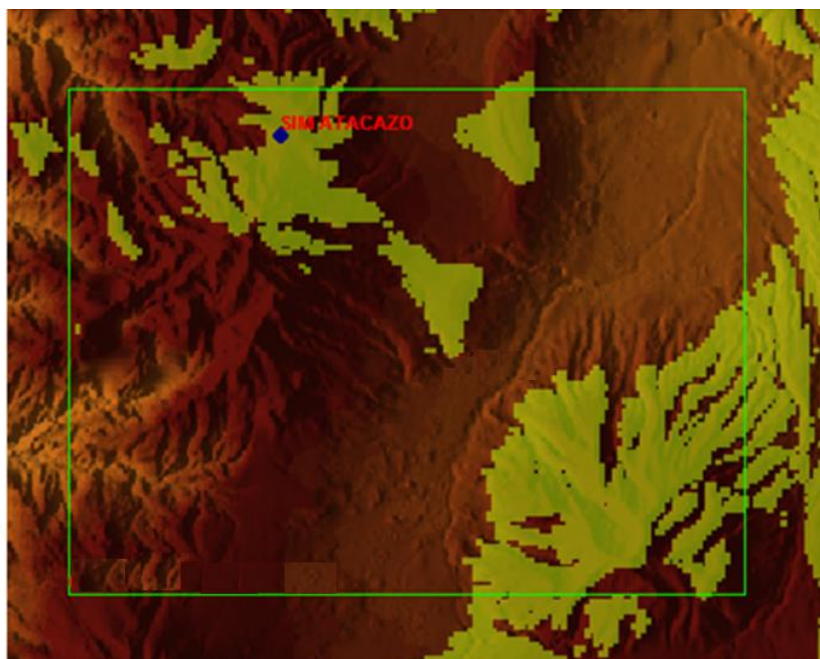


Figura 44. Área de cobertura en la estación auxiliar con dos azimut

4. INFRAESTRUCTURA

El contenido de este capítulo abarca equipos a implementar en la estación auxiliar para un correcto despliegue del servicio de TDT.

Tabla 17. *Ubicación estación repetidora*

Ubicación	Cerro Atacazo	
Coordenadas	0°10'3,3"S	78°31'30,1"O
Altitud	3830,8 m.s.n.m	

En el presente diseño se ha ubicado la estación auxiliar en el cerro Atacazo debido a que el canal Ecuador Tv ya posee infraestructura para la propagación de televisión analógica, con lo que se pretende reducir costos en el despliegue de TDT debido a los elementos disponibles en el cerro Atacazo que se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. *Infraestructura disponible en la estación auxiliar*

	Elemento
1	Caseta
2	Torre
3	Acometida eléctrica
4	Protecciones eléctricas
5	Sistema de ventilación

Tabla 19. *Sistema eléctrico de la estación auxiliar*

Fuente	Voltaje [V] AC	Consumo [KVA]	Protección	Regulación y estabilización	Sistema de Tierra	Equipo de emergencia
Empresa eléctrica	110 220	180	TVSS Pararrayos	UPS	Si	Electrógeno
Empresa eléctrica	220	24	TVSS Pararrayos	TVSS	Si	Electrógeno

4.1 Diagrama de bloques de la instalación de los equipos

En la figura 45, se detalla el diagrama de bloques de la conexión de la equipos de la estación auxiliar, donde en el sistema de recepción la señal *broadcast* proveniente de la estación repetidora es recibida por una antena con polarización circular/elíptica la cual ingresa al equipo remitir y *gap-filler* donde la señal es modulada y amplificada para realizar una nueva emisión *broadcast*.

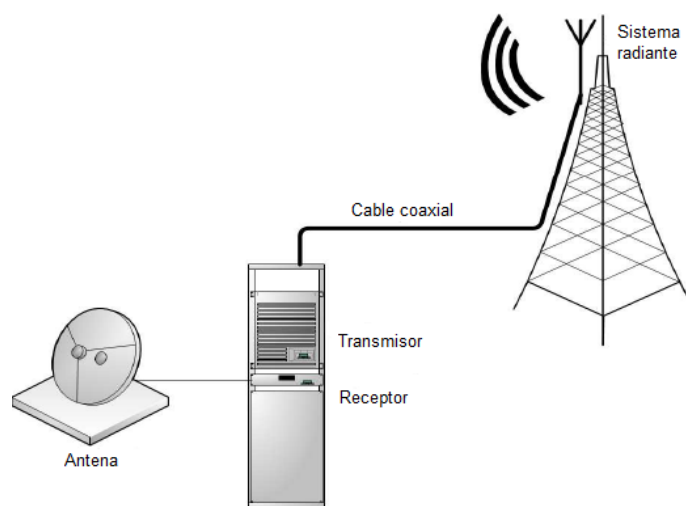


Figura 45. Instalación de equipos

4.2 Sistema de recepción digital

4.2.1 Antena de recepción

Se establece de una antena de polarización circular/elíptica UHF para la recepción de la señal de TDT emitida desde el cerro Pichincha, se emplea la antena circular/elíptica debido a que la antena puede receptor la señal digital en polarización horizontal y vertical a la vez logrando la demodulación de todos los canales sin la necesidad de implementar una antena para la recepción de cada canal (HD, SD y LD).

4.2.2 Set Top Box

El *Set Top Box* es el equipo encargado de la recepción y decodificación de la señal digital de los tres canales (LD, SD, HD) proveniente de la antena de recepción, su función principal es separar la programación (audio y video) de cada canal.

4.3 Sistema de transmisión

Tabla 20. Dimensionamiento de los parámetros de banda base

Transmisión Jerárquica	HDTV	SDTV	LDTV
# Segmentos	9	3	1
# Segmentos modulación diferencial	0	0	1
Modulación	64 QAM	16QAM	QPSK
Codificación Convolutiva	3/4	2/3	2/3
Intervalo de Guarda	1/16	1/16	1/16
# TSP por cuadro	54 / 108 / 216	32 / 64 / 128	16 / 32 / 64
# Portadoras	3889	649	109
Duración Intervalo de Guarda [ms]	63	31,5	15,75
Longitud BTS [ms]	218,484	109,242	54,621
Tasa por segmento [Kbps]	1486,9006	1762,253	440,5632
Tasa de Transmisión [Mbps]	13,382106	5,286758	0,440563

Abarca los equipos comprometidos con la difusión del servicio de TDT, es decir un sistema de transmisión con el objetivo de propagar el servicio hasta el abonado que se encuentre dentro del área de cobertura, el mismo que debe disponer de un receptor que cumpla con los parámetros del estándar ISDB-Tb para la correcta recepción del audio y video de la señal digital.

Tabla 21. Datos del sistema de transmisión

Parámetro	Estación Auxiliar
Potencia Equipo	10 W
Azimut de radiación	45 ⁰
Numero de antenas	2
Ganancia Polarización H [dBd]	9,5
Ganancia Polarización V [dBd]	5
Tilt electrónico o mecánico	3,8 ⁰
Altura del sitio de transmisión	3830,8 m.s.n.m
Altura de torre / Altura de antena	60 [m] / 55 [m]

4.3.1 Encoder

Es el equipo conocido como un codificador digital con el propósito de transformar datos de un formato a otro, tomando todas sus entradas de datos (audio y video) uno a la vez y convertirlos en una sola salida, en este caso transforma el audio y video a un formato MPEG-4.

4.3.2 Modulador, transmisor y excitador Digital

El objetivo del modulador es cambiar la señal BTS a una modulación por división de frecuencia ortogonal necesaria para la distribución de la señal ISDB-Tb. El excitador multimedia Harris APEX M2X admite las modulación 64QAM, 16QAM, QPSK etc; para el estándar ISDB-Tb generando el flujo de transporte con adaptación y corrección en tiempo real de las señales provenientes del radioenlace microonda.

Tabla 22. *Transmisor, Excitador y Modulador*

Parámetro	Descripción
Marca	EGATEL
Modelo	RDE9000
Procedencia	España
Rango de Frecuencia	470 - 862 [MHz]
Ancho de banda de canales	6,7 y 8 [MHz]
Potencia de salida	12 W RMS (pre-filtro)
Entradas ASI	2 principales / 2 jerárquicas
Impedancia	75 Ω
Reducción de potencia de salida	0 [dB] a - 10 [dB]
Nivel de muestra	< -37 [dB] antes del filtro de salida
Degradación de ruido Equivalente END	$\leq 0,5$ [dB]
Tasa de error de modulación MER	> 33 [dB]
Emisión de armónicos	< -40 [dB] antes del filtro
Supresión de portadora central	> 50 [dB]
Estabilidad de frecuencia	$2,3 * 10^{(-7)}$ [ppm]
Offsetde Frecuencia	Resolución de 1 [Hz]
Conector RF de salida	EIA 1 - 5/8
Fuente de poder	380- 415 VAC

4.3.3 Multiplexor

Un multiplexor es un circuito combinacional con varias señales a la entrada para obtener una sola señal a la salida, en el diseño de la red el trabajo del multiplexor es agrupar la señal MPEG-4 de cada canal y obtener una señal BTS para la manipulación de la señal *transport stream*.

4.3.4 Antena de difusión

Tabla 23. *Parámetros de la antena de difusión*

Parámetro	Descripción
Marca	RIMSA
Modelo / Procedencia	AT15-245
Tipo de antena	Panel UHF con radomo de fibra
Banda de Operación	470 - 722 [MHz]
Ancho de lóbulos H / V	$\pm 61^{\circ}$ / $\pm 27^{\circ}$
Ganancia Individual por panel	8,1 [dBd] Polarización Horizontal 8,1 [dBd] Polarización Vertical
Polarización	Elíptica / 70% Horizontal; 30% Vertical
Impedancia de alimentación	50 [Ω]
Relación delante / atrás VSWR max	18 [dB]
Máxima potencia de entrada por panel	1 [KW]
Conector de entrada	DIN 7/16" hembra

Tabla 24. *Alimentador de antenas*

Parámetro	Descripción
Marca / Modelo	Katherinein / High Power Splitters
Tipo	Splitter en barra de bronce
Numero de salidas	2 / 2*2 vías simétricas 7/8"
Banda de frecuencia	470 / 860 [MHz]
Impedancia de entrada y salida	75 [Ω]
Potencia máxima de entrada	1 - 70 [KW]
Perdidas de inserción por conector	<0,05[dB]
VSWR max	< 1,05

Tabla 25. Línea de transmisión

Parámetro	Descripción
Marca	Andrew
Modelo	HJ8-50B
Tipo	Heliac Coaxial
Diámetro exterior	3" (76,6 [mm])
Banda de operación	0,5 - 1640 [MHz]
Atenuación a 600 [MHz]	1,5470 [dB] / 100 [m]
Potencia máxima	28,6 [KW]
Impedancia de alimentación	75 [Ω]
Conector de entrada	H8MP-302 (Flange EIA 3-1/8")

4.4 Inversión en la infraestructura

En la actualidad un equipo gap-filler, lleva todas las etapas para la difusión de televisión digital (encoder, multiplexor, modulador, excitador y transmisor), en la tabla 26, se detalla el costo de la implementación de la estación auxiliar.

Tabla 26. Detalle de la inversión

Sistema de transmisión cerro Atacazo 'Proforma'				
ITEM	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
1	Gap Filler 12Wrms. Marca Egatel Modelo RDE9100	1	5500,00 \$	5500,00 \$
2	Antena 70/30. Marca Rimsa Modelo AT15-245	1	2300,00 \$	2300,00 \$
3	Aire Acondicionado	1	3000,00 \$	3000,00 \$
4	UPS	1	2000,00 \$	2000,00 \$
5	Instalación	1	3000,00 \$	3000,00 \$
Subtotal				15.800,00 \$
Iva				2212,00 \$
Total				18012,00 \$

5. CONCLUSIONES

Implementar la televisión digital en el mundo y en Ecuador da paso a un mejor rendimiento del espectro radioeléctrico por el manejo y difusión de tres canales (HD, LD, SD) a la vez, debido a que en la televisión analógica al emitir un canal se necesita un rango de frecuencia y la principal ventaja de la televisión digital es la eliminación del ruido en la imagen.

Diseñar la red de frecuencia única implica la correcta distribución de los segmentos de la capa jerárquica, habilitando en el estudio el despliegue de tres programaciones distintas, obteniendo en las tres programaciones una excelente calidad en el audio y el video, se puede implementar más programaciones con el mismo canal físico pero se perdería la calidad del audio y video.

Utilizar la recomendación emitida por la UIT-R 1546-4 en la obtención de los cálculos de intensidad de campo, toma como referencia la altura media del terreno descartando los obstáculos en el área geográfica y obteniendo valores ideales en la intensidad de campo.

Diseñar una red de frecuencia única permite cubrir de servicio una gran área geográfica empleando un solo rango de frecuencia para la retransmisión del servicio de televisión digital por medio de los *gap-fillers*.

Calcular el tiempo de guarda es fundamental para el despliegue de la red de frecuencia única debido a la suma de las ganancias de la estación auxiliar y la estación repetidora obteniendo un mejor nivel de intensidad de campo para la recepción del servicio en los dispositivos terminales.

Descartar el uso de dos azimuts e implementar un solo azimut de 44° en la estación auxiliar implica un ahorro económico debido a que el segundo azimut con un ángulo de 120° no irradia la potencia necesaria en el terreno debido a

los distintos obstáculos del área geográfica dejando un 60% del área sin la mejora del servicio de TDT.

Emplear un azimut de 44° implica un desperdicio de potencia al occidente de la ciudad, el beneficio se encuentra en el menor uso de potencia al apuntar el azimut hasta la zona más crítica a cubrir el cual es el sector de la Mena Dos, si se optaba por el uso de un azimut de 60° el cual como borde de cobertura abarcaba zonas totalmente pobladas y sería tomado como un azimut ideal este requiere de una mayor potencia de transmisión además de una inversión más alta en el equipo transmisor para poder cubrir la zona de sombra de la Mena Dos debido a que la mayor radiación de potencia del lóbulo principal no se lo hacía apuntando a la zona más crítica.

Un total de 14 segmentos conforman la trama de TDT, se toma 1 segmento en el canal de guarda para evitar posibles interferencias con el canal físico superior e inferior, los trece segmentos restantes se los distribuye 9 para el canal HD, 3 para el canal SD y 1 para el canal LD; emplear un canal LD en este momento es un desperdicio de recursos de la trama debido a la falta de equipos móviles en el Ecuador que soporten el servicio de televisión móvil.

Realizar la implementación de los equipos de la estación auxiliar en el cerro Atacazo permite un ahorro económico debido a la infraestructura ya disponible por Ecuador Tv en su red analógica del cerro Atacazo

Suprimir la televisión analógica dando paso a la televisión digital implica emplear una tercera parte de la potencia de transmisión para dar servicio a una misma área geográfica.

El estándar ISDB-Tb es el único que permite la emisión de televisión digital para dispositivos móviles empleando el canal *one-seg* sin la necesidad de implementar nuevos transmisores.

Arcotel debería otorgar un solo rango de frecuencia a las entidades que difundan el servicio de TDT, obligando a emplear la red de frecuencia única en la radiodifusión del servicio de todo el país, evitando nuevas solicitudes de prestación de nuevas frecuencias.

REFERENCIAS

- Cantos, L. R., Rend, T., Polit, E. S., Campus, L., & Galindo, G. (2011). Simulacion del Estandar de Television Digital ISDB-Tb basado en un esquema de modulaci3n/demodulaci3n OFDM implementado en matlab-simulink, 28. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25491/1/Resumente de tesis LCantos y STapuy, director de tesis BRamos 15 marz 2014.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25491/1/Resumente%20de%20tesis%20LCantos%20y%20STapuy,%20director%20de%20tesis%20BRamos%2015%20marz%202014.pdf)
- E, C. R. 74-02. (1999). *Method of Measuring the Field Strength at Fixed Points*, (Bucharest), 1–6. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de <http://www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/Rec7402e.pdf>
- Erazo, H. J. (2009). Estudio y An3lisis de la Tecnolog3a de Recursos de Frecuencia 3nica, y su Aplicacion en la Radiodifucion en las Bandas de AM Y FM para la Optimizaci3n del Espectro Electromagn3tico en la Ciudad de QUITO. Recuperado el 22 de julio de 2016 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>
- Fachb, B., Wissenschaften, T., Elektrotechnik, I., Walter, N., Guide, P. E., Eur, S., ... Buch, G. (2016). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*. Recuperado el 13 de junio de 2016 de http://www.buecher.de/shop/nachrichtentechnik/digital-video-and-audio-broadcasting-technology-ebook-pdf/fischer-walter/products_products/detail/prod_id/37369457/
- Henry Copara, L. L. (2015). Propuesta de un Modelo de Negocio Basado en el Desarrollo de Aplicaciones Interactivas para Televisi3n Digital Terrestre, Usando Software Libre GINGA, 217. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8600/1/UPS-CT004969.pdf>
- Jalbani, A. A. (2000). *SINGLE FREQUENCY NETWORKS*. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <http://user.informatik.uni-goettingen.de/~seminar/dvb/AkhtarJalbani-reportOnSFN.pdf>

- Kelly R. Fisher, Kathy Hirsh-Pasek, R. M. G. (2012). Fostering mathematical thinking through playful learning, (January), 15.
- Ligeti, A. (1999). Single Frequency Network Planning, 175. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:8583/FULLTEXT01>
- Matamoros, M. G. C. (2014). Estudio para la implementación de una estación de Tv digital en la Universidad Nacional de Loja, 104. Recuperado 17 de septiembre de 2016 de [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11423/1/Carri%C3%B3n Matamoros, Marlon Gabriel .pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11423/1/Carri%C3%B3n%20Matamoros,%20Marlon%20Gabriel.pdf)
- Moreno, J. P. (2006). Estudio de un sistema OFDM-CDMA, 100. Recuperado 17 de septiembre de 2016 de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11244/fichero/Volumen+1%252F1_PORTADA.pdf
- Norma-Brasileña (ABNT NBR 15601). (2008). Televisión digital terrestre — Sistema de transmisión.
- Orosco, F., Pintos, C., & Ramos, B. (2012). Diseño , Simulación e Implementación de códigos de canal en sistemas OFDM, 7. Recuperado el 22 de julio de 2016 de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25432/1/Resumen de tesis FOrosco y CPintos, director de tesis Ph.D. Boris Ramos S. 08 ene 2014.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25432/1/Resumen%20de%20tesis%20FOrosco%20y%20CPintos.pdf)
- Páramo, J. (2016). Simulación del Sistema de Transmisión y Recepción de la Señal de Televisión Digital Terrestre con la Norma ISDB-TB en Canales con Desvanecimiento para el Análisis del Desempeño de Redes SFN usando Matlab.
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb, 47. Recuperado el 13 de junio de 2016 de http://www2.elo.utfsm.cl/~elo341/SistemaISDB_Tb.pdf
- Rodrigo Jarrín, C. M. (2012). Diseño de una red de frecuencia única para un canal de televisión en la banda UHF con la norma ISDB-Tb para la zona geográfica P, 246. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4580>

- Saca, Á. V. (2013). Analisis de Cobertura del Sistema de Television Digital Terrestre para el Canal 47 en la Ciudad de Quito, 129. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5783/1/UPS-ST001062.pdf>
- Sotelo, R. (2011). Sistema de Transmisión ISDB-T, 9, 11. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_240_SistemadetransmisionISDB-T.-Sotelo_Durn_Joskowicz.pdf
- Telemidia. (2010). Norma Técnica ISDB-T. Recuperado de el 22 de julio de 2016 http://www.telemidia.puc-rio.br/~rafaeldiniz/public_files/TV_Digital_Argentina/ANEXO-I.pdf
- Tomasi, W., Gloria, I., Hernández, M., Virgilio, I., & Pozo, G. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electronicas. Recuperado el 13 de agosto de 2016 de <https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/08/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion3b3n.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Norma técnica de radiodifusión de televisión digital terrestre

NORMA TECNICA DE RADIODIFUSION DE TELEVISION DIGITAL TERRESTRE

Resolución 301
Registro Oficial 579 de 03-sep.-2015
Estado: Vigente

No. ARCOTEL-2015-0301

LA AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES ARCOTEL

Considerando:

Que, el artículo 16 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que: "Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

1. Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos.
2. El acceso universal a las tecnología de información y comunicación".

Que, la Constitución de la República en su artículo 17 indica que: "El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto: ... 2. Facilitará la creación y el fortalecimiento de medio de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada".

Que, la Constitución de la República, preceptúa en su artículo 52 que: "Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características

Que, El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley."

Que, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones - LOT, publicada en Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero del 2015 , en su artículo 142, crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), como entidad encargada de la Administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de otros aspectos en el ámbito de dicha Ley.

Que, en el Título XIV de la LOT, se establece la institucionalidad para la regulación y control, versando el Capítulo II sobre la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Como parte de las competencias de la Agencia, y en particular de las atribuciones del Directorio (artículo 146) y de la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL (artículo 148), constan, entre otras:

"Artículo 148.- Atribuciones del Director Ejecutivo. Corresponde a la Directora o Director Ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones: (...)

4. Aprobar la normativa para la prestación de cada uno de los servicios de telecomunicaciones, en

los que se incluirán los aspectos técnicos, económicos, de acceso y legales, así como los requisitos, contenido, términos, condiciones y plazos de los títulos habilitantes y cualquier otro aspecto necesario para el cumplimiento de los objetivos de esta Ley.

Que, la Disposición Transitoria Quinta de la LOT, señala: "La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, dentro del plazo de ciento ochenta días contados a partir de la publicación en el Registro Oficial de la presente Ley, adecuará formal y materialmente la normativa secundaria que haya emitido el CONATEL o el extinto CONARTEL y expedirá los reglamentos, normas técnicas y demás regulaciones previstas en esta Ley. En aquellos aspectos que no se opongan a la presente Ley y su Reglamento General, los reglamentos emitidos por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones se mantendrán vigentes, mientras no sean expresamente derogados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones"

Que, mediante Resolución No. 084-05-CONATEL-2010 de 25 de marzo de 2010, el Ex - CONATEL resolvió:

"ARTICULO DOS. Adoptar el estándar de televisión digital ISDB-T INTERNACIONAL (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) para el Ecuador, con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil y las que hubieren al momento de su implementación, para la transmisión y recepción de señales de televisión digital terrestre.

ARTICULO TRES. Disponer a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones, que atendiendo las políticas dictadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, elaboren las Normas Técnicas, Regulaciones y Planes que se requieran para la implementación y desarrollo de la televisión digital terrestre en el territorio ecuatoriano."

Que, con Resolución No. TEL-268-11-CONATEL-2012 de 15 de mayo de 2012, el Ex - CONATEL modificó la atribución de la banda 698 - 806 MHz, así como la nota EQA.70 en el Plan Nacional de Frecuencias.

Que, mediante Resolución No. TEL-553-19-CONATEL-2012 de 22 de agosto de 2012, el Ex - CONATEL modificó la atribución de la banda 470 - 482 MHz, así como la nota EQA.70 en el Plan Nacional de Frecuencias.

Que, con Resolución No. RTV-596-16-CONATEL-2011 de 29 de julio del 2011, el Ex - CONATEL resolvió: "Delegar al Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, a fin de que sea el organismo que lidere y coordine el proceso de implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador; para lo cual, realizará todas las actividades que sean necesarias acorde con la normativa aplicable."

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 170 de 03 de agosto de 2011, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), la Ex - Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, crearon el Comité Interinstitucional Técnico para la Introducción de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador CITDT.

Que, mediante Resolución No. CITDT-2011-02-004 de 16 de septiembre de 2011, el Comité Interinstitucional Técnico para la Introducción de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador CITDT, aprobó los integrantes de los Grupos de Asesoría y Comités Consultivos del CITDT, dentro de los cuales consta el Grupo de Aspectos Técnicos y Regulatorios (GATR), el cual entre otras cosas, contempla dentro de su agenda mínima la Elaboración de Propuesta de Norma Técnica para la operación de la TDT.

Que, en el Registro Oficial No. 22 de 25 de junio de 2013 , se publicó la Ley Orgánica de Comunicación, en la cual se señala que la administración para el uso y aprovechamiento técnico del

espectro radioeléctrico la ejercerá el Estado central a través de la Autoridad de Telecomunicaciones.

Que, con Decreto Ejecutivo No. 214 de 20 de enero de 2014, se expidió el Reglamento General a la Ley Orgánica de Comunicación, y en su Artículo 83 señala: "Distribución equitativa de frecuencias.- La distribución equitativa de las frecuencias del espectro radioeléctrico destinadas al funcionamiento de estaciones de radio y televisión de señal abierta, establecida en el Art. 106 de la Ley Orgánica de Comunicación, se realizará tomando como unidad de distribución geográfica cada área de operación independiente determinada y localizada en el territorio nacional a la fecha de expedición del presente reglamento...".

Que, en el Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015 , se publicó la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, la cual cita lo siguiente:

"Artículo 111.- Cumplimiento de Normativa. Los equipos e infraestructura de las estaciones radiodifusoras de onda media, corta, frecuencia modulada, televisión abierta y sistemas de audio y video por suscripción deberán instalarse y operar de conformidad con lo dispuesto en la normativa que para el efecto emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.(...)

Artículo 142.- Creación y naturaleza. ... La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes.(...)

Que, mediante memorando No. ARCOTEL-2015-ITC-C-00006 de 19 de marzo de 2015, la Coordinación Técnica de Control remitió el Informe Técnico relacionado con las pruebas de medición de las señales de Televisión Digital Terrestre en las ciudades de Quito y Guayaquil.

Que, con oficio No. MINTEL-DPTTIC-2015-0003-O de 30 de abril de 2015, el Secretario del CITDT, remite la Resolución No. CITDT-2015-01-056 de 30 de abril de 2015, con la cual el Comité Técnico de Implementación de la Televisión Digital Terrestre, resolvió aprobar la Norma Técnica de Televisión Digital Terrestre propuesta por el Grupo de Aspectos Técnicos y Regulatorios, y dispuso que la citada Norma Técnica sea notificada a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, a fin de que dicho Organismo conozca y realice el procedimiento respectivo.

Que, en la Disposición General Primera de la LOT, se señala que para la emisión o modificación de planes o actos de contenido normativo, la ARCOTEL deberá realizar consultas públicas para recibir opiniones, recomendaciones y comentarios de las y los afectados o interesados, en forma física o por medios electrónicos; las opiniones, sugerencias o recomendaciones que se formulen en el procedimiento de consulta pública no tendrán carácter vinculante. Dicha disposición establece además que, en todos los casos para la expedición de actos normativos, se contará con estudios o informes que justifiquen su legitimidad y oportunidad; y que la ARCOTEL normará el procedimiento de consulta pública.

Que, mediante Resolución No. ARCOTEL-2015-0036 de 02 de abril de 2015 Artículo 2, numeral d), se conformó un Equipo de Trabajo Técnico - Jurídico, encargado de elaborar los proyectos de normativa dispuestos por la LOT, el mismo que ha presentado su propuesta con memorando de la Coordinación Técnica de Regulación ARCOTEL- CTR-2015-0026-M de 01 de julio de 2015

Que, se ha realizado el procedimiento de audiencias públicas, según consta del informe que se anexa al memorando ARCOTEL-CTR-2015-0045-M de 13 de agosto de 2015.

En ejercicio de sus atribuciones.

Resuelve:

Expedir la "NORMA TECNICA PARA EL SERVICIO DE RADIODIFUSION DE TELEVISION DIGITAL TERRESTRE"

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

Del Objeto, Ambito, Definiciones y Abreviaturas

Art. 1.- Objeto.- La presente norma establece las condiciones técnicas para la asignación de canales y operación de las estaciones del servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre en el territorio ecuatoriano, de conformidad con el estándar ISDB-T Internacional (ISDB-Tb) adoptado el 25 de marzo de 2010, con Resolución 084-05-CONATEL-2010.

Art. 2.- Ambito.- Esta Norma aplica a todas las personas naturales y jurídicas de derecho público o privado que brindan el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre.

Art. 3.- Definiciones.- Los términos técnicos empleados en esta Norma y no definidos, tendrán el significado establecido en la Ley Orgánica de Comunicación y su Reglamento General, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, su Reglamento General, en la Normativa de la UIT, en la normativa de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), y, en las regulaciones respectivas emitidas por la ARCOTEL.

Para efectos de la presente Norma, se adoptan las siguientes definiciones:

Estación matriz: Es el conjunto del estudio principal (control máster), transmisor y demás instalaciones necesarias para la operación de la estación de radiodifusión de televisión digital terrestre.

Estación repetidora: Es la estación de radiodifusión de televisión digital terrestre que recepta la totalidad de la programación de la estación matriz y la transmite simultáneamente en su área de cobertura autorizada.

Estación auxiliar (GAP FILLER): Es un dispositivo destinado a cubrir zonas de sombra dentro del área de cobertura autorizada de un sistema de TDT. Su instalación no deberá causar interferencias perjudiciales a otros servicios de telecomunicaciones existentes y entrarán en funcionamiento previa autorización de la ARCOTEL.

Sistema de radiodifusión de televisión digital terrestre: Es el conjunto de la estación matriz, repetidoras y auxiliares, que emiten la misma y simultánea programación con carácter permanente.

Zona de sombra: Superficie terrestre dentro del área de cobertura principal autorizada para una estación matriz o repetidora, la cual, debido a su condición geográfica recibe una señal que no cumple con el nivel de intensidad de campo en el borde del área de cobertura principal establecido en el literal b) del artículo 10 de la presente Norma Técnica.

Enlaces auxiliares: Son los enlaces físicos o radioeléctricos necesarios para la operación y funcionamiento de las estaciones y sistemas de radiodifusión de televisión digital terrestre; estos enlaces sirven para la conectividad entre el estudio principal (control máster) y transmisor, con las estaciones repetidoras y entre los estudios secundarios (estudios de producción) y estudio principal (control máster) de una misma estación, para la conformación de redes eventuales y permanentes, así como para los sistemas de operación remota y para conexión ascendente y descendente satelital.

Estudio principal (control máster): Es el ambiente y área física funcional en donde se concentra la programación en forma permanente para ser enviada al transmisor principal y está ubicado dentro del área de cobertura autorizada a la estación matriz. Constituye el punto final antes de que la señal

sea emitida por el transmisor principal.

Un sistema automatizado e independiente instalado en el sitio donde se encuentre funcionando el transmisor, no constituye un estudio principal (control máster).

Estudios secundarios (estudios de producción): Son los ambientes y áreas físicas funcionales fijas o móviles en donde se realiza la producción de contenidos de forma permanente o temporal y cuya programación será de contribución para el estudio principal (control máster).

Los estudios secundarios (estudios de producción) fijos podrán estar ubicados dentro del área de cobertura autorizada de la estación matriz o sus repetidoras, siempre que técnicamente sea factible.

Area de cobertura: Corresponde a la superficie geográfica a servir con una intensidad de campo igual o mayor a la intensidad de campo definida en el literal b) del artículo 10, sin rebasar los límites de la correspondiente área de operación independiente.

Area de operación independiente: Corresponde a la integración de cantones de una provincia, provincias completas, integración de una provincia con cantones y/o parroquias de otra provincia, unión de provincias, o agrupación de una o varias áreas de operación zonales, y será identificada con un código único de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- Letra inicial = La asignada a cada área de operación independiente.
- En segundo lugar, el número ordinal que corresponda en forma ascendente.

Area de operación zonal: Corresponde a una población o conjunto de poblaciones ubicadas dentro de una misma área de operación independiente, en las cuales debido a sus condiciones geográficas no se reciben las emisiones de las estaciones autorizadas en otras áreas de operación independiente, por lo que se pueden asignar todos los canales definidos en el artículo 6 de la presente Norma Técnica.

Canal físico: Es el segmento del espectro de 6 MHz de anchura de banda, en el que se transmiten las señales de audio, video y datos de una o varias estaciones de televisión digital terrestre, identificado por un número o por las frecuencias límite superior e inferior, de acuerdo a la distribución de canales del artículo 6 de la presente Norma Técnica.

Canal lógico: Identifica a cada servicio existente dentro del mismo canal físico; un servicio representa una señal de televisión digital terrestre.

El formato para la numeración de los canales lógicos será de acuerdo al numeral 13.2.2 de la Norma ABNT NBR 15604.

Canal virtual: número de canal que puede ser igual o diferente al del canal físico, a través del cual el receptor muestra las señales del canal físico asociado. El formato para la numeración de los canales virtuales deberá estar de acuerdo al numeral 13.2.1 de la Norma ABNT NBR 15604.

Señal HDTV (High Definition TV): expresión utilizada para las características de resolución de una señal de televisión de alta definición, conocida con formato de salida de video 1080i (1920x1080i) o 720p (1280x720p), y relación de aspecto 16:9.

Señal SDTV (Standard Definition TV): corresponde a las características de una señal de televisión que tiene características de resolución similares a las de una señal de televisión analógica, con formato de salida de video 480i (720x480i) o 480p (720x480p), y relación de aspecto 4:3 o 16:9 respectivamente.

Red de frecuencia única (SFN): conjunto de transmisores de la matriz y repetidoras de un sistema de televisión digital terrestre que emiten la misma señal en el mismo canal físico.

Red de frecuencia múltiple (MFN): conjunto de transmisores de la matriz y repetidoras de un sistema de televisión digital terrestre que emiten la misma señal en diferente canal físico.

Potencia de salida del transmisor: Es la potencia de operación del equipo transmisor medida antes del filtro de máscara.

Potencia después del filtro (PT): Es la potencia que se suministra al sistema radiante, medida a la salida del filtro de máscara.

Potencia efectiva radiada (P.E.R.): Es la potencia irradiada por el sistema radiante.

Sistema radiante: Constituye el arreglo de antenas utilizadas para la transmisión de las señales de TDT y está identificado por las siguientes características:

- Polarización: característica de las antenas relacionada con la trayectoria de propagación de la señal que emiten/reciben, podrá ser de polarización horizontal, vertical, circular o elíptica;
- Patrón o diagrama de radiación: representación gráfica en tres dimensiones, de la forma en que la energía electromagnética se distribuye en el espacio. Para su análisis adecuado, se representa en los planos horizontal o plano H y en el vertical o plano E.
- Azimut de máxima radiación: Es el ángulo de orientación del lóbulo principal de radiación de la antena.
- Angulo de inclinación: Es la inclinación mecánica o eléctrica del haz de radiación de la antena en el plano vertical.

Art. 4.- Abreviaturas.- Además de las abreviaturas que constan en la normativa de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), tendrán aplicación las siguientes:

- ABNT: Asociación Brasileña de Normas Técnicas
- dB: decibelio
- dBd: decibel relativo al dipolo de media onda
- dB μ V/m: decibel relativo a 1 micro Voltio/metro
- FEC: Corrección de errores hacia adelante (Forward Error Correction)
- Hz: Hertzio (ciclo/segundo)
- ISDB-T: Radiodifusión Digital Terrestre de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Broadcasting -Terrestrial), estándar de televisión digital desarrollado por Japón.
- ISDB-Tb: la b indica las modificaciones al estándar hechas en Brasil
- IFFT: Transformada inversa rápida de Fourier (inverse fast Fourier transform)
- kHz: kilo Hertz
- kW: kilo Vatio
- M.E.R.: Tasa de Error de Modulación
- MHz: Mega Hertz
- mW: mili Vatio
- MFN: Red de múltiples frecuencias (Multiple Frequency Network)
- NTSC: Comité del Sistema Nacional de Televisión (National Television System Commitee), estándar de televisión analógica.
- OFDM: Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)
- P.E.R.: Potencia Efectiva Radiada
- PT: Potencia después del filtro
- QAM: Modulación de amplitud en cuadratura (Quadrature Amplitude Modulation)
- RF: Radiofrecuencia (Radio-Frequency)
- SFN: Red de Frecuencia Unica (Single Frequency Network)
- TDT: Televisión Digital Terrestre
- UHF: Ultra alta frecuencia (Ultra High Frequency)
- UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

- W: micro Vatio
- VHF: Muy alta frecuencia (Very High Frequency)
- W: Vatio.

CAPITULO II DE BANDAS DE FRECUENCIAS, DE LA CANALIZACION Y CANALES

Art. 5.- Bandas de Frecuencias.- Para el servicio de televisión digital terrestre se establecen las siguientes bandas de frecuencias:

a) Frecuencias principales: Las destinadas para el servicio de televisión digital terrestre.

UHF

de 470 a 482 MHz
BANDA IV de 512 a 608
MHz de 614 a 644 MHz

BANDA V de 644 a 698 MHz

Tabla No. 1 Bandas de Frecuencias Principales

b) Frecuencias auxiliares: Las destinadas para enlaces auxiliares definidos en el artículo 3, y que se encuentran atribuidas en el Plan Nacional de Frecuencias.

Los enlaces auxiliares podrán ser prestados a través de su propia infraestructura sin prestar servicios a terceros o a través de operadores de servicios de telecomunicaciones, legalmente autorizados.

Art. 6.- Canalización de Bandas de Frecuencias.- Las bandas de frecuencias principales se dividen en 32 canales físicos de 6 MHz de ancho de banda cada uno, la frecuencia de la portadora central del canal debe ser desplazada positivamente $1/7$ MHz (142,857 kHz) con relación a la frecuencia central, lo que se conoce también como off-set de frecuencia central del canal, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla No. 2 Canalización de Frecuencias Principales

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 33.

* La banda 608-614 MHz (canal 37) está atribuida a título primario al servicio de Radioastronomía.

Art. 7.- Asignación de Canales.- La ARCOTEL, asignará los canales físicos de acuerdo a la distribución en canales lógicos que se detalla en el Anexo 2 de la presente Norma Técnica.

La ARCOTEL podrá autorizar el intercambio de canales entre concesionarios o cambio por otro canal, siempre que técnicamente sea factible, para lo cual la ARCOTEL asignará el canal en función de la disponibilidad existente.

Las poblaciones comprendidas en el límite de dos o más áreas de operación independientes y que no sean cubiertas por estaciones autorizadas dentro de las áreas de operación independientes colindantes, podrán ser cubiertas con una estación de televisión digital terrestre siempre y cuando se demuestre con un estudio de ingeniería que no causarán interferencias a las estaciones autorizadas en cada área de operación independiente, para lo cual se asignará el canal en función de la disponibilidad existente.

Art. 8.- Asignación de frecuencias auxiliares.- La ARCOTEL, asignará las frecuencias auxiliares de acuerdo a lo establecido en el Anexo 2 de la presente Norma.

Art. 9.- Asignación de canales en las zonas fronterizas.- De conformidad a lo establecido en los Convenios Binacionales Ecuador - Colombia y Ecuador - Perú, para la asignación y uso de canales para la operación de estaciones de radiodifusión de televisión abierta en el área de frontera, se tomará en cuenta las consideraciones y grupos asignados en los citados convenios.

CAPITULO III DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS

Art. 10.- Parámetros técnicos.- Los parámetros técnicos de la instalación de una estación de radiodifusión de televisión digital terrestre, así como sus emisiones deben estar de acuerdo con la presente norma y observar:

- a) Estándar de transmisión: Para el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre se establece el estándar ISDB-T Internacional (ISDB-Tb), de acuerdo a las características definidas en las normas ABNTNBR listadas en el Anexo 3 de la presente Norma Técnica.
- b) Intensidad de campo mínima a proteger: El valor de intensidad de campo, que será protegido en el borde del área de cobertura es de 51 dB μ V/m, para por lo menos el 90% del tiempo y el 50% de los sitios de recepción, utilizando antena en exteriores.
- c) Tasa de error de modulación (MER): el valor medido en el transmisor debe tener una tasa de error de modulación igual o mayor a 32 dB.
- d) Intensidad de emisiones espurias: Las emisiones espurias deben cumplir con los parámetros definidos en Tabla 45 del numeral 7.6 de la Norma ABNTNBR 15601, que señala lo siguiente:

Tabla No. 3 Intensidad de Emisiones Espurias

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 34.

- e) Relaciones de protección señal deseada/señal no deseada: Los valores para las relaciones de protección que se deben cumplir para evitar interferencias, se muestran en la Tabla No. 4, los cuales consideran el peor de los casos, configuración OFDM 64-QAM, FEC 3/4.

Tabla No. 4 Relación de Protección señal deseada/señal no deseada

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 35.

- f) Potencia efectiva radiada (P.E.R.): Será la potencia necesaria para garantizar el nivel de intensidad de campo establecido en el literal b) del artículo 9.

Será determinada sobre la base de la aplicación de la relación matemática siguiente:

Nota: Para leer Formula, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 35.

- g) Máscara de Espectro de Transmisión: A efectos de prevenir interferencias de las estaciones digitales en la recepción de las estaciones analógicas y digitales que operan en canales adyacentes, las estaciones de televisión digital deben incorporar un filtro de máscara crítica que deberá cumplir lo establecido en la Tabla 41 del numeral 7.5 de la norma ABNTNBR 15601, que en su parte correspondiente resume lo siguiente:

Tabla No. 5 Máscara Crítica

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 35.

- h) Condiciones para operar redes de frecuencia única (SFN): Al menos deberán cumplir las condiciones que se detalla a continuación:

- Para evitar interferencias dentro del área de cobertura principal, las variaciones en la frecuencia de RF deben ser menores que 1 Hz.
- El reloj de muestreo IFFT coincida en la media, y con la diferencia de frecuencia entre cada límite de la banda de transmisión de la portadora, debido a la desviación de muestra de reloj. Conviene que la variación del reloj esté dentro de $\pm 0,3$ ppm;
- Dependiendo de las condiciones geográficas se debe adoptar una diferencia de tiempo de transmisión de tal manera que el tiempo de retardo dentro del área de cobertura principal sea menor que el intervalo de guarda del sistema.

i) Condiciones para operar redes de múltiples frecuencias (MFN): Al menos deberán cumplir las condiciones que se detalla a continuación:

- La precisión de la frecuencia de RF esté dentro de la banda de 500 Hz;
- La diferencia entre el límite de la banda de transmisión de la portadora debido a la variación de la muestra del reloj IFFT esté dentro de $\pm 0,3$ ppm;
- El tiempo de envío del cuadro OFDM de sincronización de fase, incluyendo la fase de sincronización del cuadro TMCC, no necesite ser especificado.

j) Código de país: En la semántica del descriptor de diferencia de huso horario (local time offset descriptor, véase el numeral 8.3.25 de la Norma ABNT NBR15603-2:2007) que se utiliza en la tabla de diferencia de fecha y hora, TOT (Time Offset Table), consta el campo código de país (country-code), que se deberá transmitir de forma obligatoria, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla No.6 Código de País para Ecuador

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 36.

k) Identificador único de red (ORIGINAL-NETWORK- ID Y NETWORK-ID Y SERVICE-ID): En los 16 bits de cada uno de los campos original-network-id y network-id, localizados en la tabla de informaciones de la red, NIT (Network Information Table), se indicará la identificación única de cada estación matriz.

Las estaciones repetidoras obtendrán los valores de original-network-id y network-id de la estación matriz que les proporcionó la señal.

El identificador único de red corresponderá al indicativo asignado en los datos técnicos del título habilitante otorgado a cada concesionario de una estación matriz de televisión digital terrestre, y será asignado por la ARCOTEL.

l) Ubicación del sistema de transmisión: Se podrán ubicar dentro o fuera de los sitios poblados del área de cobertura a la que sirven, en áreas físicas propias o compartidas conforme el ordenamiento jurídico vigente.

Las estaciones de televisión digital terrestre no podrán cubrir con un solo transmisor dos o más áreas de operación independientes, salvo los casos señalados en el tercer párrafo del artículo 7 de la presente Norma.

En el exterior del área física que aloja el transmisor y en la torre que soporta el sistema radiante debe existir la respectiva identificación de la estación de televisión digital terrestre (nombre de la estación).

Las construcciones e instalaciones de radiocomunicaciones en los terrenos adyacentes o inmediatos a los aeródromos y aeropuertos, comprendidos dentro de la "zona de protección y seguridad", deberán cumplir con la regulación de la Dirección General de Aviación Civil y la Norma de Instalación de Sistemas de Radiocomunicaciones dentro de Zonas de Protección de Ayudas a la Navegación Aérea o la que la sustituya.

Art. 11.- Multiprogramación.- Previa la autorización de la ARCOTEL, los concesionarios que hayan sido beneficiados con la autorización de un canal lógico de 6 MHz, podrán utilizarlo para transmitir su programación regular o adicional de forma permanente o temporal, en los diferentes formatos que ofrece el estándar ISDB-Tb, tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla No.7 Multiprogramación.

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 36.

El OS no se considera como parte de la multiprogramación.

Art. 12.- Televisión Móvil (ONE-SEG).- El servicio de televisión móvil (one-seg) será de transmisión obligatoria en todos los canales físicos concesionados para la operación de estaciones de televisión digital terrestre.

La programación que transmita el concesionario del servicio de televisión móvil (one-seg) no podrá ser diferente de la que transmite en los formatos HD o SD, según sea el caso.

DISPOSICIONES GENERALES

Primera.- En caso de duda, corresponde al Directorio de la ARCOTEL, absolver las consultas respecto de la inteligencia o aplicación de las especificaciones y disposiciones establecidas en la presente Norma Técnica.

Segunda.- Las características técnicas que no se establecen en la presente Norma, se sujetarán a lo establecido en la normativa de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) y de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Tercera.- Los canales serán adjudicados de acuerdo a lo establecido en la Ley Orgánica de Comunicación y en la normativa que para el efecto determine la ARCOTEL.

Cuarta.- De conformidad a la Resolución No. RTV-682-24-CONATEL-2012, se reserva a favor del Estado el primer canal disponible en cada área de operación independiente en la banda UHF, para la operación del servicio de televisión digital terrestre.

Quinta.- Los canales 14 y 15 se asignarán para la operación de estaciones de radiodifusión de televisión digital terrestre en las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de las Tsáchilas, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Loja, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Azuay, excepto el cantón Cuenca en la banda de 476 - 482 MHz (canal de televisión 15).

DISPOSICION TRANSITORIA

Primera.- Las estaciones de televisión digital terrestre que se encuentran en operación temporal, se sujetarán a los parámetros técnicos establecidos en la presente Norma.

La presente Norma Técnica, entrará en vigencia a partir de su aprobación sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en Quito, Distrito Metropolitano, a 14 de agosto de 2015.

f.) Ing. Ana Proaño De la Torre, Directora Ejecutiva Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 37.

ACLARATORIA AL ANEXO:

1.- Las Areas de Operación Zonales están sujetas a modificaciones en función de la optimización del uso del espectro radioeléctrico, y/o de la división político- administrativo de la República del Ecuador. Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 33.

ANEXO No. 2: ASIGNACION DE CANALES

1. DISTRIBUCION DE CANALES

La distribución de los 32 canales físicos destinados para la operación del servicio de TDT para cada Area de Operación Independiente se realizará de conformidad a la tabla 8:

Tabla No. 8 Distribución de Canales Lógicos

Nota: Para leer Tabla, ver Registro Oficial 579 de 3 de Septiembre de 2015, página 40.

2. CRITERIOS PARA LA ASIGNACION Y OPERACION DE CANALES LOGICOS

Para los 22 canales lógicos de 6 MHz:

- Serán autorizados para la transmisión de señales de televisión de tipo HDTV (1080i).
- Tendrán prioridad para su autorización las estaciones matrices o repetidoras de los sistemas nacionales de televisión, en caso de que estas no existan en un área de operación específica, se podrá autorizar a las estaciones regionales o locales, en ese orden.

Para los 33 canales lógicos compartidos:

- El uso compartido no deberá causar interferencias perjudiciales o afectar la continuidad y calidad del servicio de los concesionarios de otros canales lógicos.
- En los casos en los que la compartición del canal físico sea con la combinación HD - SD - SD, al beneficiario del canal HD se le asignará el primer canal lógico.
- En los casos en los que la compartición del canal físico sea con la combinación SD - SD - SD - SD, al beneficiario que haya obtenido, en los concursos convocados para el efecto, el puntaje más alto en la evaluación de requisitos realizada por la Autoridad de Telecomunicaciones, se le asignará el primer canal lógico.

3. CRITERIOS PARA LA ASIGNACION Y OPERACION DE ONE-SEG

- En los casos en los que la compartición del canal físico sea con la combinación HD - SD - SD, la asignación del servicio de televisión móvil (one-seg) será preferentemente para el beneficiario del canal HD.
- En los casos en los que la compartición del canal físico sea con la combinación SD - SD - SD - SD, el servicio de televisión móvil (one-seg) será asignado al beneficiario que haya obtenido, en los concursos convocados para el efecto, el mayor puntaje en la evaluación de los requisitos realizada por la Autoridad de Telecomunicaciones.

4. CRITERIOS PARA LA ASIGNACION Y OPERACION DE CANALES VIRTUALES

Para los 22 canales lógicos de 6 MHz:

- Si el beneficiario de un canal físico de TDT es concesionario de un canal de televisión abierta analógica el número del canal virtual que se le asigne será igual al número del canal asignado para televisión abierta analógica.
- Si el beneficiario de un canal físico de TDT no es concesionario de un canal de televisión abierta analógica el número del canal virtual que se le asigne será igual al número del canal físico de

televisión digital terrestre.

Para los 33 canales lógicos compartidos:

- Si solo uno de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido es concesionario de un canal de televisión abierta analógica, el número del canal virtual que se asigne al canal físico de TDT de uso compartido será igual al número del canal asignado para televisión abierta analógica.
- Si 2 o más de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido son concesionarios de un canal de televisión abierta analógica, el número del canal virtual que se asigne al canal físico de TDT de uso compartido será igual al número del canal asignado para televisión abierta analógica del concesionario que ocupe el primer canal lógico del canal físico.
- Si ninguno de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido es concesionario de un canal de televisión abierta analógica, el número del canal virtual que se le asigne al canal físico de TDT de uso compartido será igual al número del canal físico de televisión digital terrestre, si está disponible; caso contrario, se asignará un número de canal virtual de los que estén disponibles.

5. CRITERIOS PARA LA ASIGNACION Y OPERACION DE FRECUENCIAS PARA ENLACES AUXILIARES

- Siempre que sea técnicamente factible se procurará la compartición de la frecuencia para los enlaces auxiliares:
 - entre el estudio principal y transmisor;
 - con las estaciones repetidoras;
 - entre los estudios secundarios y el estudio principal de una misma estación; y,
 - para la conformación de redes eventuales y permanentes.
- En donde no exista disponibilidad, la compartición de la frecuencia para el enlace estudio-transmisor y enlaces auxiliares será obligatoria para los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido.

Para los 22 canales lógicos de 6 MHz:

- Si el beneficiario de un canal físico de TDT es concesionario de un canal de televisión abierta analógica la frecuencia auxiliar que se asigne para el enlace entre el estudio principal y transmisor, será la misma que tiene autorizada para la estación de televisión abierta analógica, con el ancho de banda necesario para llevar su programación, siempre y cuando la frecuencia asignada se encuentre contemplada dentro del Plan de Canalización vigente.
- Si el beneficiario de un canal físico de TDT no es concesionario de un canal de televisión abierta analógica, se le podrá asignar una frecuencia auxiliar, de conformidad a la disponibilidad existente, con el ancho de banda necesario para llevar su programación, de acuerdo al Plan de Canalización vigente.

Para los 33 canales lógicos compartidos:

- Si solo uno de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido tiene autorizada frecuencia auxiliar para el enlace estudio-transmisor de su estación de televisión abierta analógica, se asignará la misma para la compartición con los otros concesionarios, con el ancho de banda necesario para llevar sus programaciones, siempre y cuando la frecuencia asignada se encuentre contemplada dentro del Plan de Canalización vigente.
- Si 2 o más de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido tienen autorizada una frecuencia auxiliar para el enlace estudio-transmisor de sus estaciones de televisión abierta analógica, la frecuencia auxiliar que se asigne para la compartición con los otros concesionarios será la del beneficiario al que se haya autorizado el primer canal lógico del canal físico.
- Si ninguno de los beneficiarios de un canal físico de TDT de uso compartido es concesionario de un canal de televisión abierta analógica, se les podrá asignar una frecuencia auxiliar, de acuerdo a la disponibilidad existente, con el ancho de banda necesario para llevar su programación, de acuerdo al Plan de Canalización vigente.

ANEXO No. 3:

1. REFERENCIAS

2. [1] ABNT NBR 15601:2007 Sistema de transmisión.
3. [2] ABNT NBR 15602-1:2007 Codificación de video, audio y multiplexación Parte 1: Codificación de video.
4. [3] ABNT NBR 15602-2:2007 Codificación de video, audio y multiplexación Parte 2: Codificación de audio.
5. [4] ABNT NBR 15602-3:2007 Codificación de video, audio y multiplexación Parte 3: Sistemas de multiplexación de señales.
6. [5] ABNT NBR 15603-1:2007 Multiplexación y servicios de información (SI) Parte 1: SI del sistema de radiodifusión.
7. [6] ABNT NBR 15603-2:2007 Multiplexación y servicios de información (SI) Parte 2: Estructura de datos y definiciones de la información básica de SI.
8. [7] ABNT NBR 15603-3:2007 Multiplexación y servicios de información (SI) Parte 2: Sintaxis y definición de información extendida del SI.
9. [8] ABNT NBR 15604:2007 Receptores.
10. [9] ABNT NBR 15605-1:2007 Tópicos de Seguridad Parte 1: Control de copias.
11. [10] ABNT NBR 15606-2:2007 Codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital. Parte 2: Ginga-NCL para receptores fijos y móviles - Lenguaje de aplicación XML para codificación de aplicaciones.
12. [11] ABNT NBR 15606-3:2007 Codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital. Parte 3: Especificaciones de transmisión de datos.
13. [12] ABNT NBR 15606-5:2007 Codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital. Parte 5: Ginga-NCL para receptores portátiles - Lenguaje de aplicación XML para codificación de aplicaciones.
14. [13] ABNT NBR 15607-1:2007 Canal de interactividad. Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software.
15. [14] ABNT NBR 15608-1:2007 Guía de operación. Parte 1: Sistema de transmisión - Guía para implementación de la ABNT NBR 15601:2007.
16. [15] ABNT NBR 15608-2:2007 Guía de operación. Parte 2: Codificación de video, audio y multiplexación - Guía para implementación de la ABNT NBR 15602:2007.
17. [16] ABNT NBR 15608-3:2007 Guía de operación. Parte 3: Multiplexación y servicio de información (SI) - Guía para implementación de la ABNT NBR 15603:2007.

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.- Certifico que este documento es copia del que reposa en los archivos de la institución.- Quito, 19 de agosto de 2015.- 19 fojas.

f.) Dra. Myriam L. Ortíz B., Secretaría General.

Anexo 2

Tabla de cobertura

Tabla de Cobertura

actualización: 21 - 08 - 2014

Fecha de

A continuación se detallan los operadores que al momento emiten señales digitales en diferentes ciudades del país:

No.	ESTACIÓN	CANAL VIRTUAL	AREA SERVIDA
1	ECUADOR TV	7	QUITO
2	GAMA TV	2	
3	TELEAMAZONAS	4	
4	TELESISTEMA	5	
5	ECUAVISA	8	
6	TELEVISIÓN SATELITAL (TVS)	25	
7	TELESUCESOS	29	
8	RTU	46	
9	CANAL UNO	12	
10	ECUADOR TV	7	GUAYAQUIL
11	ECUAVISA	2	
12	RED TELESISTEMA (R.T.S)	4	
13	TELEAMAZONAS GUAYAQUIL	5	
14	TC TELEVISIÓN	10	
15	CANAL UNO	12	
16	TV+ (TEVEMAS)	26	
17	TELEVISIÓN SATELITAL	36	
18	COSTANERA (RTU)	30	CUENCA
19	ECUADOR TV	7	
20	UNIMAX	34	
21	COLOR TV	36	
22	OROMAR	41	
23	TELEATAHUALPA (RTU)	25	SANTO DOMINGO

Al momento, 23 operadores de televisión abierta de los 89 autorizados a nivel nacional ya transmiten señales de Televisión en formato Digital en varias ciudades, tales como: Quito, Guayaquil, Cuenca, Santo Domingo, Manta, Latacunga y Ambato.

Anexo 3

Datasheet Rymsa modelo AT15-245

Band IV/V circular/elliptical polarization panel • Especially suitable for square masts

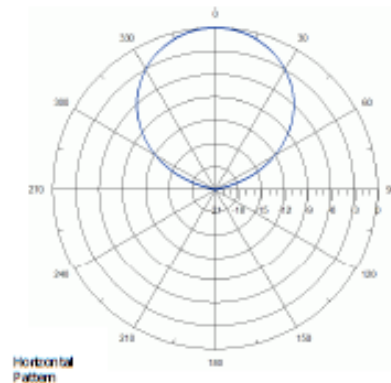
Electrical Specifications

Frequency range	470-722 MHz	
Gain (Total field)	11.1 dB (ref. $\lambda/2$ dipole)	
Gain (linear component for circular polariz.)	8.1 dBd (H. Pol.)	8.1 dBd (V. Pol.)
3 dB beam width	Horizontal: 61°	Vertical: 27°
Polarization	Circular or Elliptical (supplied by an integrated hybrid coupler)	
Polarization ratio options	50%H /50%V; 60%H /40%V; 70%H /30%V; 80%H /20%V	
Impedance	50 Ohm	
VSWR	≤1.13:1	
Maximum power handling RMS	1 kW	2.5 kW
Connector type	DIN 7/16	EIA 7/8"
Pressurization	Non pressurized	Gas barrier on input connector



Mechanical & Environmental Specifications

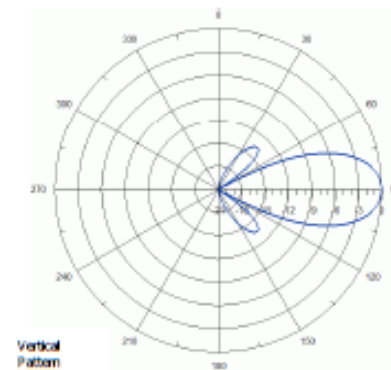
Materials	Reflector & radiating elements Radome Radome colour	Aluminium Fiberglass Red or white on request
Dimensions (W x D x H)	483 x 264 x 983 mm	
Maximum wind speed	220 km/h	
Wind load (front)	743 N (@160 km/h)	
Wind load (lateral)	258 N (@160 km/h)	
Weight	13 kg including hybrid	
Typical mounting	Several combinations depending on the radiation pattern required (square typical)	
Vertical spacing	1000 mm	
Grounding	DC grounded	
Temperature range	-40°C to +80°C	
Humidity	100%	



Horizontal Pattern

Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (kg)	Wind load (@160 km/h)	System height (mm)
1	2	8.1	26	1.1 kN	1000
	3	6.4	39	1.6 kN	
	4	5.2	52	1.5 kN	
2	2	11.1	52	2.2 kN	2000
	3	9.4	78	3.2 kN	
	4	8.2	104	3.1 kN	
4	2	14.4	104	4.4 kN	4000
	3	12.4	156	6.4 kN	
	4	11.2	208	6.2 kN	
6	2	15.9	156	6.6 kN	6000
	3	14.1	234	9.6 kN	
	4	13.0	312	9.3 kN	
8	2	17.2	208	8.8 kN	8000
	3	15.4	312	12.8 kN	
	4	14.2	416	12.4 kN	



Vertical Pattern

NOTES:

- Table supplies data up to 8 bays only for simplification purposes; systems with more bays are available.
- Null fill, beam tilt, harness & feeder losses NOT INCLUDED.
- Wind load & weight figures without considering cables, splitters & hardware.

The above specified gain must be understood for circular polarization

Optional

The panel can be supplied without the input hybrid thus displaying two connectors (DIN 7/16 or EIA 7/8"), one feeding an HPOL array and one feeding a VPOL array.

Anexo 4

Datasheet Egatel modelo RDE9000

EGATEL® Serie RDE9000

Reemisores y Gap-fillers

DVB-T/ H, DVB-T2, ISDB-T/ T_B, ATSC

RDE9000 © 2013 Egatel España v.1.10



Los reemisores / gap-fillers RDE9000 amplían la cobertura de un modo simple y económico en redes MFN/SFN. Son totalmente programables pudiendo ser configurados rápidamente a diferentes canales. Su elevada selectividad les permite trabajar sin problemas en presencia de canales adyacentes e incorporan opcionalmente un cancelador de ecos digital que limita de forma eficaz el rizado producido por un insuficiente aislamiento entre antenas. Los equipos pueden ser supervisados remotamente a través de contactos o SNMP (opc.).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

EXCITADOR (RED9001)

Entrada RF	
Tipo de señal	Un canal DTV
Margen de Frecuencias	150-900 MHz (sint. continua)
Sensibilidad	-80 ... 0 dBm
Selectividad (Pi = -40 dBm)	> 40 dB / > 80 dB (con C. Ecos)
Figura de ruido	< 8 dB (Pin < -47 dBm)
Conector	N (H) 50 ohm
Pérdidas de retorno	> 18 dB
Procesado 2º FI	
Frecuencia central	36.15 MHz
Ancho de banda	
- DVB-T/H	8 MHz (otros opc.)
- ISDB-T/T _B , ATSC	6 MHz
Ecuilización de amplitud	± 3 dB (continuo)
Predistorción de ganancia	3x6 dB máx.
Predistorción de fase	3x16° máx.
Retardo total	2.4 µs (sin cancelador) / 4.8 µs (con cancelador)
Cancelador de ecos	
Nivel de cancelación	30 dB
Nivel de eco máximo	+ 15 dBc (rel. señal principal)
Nivel muestra de salida	0 dBm
Reloj y sincronización	
Reloj interno	10 MHz
Referencia externa	10 MHz BNC (H)
Impedancia	50 ohm
Nivel	-5 a +10 dBm
Salida RF	
Nivel	-10 ... +10 dBm
Margen de frecuencias	470 a 862 MHz. Resolución: 1 Hz
Conector	SMA (H) - 50 ohm

General	
Conversión RF/IF - IF/RF	Doble conversión
Temperatura de operación	0 ... 45°C
Alimentación	90 - 264 Vac. Consumo: 40 W
Dimensiones	19" - 1U
Peso	5 Kg aprox.
Opciones	
Interfaz remota SNMP, Web Server (opc.)	

SALIDA RF

Modelo (*)	RDE9010	RDE9050	RDE9100	RDE9200	RDE9500	RDE9151
Potencia de salida (antes del filtro):						
- DVB-T/-H/-T2, ISDB-T/T _B	1.25 Wrms	6 Wrms	12 Wrms	25 Wrms	60 Wrms	150 Wrms
- ATSC	2 Wrms	9 Wrms	18 Wrms	35 Wrms	125 Wrms	225 Wrms

General	
Margen de frecuencias	470 - 862 MHz
Estabilidad de potencia	< ± 0.2 dB
Intermodulación (shoulders)	> 37 dB
Conector	N (H)- 7/16" (H) 50 ohm (según modelo)
Pérdidas de retorno	> 18 dB
Temperatura de operación	0 ... 45°C
Humedad relativa	95% max. (sin condensación)
Altura máx. instalación	2500 m. (> 2500 m. consultar)
Alimentación	90 - 264 VAC
Ventilación	Ventilación forzada
Dimensiones	
- RDE9200 / RDE9500 / RDE9151	19" / 1U + 2U
- RDE9010 / RDE9050 / RDE9100	19" / 1U + 9.5" / 2U

(*) Los equipos se referencian en función de la norma de la siguiente manera: RDE9xxx - DVB-T/H/T2, RDE9xxxB - ISDB-T/T_B, RDE9xxxA - ATSC
Ejemplo: RDE9151A - 225 Wrms ATSC

Anexo 5
Proforma

DTV TELECOM CIA. LTDA **PROFORMA**

Consultorías y Proyectos de Radio, Televisión Digital y Telecomunicaciones

Dirección: Mercadillo E2-48 y Ulpiano Paez
Ciudad: Quito
Teléfono: 0981311791
www.dtv.ec



FECHA: 1-dic-2016

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
Sistema de transmisión cerro Atacazo				
1	1 Gap Filler 12Wrms. Marca Egatel Modelo RDE9100	1	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
2	1 Antena 70/30. Marca Rimsa Modelo AT15-245	1	\$ 2.300,00	\$ 2.300,00
3	Aire Acondicionado	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
4	UPS	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
5	Generador	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
6	Instalación	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
SUBTOTAL				\$ 17.800,00
IVA				\$ 2.492,00
TOTAL				\$ 20.292,00

FORMA DE PAGO

70% Anticipo - 30% Contra entrega

VIGENCIA

La vigencia es de 30 días

TIEMPO DE ENTREGA

90 días contados a partir de la entrega del anticipo

GARANTÍA

1 año en Equipos y materiales

ESTAREMOS GUSTOSOS DE COLABORAR CON USTEDES

Anexo 6

Datasheet cable coaxial Heliax

Product Specifications

COMMSCOPE™



AVA7-50

AVA7-50, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 1-5/8 in, black PE jacket

Construction Materials

Jacket Material	PE
Outer Conductor Material	Corrugated copper
Dielectric Material	Foam PE
Flexibility	Standard
Inner Conductor Material	Corrugated copper tube
Jacket Color	Black

Dimensions

Nominal Size	1-5/8 in
Cable Weight	0.72 lb/ft 1.07 kg/m
Diameter Over Dielectric	44.450 mm 1.750 in
Diameter Over Jacket	51.054 mm 2.010 in
Inner Conductor OD	18.1610 mm 0.7150 in
Outer Conductor OD	46.355 mm 1.825 in

Electrical Specifications

Cable Impedance	50 ohm ±1 ohm
Capacitance	22.0 pF/ft 72.2 pF/m
dc Resistance, Inner Conductor	0.410 ohms/kft 1.435 ohms/km
dc Resistance, Outer Conductor	0.160 ohms/kft 0.525 ohms/km
dc Test Voltage	15000 V
Inductance	0.187 µH/m 0.057 µH/ft
Insulation Resistance	100000 Mohms•km
Jacket Spark Test Voltage (rms)	10000 V
Operating Frequency Band	1 – 2700 MHz
Peak Power	302.0 kW
Velocity	92%

Environmental Specifications

Installation Temperature	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)
Operating Temperature	-55 °C to +85 °C (-67 °F to +185 °F)
Storage Temperature	-70 °C to +85 °C (-94 °F to +185 °F)

Anexo 7

Curvas de predicción de punto a zona

FIGURA 9
600 MHz, trayecto terrestre, 50% del tiempo

