

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE
LA CALIDAD DE VIDEO EN LA TELEVISIÓN DIGITAL
ABIERTA EN EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

JULIO JOSÉ AYALA MANZANARES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

DR. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título:

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN
DE LA CALIDAD DE VIDEO EN LA TELEVISIÓN DIGITAL
ABIERTA EN EL SALVADOR**

Presentado por:

JULIO JOSÉ AYALA MANZANARES

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE

SAN SALVADOR, MARZO DE 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE

NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, Viernes 4 de febrero de 2022, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 5:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director
2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario


Firma


Firma

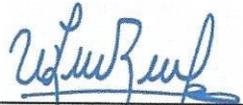


Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- ING. WERNER DAVID MELENDEZ VALLE
(Docente Asesor)
- DR. CARLOS EUGENIO MARTINEZ CRUZ
- ING. WALTER LEOPOLDO ZELAYA CHICAS


Firma


Firma


Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE VIDEO EN LA TELEVISIÓN DIGITAL ABIERTA EN EL SALVADOR

A cargo del Bachiller:

- AYALA MANZANARES JULIO JOSÉ

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.1

(OCHO PUNTO UNO)

AGRADECIMIENTOS

JULIO JOSÉ AYALA MANZANARES

A Dios todopoderoso y a la Virgen de la Paz patrona de San Miguel, por haberme permitido tener fortaleza y fe, en momentos difíciles tanto para mi familia como para mi persona.

A mis padres, Ana María de Jesús y Julio Aníbal, quienes me han apoyado y guiado durante toda mi vida, enseñándome y educándome hasta convertirme en la persona que soy.

A mi hermana Marcela, mis padrinos Luis Martínez y Orlando Aquino, quienes siempre han estado conmigo y me han brindado cariño y apoyo.

A toda mi familia, quienes han estado pendientes de mí, tanto en situaciones adversas como buenas y siempre me han ayudado y brindado mucho soporte.

A mi asesor, ingeniero Werner Meléndez, quien ha sido un gran catedrático del cual he aprendido mucho, estoy agradecido por toda su comprensión, paciencia y dedicación.

A toda la planta docente de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador, en especial al ingeniero Marvin Hernández, quien me dio la oportunidad de ser el instructor de las materias Análisis Eléctrico I y II en el año 2019, al Doctor Carlos Martínez, de quien agradezco sus consejos y todo su apoyo, al ingeniero Walter Zelaya, de quien agradezco su comprensión en momento difícil para mí, cuando tuve un quebranto fuerte de salud en el año 2017, al ingeniero Jorge Zetino, quien estuvo pendiente de mí y me puso en oraciones cuando atravesé mi quebranto de salud y por último, a nuestro director, ingeniero Armando Calderón, por todo el apoyo que nos dio, para los distintos proyectos y actividades que se realizaron en beneficio de la escuela de ingeniería eléctrica.

A toda la planta de colaboradores de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador, en especial a Reinita, quien siempre ha velado por nuestro bienestar y ha estado siempre con la mejor disposición de ayudarnos y apoyarnos, a Juancito y Posada, de quien estaré eternamente agradecido por todo el sustento que me dieron a mí y a mis compañeros en el laboratorio de la escuela y por último a todos los instructores que tuve a lo largo de la carrera, muchas gracias por todo el conocimiento transmitido.

A los que fueron mis jefes en AES El Salvador, ingeniero Numa Jiménez, ingeniero Julio Aguilar, arquitecto Ely Gómez y arquitecta Carmen Corea, por haberme dado la oportunidad de trabajar, así como también, agradecer a mi nuevo jefe en Grupo PELSA, ingeniero Bernardo Salazar por la confianza brindada en darme una nueva y muy buena oportunidad laboral.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todos mis compañeros de carrera, en especial a aquellos que han estado en momentos difíciles de mi vida, quienes aprecio cada uno de los detalles, consejos y vivencias que pasé con ustedes, he aprendido mucho de cada uno y espero que nuestra afinidad siempre se mantenga, los considero mis amigos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABLAS.....	6
GLOSARIO.....	7
OBJETIVOS.....	8
ALCANCES.....	9
ANTECEDENTES	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
JUSTIFICACIÓN.....	10
CAPÍTULO I: LA TELEVISIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
LA TELEVISIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR.....	12
EL ESTÁNDAR ISDB-TB.....	16
OTROS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL	23
COMPARATIVA DE ESTÁNDARES.....	25
CAPÍTULO II: PARÁMETROS DE CALIDAD ASOCIADOS A LA TELEVISIÓN DIGITAL	30
INTRODUCCIÓN.....	30
PARÁMETROS DE CALIDAD DADO POR ORGANISMOS NORMALIZADORES	31

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE VIDEO Y DE SERVICIO DEL ESTÁNDAR ISDB-Tb EN EL SALVADOR	40
INTRODUCCIÓN	40
PROPUESTA METODOLÓGICA	41
PRUEBAS DE LABORATORIO	41
PREDICCIÓN TEÓRICA DE PARÁMETROS	46
MEDICIONES EN CAMPO	79
VALORACIÓN SUBJETIVA.....	82
CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	87
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visión general del sistema de transmisión. (ABNT NBR 15601, 2007).....	17
Figura 2: Distribución del canal en segmentos. (Flores, 2018).....	17
Figura 3: Estructura de segmentos. (Flores, 2018)	18
Figura 4: Representación de bloques del estándar ISDB-Tb. (Flores, 2018).....	19
Figura 5: Estándar de Compresión de video MPEG4. (Sequeira, 2012)	23
Figura 6: Sistemas de televisión digital terrestre. (Wikipedia, s.f.).....	24
Figura 7. Nivel de Señal. (Noise level s.f.)	32
Figura 8. Medición de BER.(Rohde & Schwarz s.f.).....	32
Figura 9. Medición de MER. (MER s.f.).....	33
Figura 10. Diagrama de constelaciones. (Test de constelaciones s.f.).....	33
Figura 11. Mediciones relacionadas con I/Q. (Rohde & Schwarz s.f.)	34
Figura 12. Desviación de frecuencia. (Rigol s.f.).....	34
Figura 13. Anchura de banda ocupada. (Rigol s.f.)	35
Figura 14. Emisiones no deseadas y espurias. (Spurious domain s.f.).....	35
Figura 15. Ruido de Fase. (Rohde & Schwarz s.f.)	36
Figura 16. Característica amplitud-frecuencia. (Rigol s.f.).....	36
Figura 17. Retardo de Señal. (Señal s.f.)	37
Figura 18. Intermodulación. (Rohde & Schwarz s.f.).....	37
Figura 19. Consumo de energía. (Circutor s.f.).....	38
Figura 20. Señal de Entrada. (Rigol s.f.).....	38
Figura 21. Impedancia. (Rohde & Schwarz s.f.).....	39
Figura 22. Potencia de ruido. (Rohde & Schwarz s.f.).....	39
Figura 24. Analizador de Espectros. (Rigol s.f.)	43
Figura 25. Analizador de Televisión. (PROMAX s.f.)	44
Figura 26. Analizador de ruido de fase. (Rohde & Schwarz s.f.)	44
Figura 27. Medidor de energía. (Iluminación y Tecnología S.A. s.f.).....	45
Figura 28. Diagrama constelación canal 36 UHF. (Repositorio IEEE s.f.)	46
Figura 29. Software SIFM. (Sennheiser s.f.).....	47
Figura 30. Software SOLARIA. (SOLARIA s.f.)	48
Figura 32: Imagen de Google Earth. (Ayala M, 2021)	50

Figura 33: Imagen de Radio Mobile. (Ayala M, 2021).....	50
Figura 34: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. (SIGET, 2019)	52
Figura 35: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)	52
Figura 36: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)	52
Figura 37: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)	52
Figura 38: SIGET subastará frecuencias para la Televisión Digital. (Jonathan Pineda, 2020)	53
Figura 39: Imagen de RED 1 Radio Mobile. (Ayala M, 2021).....	53
Figura 40: Imagen de Sistema Estación Picacho Radio Mobile. (Ayala M, 2021)	54
Figura 41: Imagen de Sistema Estación Cacahuatique Radio Mobile. (Ayala M, 2021).....	54
Figura 42: Conversión dBm a microvoltios. (Ayala M, 2021)	55
Figura 43: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.).....	55
Figura 44: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.).....	56
Figura 45: Pérdida de Linea no coincidente. (Geekly articles, s.f.)	56
Figura 46: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.).....	57
Figura 47: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.).....	57
Figura 48: Patrón de antena del transmisor. (Ayala M, 2021).....	58
Figura 49: Cobertura Visual. (Ayala M, 2021)	59
Figura 50: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021).....	59
Figura 51: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021).....	60
Figura 52: Patrón de cobertura visual. (Ayala M, 2021).....	60
Figura 53: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021).....	60
Figura 54: Imagen de Sistema receptor Radio Mobile. (Ayala M, 2021).....	62
Figura 55: Conversión dBm a microvoltios. (Ayala M, 2021)	63
Figura 56: Antena Yagi UHF para receptor. (ViewTV DA-290 Compact Yagi HDTV Antenna, s.f.).....	64
Figura 57: Propiedades de las redes (Ayala M, 2021)	65
Figura 58: Patrón de antena (Ayala M, 2021)	66
Figura 59: Patrón de antena (Ayala M, 2021).....	66
Figura 60: Patrón de antena (Ayala M, 2021)	67
Figura 61: Patrón de antena (Ayala M, 2021)	67
Figura 62: Ícono de Radio Enlace Radio Mobile. (Ayala M, 2021)	68
Figura 63: Patrón de cobertura (Ayala M, 2021).....	68

Figura 64: Redes del sistema (Ayala M, 2021)	69
Figura 65: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	69
Figura 66: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	70
Figura 67: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	70
Figura 68: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	71
Figura 69: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	71
Figura 70: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	72
Figura 71: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	73
Figura 72: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	73
Figura 73: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	745
Figura 74: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	75
Figura 75: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	75
Figura 76: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021).....	76
Figura 77. Ubicación geográfica. (Mapas s.f.).....	80
Figura 78. Analizador de espectros. (Rigol s.f.).....	80
Figura 79. Analizador de televisión. (PROMAX s.f.).....	80
Figura 80. Televisor. (Samsung s.f.)	81
Figura 81. Antena yagi. (Antennas s.f.).....	81
Figura 82. Nivel de señal en Porto Alegre, Brasil. (Repositorio IEEE s.f.).....	82
Figura 83. Encuesta. (Wikipedia s.f.).....	84
Figura 84. Encuesta televisión realizada en Chile. (CNTV 2021.)	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros del segmento OFDM. (ABNT NBR 15601, 2007).....	21
Tabla 2: Resumen Estadístico de los Estándares de Televisión Digital Terrestre. (Cevallos, 2014).....	25
Tabla 3. Parámetros de calidad del estándar ISDB-Tb. (Elaboración propia).....	31
Tabla 4: Tabla de coordenadas geográficas de los transmisores. (Ayala M, 2021).....	49
Tabla 5: Tabla de altura en metros sobre el nivel del mar de los receptores. (Ayala M, 2021).....	51
Tabla 6: Puntos de referencia del receptor (Ayala M, 2021).....	61
Tabla 7: Altura en msnm de puntos de referencia (Ayala M, 2021)	62
Tabla 8: Resumen de información obtenida de Radiomobile (Ayala M, 2021).....	77

GLOSARIO

ABNT	Asociación de Normas Técnicas de Brasil
AC	Canal Auxiliar
DQPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FFT	Transformada de Fourier
HDTV	Televisión Digital Alta Definición
IFFT	Transformada Inversa de Fourier
JEITA	Japan Electronics and Information Technology Industries Association
MPEG	Estándar de video
MUSE	Codificación Múltiple de Muestreo sub-Nyquist
MIC	Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón
NAB	Asociación Nacional de Radiodifusores
NHK	Televisora Pública de Japón
OFDM	Multiplicación por división de frecuencias ortogonal
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones
STRL	Asociación de Radiodifusión de Japón
TMCC	Control de configuración de transmisión y multiplexación
TS	Flujo de transporte
TSP	Paquete de flujo de transporte
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

OBJETIVOS

Objetivo General

- Proponer metodologías de predicción objetiva de la calidad en el servicio de televisión digital abierta en El Salvador.
- Evaluar la factibilidad de implementación de tales metodologías en nuestro país.

Objetivos Específicos

- Examinar la normativa aplicable a los parámetros de calidad establecidos para el servicio televisión Digital Abierta, bajo el estándar utilizado en El Salvador.
- Evaluar las herramientas de software que se pudieran utilizar en la predicción de la calidad de este tipo de servicios.
- Proponer un modelo que agrupe y describa los principales parámetros que afectan la calidad percibida por el usuario final, del servicio de televisión digital abierta.

ALCANCES

- Estudiar la normativa principal, que regula la transmisión digital abierta bajo el estándar ISDB-Tb.
- Seleccionar y aplicar, las herramientas de software que pudiesen usarse en el estudio objeto del presente trabajo.
- Modelar (utilizando las herramientas más adecuadas para ello) un sistema, lo más completo posible, que sirva para predecir el comportamiento de las variables a definir en el presente estudio
- Evaluar instrumentos comerciales, que se pudiesen utilizar en mediciones en campo, para efectuar estudios de comprobación de estimaciones teóricas.
- Elaborar una propuesta metodológica de predicción y posterior comprobación en campo, asociada a la cuantificación objetiva de la calidad en transmisión de televisión digital abierta, bajo el estándar indicado al inicio del presente documento.

ANTECEDENTES

La implementación de la televisión digital abierta en nuestro país, es un concepto muy reciente para el consumidor final; fue en 2017, cuando se tomó la decisión (a nivel Gubernamental) de adoptar el estándar ISDB-Tb, mismo que poco a poco ha comenzado a ser implementado por algunos operadores del país; y quienes lo han hecho, aún mantienen emisiones analógicas paralelas, dado que los planes de transición analógico-digital avanzan muy lentamente. Son muchas las ventajas que se prevén alcanzar al usar este tipo de tecnologías, tanto para las empresas proveedoras del servicio como para los usuarios finales, y para justificar dichas ventajas, los fabricantes y desarrolladores, emplean diferentes conceptos y parámetros. En el presente trabajo, se busca analizar dicha información y proponer metodologías que se puedan implementar, para determinar el grado en el cual, dichos parámetros son (efectivamente) proporcionados al usuario final y percibido por éste.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tecnología asociada a la Televisión Digital Abierta, incluye diferentes formas de utilizar el recurso radioeléctrico y trasladar la información pertinente al usuario final; conceptos como cobertura, disponibilidad, calidad de la información o compatibilidad con los diferentes dispositivos de los usuarios, determinarán el grado de aceptación de este servicio por la población en general; sin embargo, a la percepción subjetiva conviene sustentarla con predicciones o mediciones objetivas de los parámetros asociados a este tipo de emisiones, lo que implica contar con una metodología adecuada para ser utilizada en El Salvador.

JUSTIFICACIÓN

Contar con una metodología que ayude a evaluar el desempeño del servicio de televisión digital abierta en nuestro país, contribuiría a mejorar la implementación y el crecimiento de esta nueva tecnología y podría (eventualmente) ayudar a las entidades que protegen los derechos del consumidor, brindándoles alternativas para obtener información objetiva que les permita valorar el grado en el cual, el servicio se brinda a la población. De igual forma, el presente trabajo permitiría actualizar y/o ampliar los conocimientos de los estudiantes en este tipo de aplicaciones, lo que serviría de base para analizar otro tipo de aplicaciones basadas en esta tecnología.

CAPÍTULO I: LA TELEVISIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR.

INTRODUCCIÓN

El Capítulo I denominado: “La Televisión Digital en El Salvador” aborda un resumen general de la evolución de la Televisión Análoga en El Salvador, así como también, habla de la evolución del estándar ISDB-Tb y de como este en la actualidad, está siendo implementado en el país. Dicha implementación, está siendo ejecutada por la SIGET en base a un Plan Nacional de Televisión Digital Terrestre.

El estándar ISDB-Tb posee un ancho de banda de 6 MHz dividiéndose en trece segmentos, en los cuales trabaja bajo el dominio de las capas jerárquicas las cuales se dividen en tres, servicio de HDTV, servicio de SDTV, y servicio de One-Seg. Este trabaja con el parámetro de operación del estándar de calidad de video MPEG-4.

Por último, se realiza una comparativa de estándares acorde a parámetros y características, por ejemplo, se comparan entre estándares la modulación, el ancho de banda del canal, el estándar de codificación de audio y video, el intervalo de guarda, etcétera, para finalmente, hacer una comparativa final sobre las principales fortalezas y debilidades de cada estándar en particular.

LA TELEVISIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR

Hablar de un estándar de Televisión Digital aplicado al país, es hablar de historia de la Televisión, de cómo este medio de comunicación ha ido transformándose a tal punto, que se ha diversificado de muchas maneras; por ejemplo, se encuentra la televisión análoga, la televisión digital, la televisión satelital, etc.

Y es que, El Salvador, no ha sido ajeno a esas transformaciones que han ocurrido sobre la Televisión; en el año de 1956, un empresario fundó el primer canal de Televisión análoga del país, nos referimos al Canal 6. Unos años después, la Sociedad YSU en el año de 1958, funda el canal 4 de Televisión para luego un año después, instalar un transmisor de 25,000 watts para poder cubrir todo el territorio nacional.

Siguiendo con el proceso de crecimiento y expansión de la Televisión Análoga en el país, en el año de 1965, el mismo empresario que fundó el canal 6, funda el canal 2, sobre la base de la exitosa radio emisora Circuito YSR.

Hasta este momento, solo existían canales de Televisión de la Banda de VHF.

Internacionalmente, en Japón en la década de los 60, la Televisora Pública de Japón y el Laboratorio de Investigaciones de la Asociación de Radiodifusión de Japón, crean la Televisión en Alta Definición.

En 1973, después de haber profundizado sobre el tema de HDTV, estos estudios son presentados a la Unión Internacional de Telecomunicaciones para su extensión y publicación.

Pasada casi una década después, en 1982, la NHK desarrolla la Codificación Múltiple de Muestreo sub-Nyquist, el cual en pocas palabras vendría a ser el primer sistema de compresión y transmisión de HDTV.

En nuestro país, en el año de 1984, un grupo de inversores radicados en el país, fundan el canal 12 de Televisión, en pleno auge del conflicto civil que se vivía en aquellos tiempos, para luego en el año de 1986, se hace oficial la unión de los canales 2, 4 y 6, para formar un consorcio de canales denominado Telecorporación Salvadoreña.

Afuera de nuestras fronteras, Estados Unidos estaba en estudios en la década de los 80, de querer aplicar un sistema de transmisión digital de HDTV para lo cual, en el año de 1987 en Washington, la NHK realizó demostraciones del MUSE ante la Asociación Nacional de Radiodifusores, sin embargo, esta presentación no convenció a los participantes de la demostración por parte de la NHK.

Volviendo al país, en el año de 1991 a raíz de la firma de los Acuerdos de Paz y de un cese al fuego bélico entre las fuerzas beligerantes y el gobierno, se crea Tecnovisión Canal 33, también en 1993, un empresario de origen palestino utilizando una sociedad de nombre Indesi, decide crear grupo Megavisión con 4 canales de la banda UHF, estos canales son 15, 19, 21 y 69.

Años más tarde bajo el mandato del expresidente Calderón Sol, el canal 8 de banda VHF, fue cedido a una fundación en comodato siendo la Fundación dueña del Canal la Fundación Agape El Salvador.

Hasta este punto, internacionalmente la mayoría de canales eran de recepción análoga, lo cual cambió poco tiempo después cuando la NAB uniéndose con la Comisión Federal de Comunicaciones, acuerdan desarrollar un sistema de televisión digital terrestre de HDTV el cual, iba a nacer en el año de 1995 y se iba a llamar Advanced Television Standard Committee.

Por su parte, Japón específicamente el Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón, en el año de 1999, adopta oficialmente el estándar de televisión digital terrestre ISDB-T; no obstante, fue hasta diciembre del año 2003 que dicho país empezaría a emitir TV de manera digital y terrestre.

En Latinoamérica en la década de los 2000, algunos países estaban en constantes estudios para definir cuál estándar iban a adoptar y no fue hasta el año 2008, que Brasil fue de los primeros en dar un paso al frente y adoptar el Sistema de Transmisión Digital Terrestre de Japón, pero adaptado a la realidad y condiciones del país sudamericano, denominándose finalmente como estándar ISDB-Tb.

Brasil acordó un período de 10 años de transmisión y transición tanto de televisión análoga como televisión digital a tal punto que, en el año 2013 acordaron que solo otorgarían canales para transmitir de manera digital.

De igual manera, otros países de Latinoamérica, al ver que en Brasil se adoptó y adaptó un estándar acorde a las necesidades y capacidad de infraestructura del país, estos adoptaron el estándar en estudio tales como: Perú (2009), Argentina (2009), Chile (2009), Ecuador (2010), Costa Rica (2010), Paraguay (2010), Bolivia (2010), Uruguay (2011), etc.

En El Salvador, la Televisión Análoga fue creciendo y no hubo mayores cambios en la década de los 2000 hasta que a mediados de la década de los 2000, la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones emitió una resolución denominada como recomendaciones básicas para la implementación de la televisión digital en Centroamérica. Siguiendo estas resoluciones, la SIGET en el mes de abril del año dos mil nueve, emite una resolución T-0390-2009, en la cual determina que el estándar de televisión digital a adoptar sería el ATSC.

Días después, en el mes de mayo de dos mil nueve, la SIGET presenta mediante una resolución, el Cuadro Nacional de Frecuencias, teniendo en cuenta la anterior resolución sobre la adopción del nuevo estándar digital, pero dicho Cuadro Nacional de Frecuencias fue suspendido y luego descartado porque no contó con el apoyo de los entes relacionados del sector, ni tampoco se hizo una consulta para verificar la viabilidad económica, social y técnica de este proyecto.

Sin embargo, la SIGET siempre le ha dado seguimiento a este tema a tal punto que en agosto del año dos mil trece, la institución inició pruebas técnicas con tres formatos distintos de transmisión de televisión digital abierta. Dichas pruebas se hicieron con un transmisor traído desde Alemania, y puesto a funcionar en el Cerro El Picacho.

Pasado el tiempo, llegamos a años recientes, donde la búsqueda por encontrar cuál ha sido el estándar de transmisión elegido por la SIGET, ha llevado a preguntar a la institución para obtener una respuesta a esta interrogante, la cual se responde en los siguientes párrafos.

El proceso de aplicación del estándar ISDB-Tb en El Salvador, fue consultado por representantes de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), ellos comentaron que, en la actualidad se está trabajando en el desarrollo de un Plan Nacional de Televisión Digital el cual tiene a su base, una serie de hitos y hechos que precedieron para dar lugar a este plan, los cuales, gracias al apoyo de representantes de la SIGET, se mencionan a continuación.

Hoja de ruta en cooperación con la Unión Internacional de Telecomunicaciones

Una hoja de ruta, constituye una herramienta de gestión-previsión, que permite aplicar los métodos y medidas para conseguir la definición de decisiones óptimas en cada uno de los pasos necesarios en la consecución de un objetivo. Para el caso de El Salvador, la hoja de ruta para la implementación de la Televisión Digital Terrestre, se elaboró con cooperación de la UIT.

Siendo la hoja de ruta, un esquema del plan de proyecto de las distintas etapas que deben completarse y los procesos que tienen que ser iniciados para la transición de la radiodifusión analógica a digital. Esta hoja de ruta fue remitida por la UIT el 30 de septiembre de 2016.

Adopción del estándar

El estándar de Televisión Digital Terrestre Japonés-Brasileño ISDB-Tb (traducido del inglés como Sistema Integrado de Radiodifusión Digital Terrestre) fue adoptado en El Salvador el 19 de enero de 2017 y publicado en la resolución de la SIGET No. T-0038-2017 emitida en la citada fecha.

Ficha de Memorandum de Cooperación Técnica SIGET-MIC (Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón).

Este memorándum fue firmado en mayo de 2017 e incluyó: Seminarios Técnicos financiados por Japón, expertos técnicos en campo para la Televisión Digital Terrestre, Transferencia Tecnológica e Intercambio de información de buenas prácticas sobre políticas TIC (Tecnologías de Información y Comunicación).

Primer Seminario Técnico SIGET-MIC

Realizado en junio de 2017, este Seminario Técnico financiado por Japón.

Primeras pruebas de transmisión del Estándar ISDB-Tb

La primera transmisión usando el estándar ISDB-Tb, fue realizado por TVES CANAL 10 en junio de 2017.

Encendido Digital

Oficialmente El Salvador inició transmisiones de Radiodifusión Televisiva de libre recepción usando el estándar ISDB-Tb el 21 de diciembre del año 2018, usando la señal piloto de CANAL 10 y desde esa fecha, se transmite de manera analógica y digital simultáneamente siendo el CANAL 10, el único canal que transmite en formato digital hasta la fecha.

En la actualidad, el sistema de transmisión televisiva digital bajo el estándar ISDB-Tb del CANAL 10, se encuentra en operación en las instalaciones del canal antes mencionado, cuyas ubicaciones son los estudios principales que se encuentran en Santa Tecla y también en el Volcán el Picacho de San Salvador. En un futuro, se estima, iniciar en operación una estación repetidora de televisión ISDB-Tb en el departamento de Morazán específicamente en el Cerro Cacahuatique.

Plan Nacional de Televisión Digital Terrestre

En la actualidad, la SIGET se encuentra elaborando el Plan Nacional de Televisión Digital Terrestre para su implementación en el territorio nacional. Este plan definirá el Plan de Transición de Televisión Analógica hacia la Televisión Digital, la implementación del Dividendo Digital y las normas técnicas complementarias correspondientes, esto de conformidad al artículo 119-A del reglamento de la Ley de Telecomunicaciones de la SIGET.

EL ESTÁNDAR ISDB-TB

El Salvador, adoptó el estándar ISDB-Tb como el estándar de transmisión de televisión digital terrestre, dicho estándar se caracteriza por ofrecer una gran capacidad de transmisión de audio y video a receptores fijos, llámese un televisor, así como también, a receptores móviles, llámese un teléfono inteligente.

La transmisión del estándar, se realiza mediante el Flujo de Transporte, el cual, es remultiplexado para mandar un solo TS donde contiene audio, video y datos como puede apreciarse en la imagen.

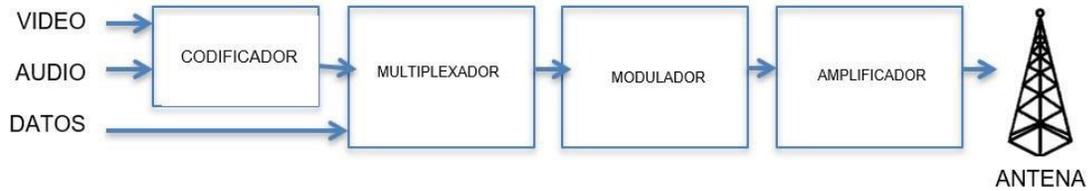


Figura 1: Visión general del sistema de transmisión. (ABNT NBR 15601, 2007)

Dicho Flujo de Transporte, debe codificarse para luego ser enviado como una señal OFDM común.

La señal Orthogonal Frequency Division Multiplexing del estándar, se divide en trece segmentos, siendo el ancho de banda del canal de 6 MHz. Cada segmento representa la catorceava parte del ancho de banda del canal ($6/14$ MHz), lo que significa que cada segmento mide alrededor de 428.57 kHz. Hay algo interesante, se menciona en un primer acercamiento que la señal se divide en trece segmentos, pero los cálculos están representados para 14 partes, ¿por qué es así?

Pues resulta que el catorceavo elemento de la señal, es la banda de guarda de cada extremo del canal. Dicha banda de guarda no necesariamente tiene que estar distribuida por mitades en los extremos del ancho de banda, sino que esta se programa acorde a las interferencias que puedan surgir de los canales vecinos.

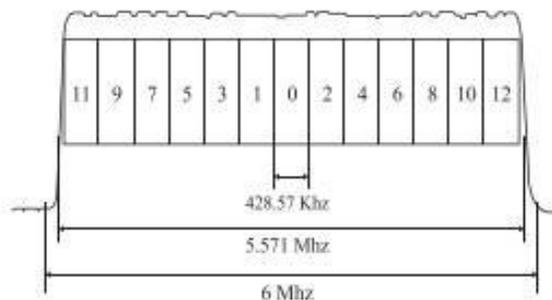


Figura 2: Distribución del canal en segmentos. (Flores, 2018)

El estándar ISDB-Tb, cumple con el sistema de modulación establecido por la entidad normalizadora de Brasil, la cual es la Asociación Brasileña de Normas Técnicas.

Dicha norma, plantea la necesidad de que el estándar, trabaje con capas jerárquicas (A,B,C), en donde cada letra, representa una capa jerárquica del esquema de señal según la norma.

Se tiene como capa jerárquica A, el servicio de banda angosta “one-seg”, el cual está enfocado específicamente para dispositivos portátiles. La capa jerárquica A, utiliza un segmento de los trece disponibles.

Se tiene como capa jerárquica B, el servicio de Televisión de Alta Definición. La capa jerárquica B, utiliza siete segmentos de los trece disponibles.

Se tiene como capa jerárquica C, el servicio de Televisión Estándar o Normal. La capa jerárquica C, utiliza cinco segmentos de los trece disponibles.

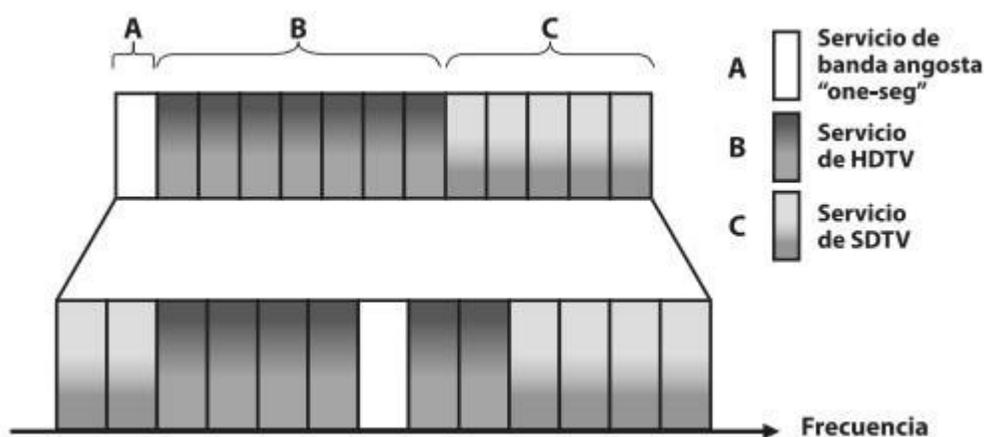


Figura 3: Estructura de segmentos. (Flores, 2018)

Cabe mencionar que el estándar puede ser configurado como una Red de Frecuencia Única, esto quiere decir que varios transmisores envían la misma señal en el mismo rango de frecuencia. Realizando esto, lo que se pretende es darle un uso eficiente al espectro radioeléctrico, así como también, distribuir la potencia de forma uniforme, aumentar el área de cobertura y disminuir la probabilidad de interrupción, esto entre las ventajas que ofrece la Red de Frecuencia Única.

La etapa de compresión en las capas jerárquicas, combina la información de video, audio y datos los cuales, al no comprimir tanto la señal de video como la de audio, estos se convierten en Interfaz Serial Digital.

Esta SDI, es codificado y comprimido en MPEG-4 para luego convertirse en un TS.

El TS o flujo de transporte posee 188 bytes, a su vez que son multiplexadas las distintas capas de transporte.

El Transmission Multiplexing Configuration Control, es la responsable de transportar al receptor, datos de configuración de los segmentos del canal o de la red, mientras que el multiplexador es el encargado de generar un único flujo binario llamado Broadcast Transport Stream que posee 204 bytes.

La capa de transmisión se encarga de transmitir la señal digital hacia el amplificador y convertor de frecuencia como puede observarse en la siguiente ilustración.

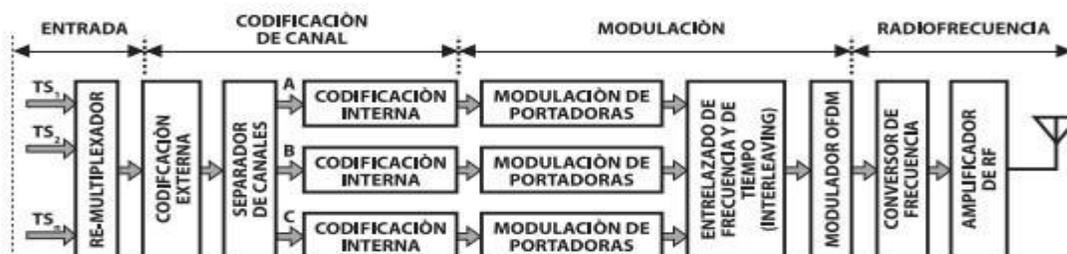


Figura 4: Representación de bloques del estándar ISDB-Tb. (Flores, 2018)

Volviendo al tema de la señal, la señal OFDM es la suma de muchas sub-portadoras ortogonales entre sí, la cual divide una sola transmisión en múltiples señales con menor ocupación espectral. Dicha transmisión es realizada bajo el dominio de la frecuencia.

La información transmitida en las portadoras emplea un código de corrección de errores llamado Forward Error Correction.

Cada símbolo OFDM transmitido corre el riesgo de ser afectado por alguna interferencia, por lo tanto, para evadir esa interferencia entre símbolos se inserta un intervalo de guarda antes de cada símbolo OFDM.

El tamaño de esta muestra puede ser 1/4, 1/8, 1/16 o 1/32 de los símbolos; en la siguiente tabla se muestra en síntesis las características técnicas con las que puede trabajar el estándar ISDB-Tb.

A continuación, se presenta una tabla donde se hace un resumen técnico de los tres modos de operación del estándar ISDB-Tb.

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Ancho de banda		3000/7 = 428.57 kHz					
Separación entre frecuencias portadoras		250/63 kHz		125/63 kHz		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Datos	96	96	192	192	384	384
	SP*	9	0	18	0	36	0
	CP*	0	1	0	1	0	1
	TMCC*	1	5	2	10	4	20
	AC1*	2	2	4	4	8	8
	AC2*	0	4	0	9	0	19
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK

Símbolos por cuadro	204		
Tamaño del símbolo efectivo	252 μ s	504 μ s	1008 μ s
Intervalo de guarda	63 μ s (1/4)	126 μ s (1/4)	252 μ s (1/4)
	31.6 μ s (1/8)	63 μ s (1/8)	126 μ s (1/8)
	15.75 μ s (1/16)	31.5 μ s (1/16)	63 μ s (1/16)
Longitud del cuadro	64.26 ms (1/4)	128.52 ms (1/4)	257.04 ms (1/4)
	57.834 ms (1/8)	115.668 ms (1/8)	231.336 ms (1/8)
	54.621 ms (1/16)	109.242 ms (1/16)	218.484 ms (1/16)
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 interno	RS (204, 188)		
<p>* SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación.</p> <p>* TMCC es información de control.</p> <p>* AC se usa para transmitir información adicional.</p>			

Tabla 1: Parámetros del segmento OFDM. (ABNT NBR 15601, 2007)

Cambiando de tema, Japón adoptó el MPEG-2, como su método para la compresión digital de audio y video, pero Brasil, adoptó el MPEG-4, el cual es más completo en el sentido que este método, permite transmitir en un mismo canal, tener un programa con calidad de Alta Definición, informaciones de interactividad y también permite tener programas adicionales con calidad de televisión estándar (SDTV).

La herramienta de compresión de video del sistema de televisión digital terrestre brasileño debe estar de acuerdo obligatoriamente con la UIT-T recomendación H.264.

MPEG-4 comprende dos estándares de compresión de video:

MPEG-4 Parte 2

También denominado solamente como MPEG-4. Este estándar cumple con la norma ISO/IEC 14496-2 y es un perfeccionamiento del estándar MPEG-2, ya que aumenta el grado de compresión alrededor de un 25% con respecto a ésta.

MPEG-4 Parte 10

Llamado también como Advanced Video Coding (AVC), es la norma H.264 de UIT-T, adoptada también por el ISO/IEC 14496-10 Moving Picture Experts Group.

Es el estándar de compresión de vídeo actual más eficaz. MPEG-4 puede reducir el tamaño de un archivo de vídeo digital hasta un 50% en comparación con el estándar MPEG2.

MPEG-4 descompone la imagen en varios elementos de imagen y los procesa por separado, reuniendo todas las salidas mediante un multiplexor y añadiendo información sobre la composición de la escena BIFS (Binary Format for Scenes).

MPEG-4 toma muchas de las características de MPEG-1 y MPEG-2 y de otros estándares, tales como soporte de VRML (Virtual Reality Modeling Language) extendido para Visualización 3D, archivos compuestos en orientación a objetos (incluyendo objetos audio, vídeo y VRML), soporte para la gestión de Derechos Digitales externos y distintos tipos de interactividad.

Las mejoras más importantes con respecto de MPEG-2 se dan en MPEG-4 y son:

- En la codificación por entropía se utiliza Compresión Aritmética Adaptativa en lugar de Huffman.
- Para la transformada, en lugar de DCT, se usa la Transformada de Hadamark, que trabaja con 12 bits por pixel y opera con bloques de 4x4 y 8x8.
- Los bloques de compensación de movimiento son de tamaño variable.
- Utiliza predicción intra imagen
- Codificación de objetos

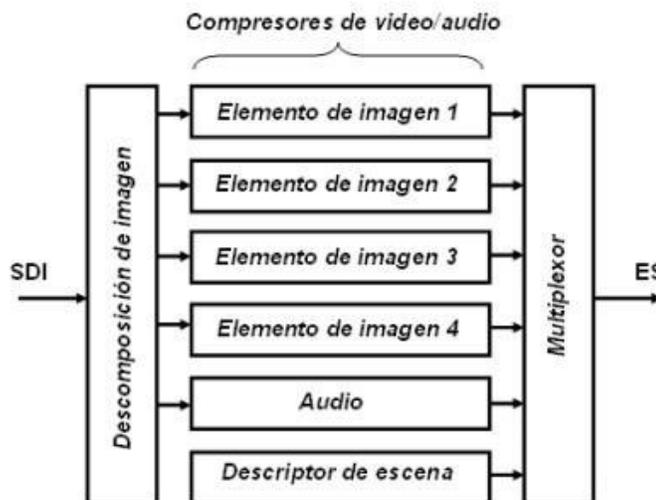


Figura 5: Estándar de Compresión de video MPEG4. (Sequeira, 2012)

OTROS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL

La Televisión Digital Terrestre, cuenta hasta el día de hoy, con 4 estándares los cuales se distribuyen alrededor del globo terráqueo. Dichos estándares son:

- Estándar ATSC
- Estándar DVB-T
- Estándar ISDB-T
- Estándar DTMB

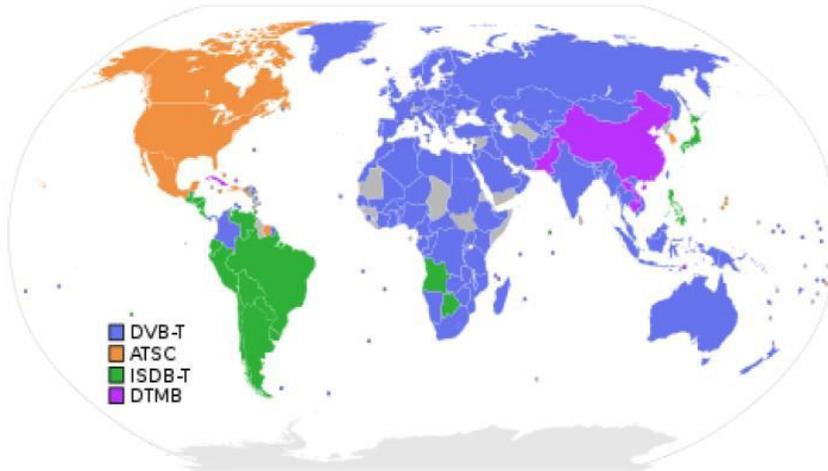


Figura 6: Sistemas de televisión digital terrestre. (Wikipedia, s.f.)

A continuación, se presenta una tabla que hace referencia a un resumen estadístico de los estándares tratados en este apartado.

Estándar	ATSC	ISDB-T	DVB-T	DTMB
Adopción en cantidad de países	6	6	110	1
Países con adopción recomendada	0	0	76	0
Población mundial cubierta	7.50%	4.80%	49.80%	20%

Regiones / Países	América del Norte, Honduras y Corea	Japón, Brasil, Perú, Argentina, El Salvador y Chile	Europa, Asia, Oceanía, África	China
Participación en la estandarización	Esencialmente empresas y estados de América del Norte	Empresas y estados de los países antes mencionados	Coalición de empresas mundiales, coordinadas por el DVB Project (270 miembros)	Empresa y el Estado de China

Tabla 2: Resumen Estadístico de los Estándares de Televisión Digital Terrestre. (Cevallos, 2014)

COMPARATIVA DE ESTÁNDARES

Cada estándar de Televisión Digital Terrestre, posee una serie de parámetros y características que lo identifican, las cuales, pueden ser similares o diferentes a los parámetros de otros estándares. En este apartado se pretende comparar dichas características.

Nombre y país de origen

El estándar ATSC nace en los Estados Unidos en el año de 1996 bajo el nombre de Comité de Sistemas de Televisión Avanzada.

El estándar DVB-T nace en Europa en el año 2000 bajo el nombre de Difusión de video Digital-Terrestre.

El estándar ISDB-T nace en Japón en el año 1998 bajo el nombre de Radiodifusión Digital de Servicios Integrados.

El estándar DTMB nace en China en el año 2006 bajo el nombre de Difusión de Multimedia Digital Terrestre.

Modulación

El estándar ATSC está modulado con la técnica de transmisión: 8-VSB, 16-VSB.

El estándar DVB-T está modulado con la técnica de transmisión: QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM

El estándar ISDB-T está modulado con la técnica de transmisión: 64QAM-OFDM, 16QAM-OFDM, QPSK-OFDM, DQPSK-OFDM.

El estándar DTMB está modulado con la técnica de transmisión: TDS-OFDM, 8-VSB.

Ancho de banda del canal

El estándar ATSC puede ocupar los siguientes anchos de banda de canal: 6,7,8 MHz.

El estándar DVB-T puede ocupar los siguientes anchos de banda de canal: 6,7,8 MHz.

El estándar ISDB-T puede ocupar los siguientes anchos de banda de canal: 6,7,8 MHz.

El estándar DTMB puede ocupar los siguientes anchos de banda de canal: 6,8 MHz.

Estándar de codificación de audio

El estándar ATSC utiliza el estándar de codificación de audio: Dolby AC3.

El estándar DVB-T utiliza el estándar de codificación de audio: MPEG-4.

El estándar ISDB-T utiliza el estándar de codificación de audio: MPEG-2.

El estándar DTMB utiliza el estándar de codificación de audio: MPEG-2, MPEG-4

Estándar de codificación de video

El estándar ATSC utiliza el estándar de codificación de video: MPEG-2.

El estándar DVB-T utiliza el estándar de codificación de video: MPEG-4.

El estándar ISDB-T utiliza el estándar de codificación de video: MPEG-2.

El estándar DTMB utiliza el estándar de codificación de video: MPEG-2, MPEG-4.

Velocidad de transferencia de datos

El estándar ATSC posee una tasa de razón de datos de 19.39 Mbps.

El estándar DVB-T posee una tasa de razón de datos de 7.44-50.32 Mbps.

El estándar ISDB-T posee una tasa de razón de datos de 3.65-30.98 Mbps.

El estándar DTMB posee una tasa de razón de datos de 4.81-21.96 Mbps.

Intervalo de guarda

El estándar ATSC no posee un intervalo de guarda.

El estándar DVB-T posee un intervalo de guarda de: $1/4$, $19/128$, $1/8$, $19/256$, $1/16$, $1/32$, $1/128$.

El estándar ISDB-T posee un intervalo de guarda de: $1/4$, $1/8$, $1/16$.

El estándar DTMB no posee un intervalo de guarda.

Movilidad

El estándar ATSC no tiene implementada la movilidad.

El estándar DVB-T si tiene implementada la movilidad.

El estándar ISDB-T si tiene implementada la movilidad.

El estándar DTMB si tiene implementada la movilidad.

Características del estándar

El estándar ATSC permite la posibilidad de transmitir varias señales en definición estándar combinadas con una señal en alta definición simultáneamente, es decir, permite la multiplexación de varias señales.

El estándar DVB-T permite la transmisión de televisión en alta definición como también televisión convencional por canales terrestres. Además, se pueden difundir programas de radio, así como transmisión de datos para diferentes fines, ya sea entretenimiento o negocios.

El estándar ISDB-T permite la transmisión en el mismo canal al mismo tiempo de un máximo de tres capas o tres grupos de segmentos diferentes conocidos como capa A, B y C.

El estándar DTMB permite difundir un número de programas en alta definición combinados con varios canales convencionales SD (definición estándar) y otro contenido multimedia.

Comparativa de Estándares acorde a ventajas y desventajas

Se procede a hacer un análisis comparativo de los estándares identificando cuales son los puntos más fuertes y más débiles de cada uno.

Ventajas de cada estándar

El estándar ATSC privilegia la alta definición (HDTV), por sobre el multicasting (difusión múltiple) y el datacasting (difusión de datos), con una resolución que duplica a la de la TV analógica. En pocas palabras, este estándar prioriza la alta definición sobre la portabilidad sin mencionar, que posee una gran cobertura y unos receptores de bajo costo.

Otra ventaja del estándar ATSC, se refiere a que es más robusto en un canal Gaussiano y tiene mejor uso en la eficiencia del espectro. Por lo tanto, este estándar puede ser más ventajoso en la implementación de redes de frecuencias múltiples para televisión en alta definición.

El estándar DVB-T es muy interactivo e inclusivo, tiene ventajas de rendimiento en cuanto a distorsiones creadas por retrasos por multitrayectorias. Este sistema puede ser más ventajoso en la implementación de servicios que requieran redes de frecuencia única a gran escala.

El estándar ISDB-T es robusto y flexible, apto para diversos servicios con modulación independiente. Este estándar fue diseñado para operar en redes de frecuencia única a gran escala y en ambiente para recepción móvil.

El estándar DTMB no es sensible al ruido impulsivo, presenta una buena movilidad ya que fue diseñado para recepción fija y móvil. También tiene la ventaja de que funciona para redes de frecuencia única como para redes de frecuencia múltiple.

Desventajas de cada estándar

El estándar ATSC tiene como desventaja que su máxima fortaleza también es su máxima debilidad, es decir, tiene problemas en el sentido que la calidad de alta definición (HDTV) está por encima de la interacción, también presenta problemas de movilidad en el proceso de implementación.

El estándar DVB-T tiene como desventaja que posee mala recepción en movimiento.

El estándar ISDB-T tiene como desventaja que este estándar, posee unos costes elevados para su implementación.

El estándar DTMB tiene como desventaja que este estándar, posee unos costes elevados para su implementación.

CAPÍTULO II: PARÁMETROS DE CALIDAD ASOCIADOS A LA TELEVISIÓN DIGITAL

INTRODUCCIÓN

El Capítulo II denominado: “Parámetros de Calidad Asociados a la Televisión Digital”, trata sobre la realización de un resumen general de los parámetros tanto los que se obtienen en campo, como los que se obtienen de pruebas de laboratorio, todo esto bajo la tutela de los organismos normalizadores que se encuentran en Brasil, Japón y de la UIT. Entre algunos parámetros que han sido establecidos, se pueden mencionar: Potencia de recepción (señal), Cálculos de BER, Característica de Retardo de Grupo, Retardo de Señal, Intermodulación, Consumo de energía, Señal de Entrada, Impedancia, etcétera.

PARÁMETROS DE CALIDAD DADO POR ORGANISMOS NORMALIZADORES

Los parámetros de calidad del estándar ISDB-Tb, han sido obtenidos de 3 entidades normalizadoras quienes han definido dichos parámetros, dichas entidades normalizadoras son:

- ABNT (Asociación de Normas Técnicas de Brasil)
- UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)
- JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association)

De ellas, se extrajeron una serie de parámetros de calidad, los cuales son listados a continuación:

Parámetros que son obtenidos en campo	Parámetros que son obtenidos en escenarios de prueba controlados o laboratorio de prueba
<p>Nivel de Señal</p> <p>Medición de BER</p> <p>Medición de MER</p> <p>Test de constelaciones</p> <p>Mediciones relacionadas con I/Q</p>	<p>Desviación de Frecuencia</p> <p>Anchura de banda ocupada</p> <p>Emisiones no deseadas y espurias</p> <p>Ruido de fase</p> <p>Característica Amplitud – Frecuencia</p> <p>Retardo de Señal</p> <p>Intermodulación</p> <p>Consumo de energía</p> <p>Señal de Entrada</p> <p>Impedancia</p> <p>Potencia de Ruido</p>

Tabla 3. Parámetros de calidad del estándar ISDB-Tb. (Elaboración propia).

Dichos parámetros, serán analizados a continuación.

Nivel de Señal.

Es el parámetro de calidad en donde el receptor debe de ser capaz de procesar exitosamente la señal modulada. Para que el nivel de señal se encuentre en una recepción óptima, la norma especifica el rango que va como nivel de señal mínimo los -77.4 dBm hasta los -20 dBm como nivel de señal máximo.

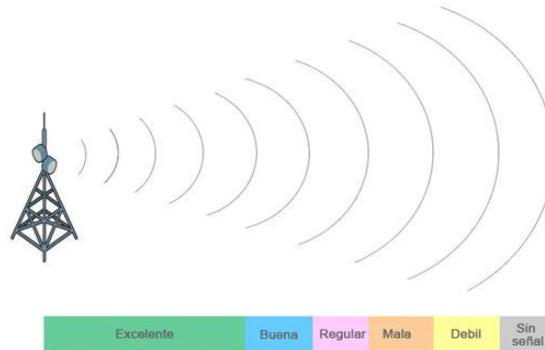


Figura 7. Nivel de Señal. (Noise level s.f.)

Medición de BER.

Conocido como tasa de error de bit, es el parámetro de calidad donde se determina el promedio de errores ocurridos en la transmisión provocada por la interferencia, ruido, fluctuación, etc, durante un intervalo de tiempo. La norma especifica que para un valor medido de BER menor de 10^{-6} se considera una buena calidad de la señal modulada.



Figura 8. Medición de BER.(Rohde & Schwarz s.f.)

Medición de MER.

Conocido como tasa de error de modulación, es el parámetro de calidad donde nos informa de la exactitud de una constelación en donde se coloca la posición teórica ideal y se registra la desviación de los puntos. Dicho parámetro, especifica que tan buena es la calidad de la señal modulada y según la norma, un valor cercano a 35 dB es considerado una buena medición de tasa de error de modulación.

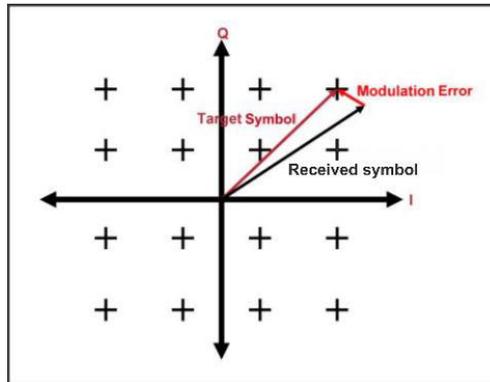


Figura 9. Medición de MER. (MER s.f.)

Test de constelaciones.

Es el parámetro de calidad en donde se representa gráficamente la portadora en su Fase y cuadratura (I/Q) expresada en un diagrama polar de los símbolos digitales recibidos en un periodo de tiempo. Nos sirve para ver la interferencia, propagación, dispersión, obstrucción, etc, de la información de la modulación que en el caso del estándar, la modulación es del tipo QAM.

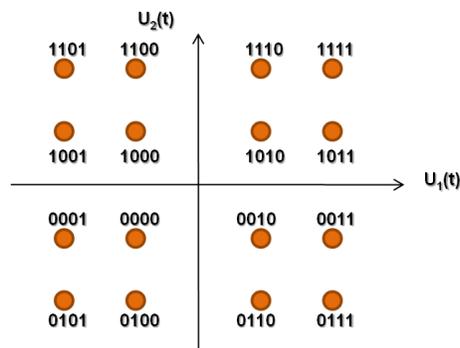


Figura 10. Diagrama de constelaciones. (Test de constelaciones s.f.)

Mediciones relacionadas con I/Q.

Es el parámetro de calidad, en donde está representado el desbalance de amplitud, e sto quiere decir que la cuadratura es de noventa grados en el diagrama de constelación, cuando este valor no es exactamente noventa grados, ese desequilibrio de fase es lo que se conoce como el desbalance de amplitud.

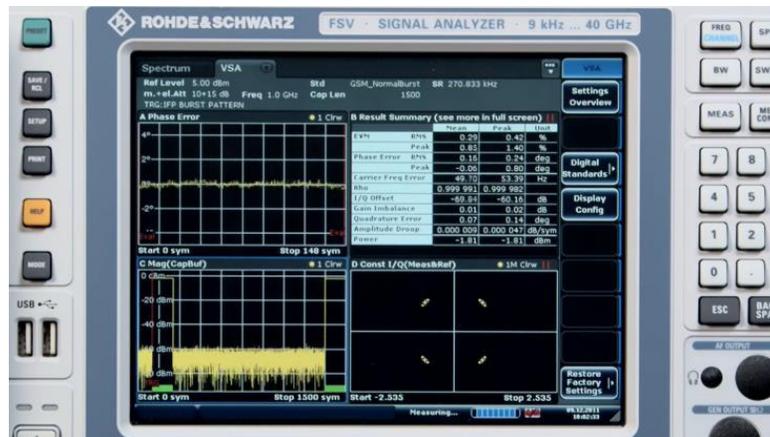


Figura 11. Mediciones relacionadas con I/Q. (Rohde & Schwarz s.f.)

Desviación de frecuencia.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la diferencia entre la frecuencia de transmisión medida y la frecuencia especificada, cabe resaltar que dicha desviación es constante. Según la norma, se especifica que dicha desviación tiene que ser menor a 1 Hz.

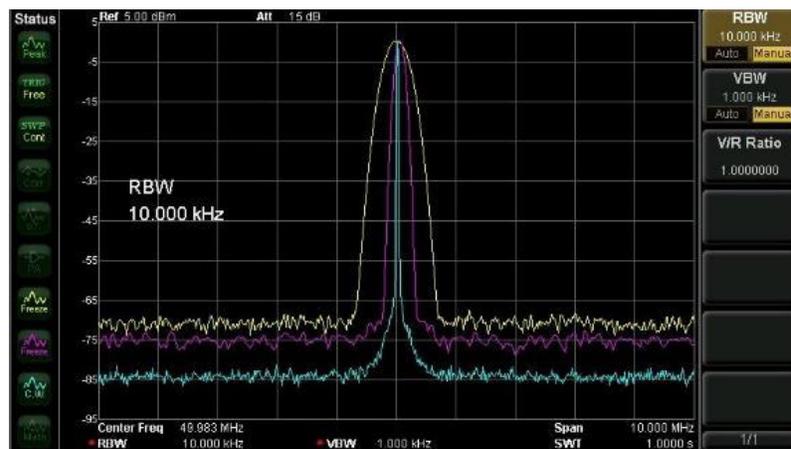


Figura 12. Desviación de frecuencia. (Rigol s.f.)

Anchura de banda ocupada.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como el rango de frecuencias asignado por parte del ente regulador en donde se concentra la mayor potencia de la señal. La norma, específica para este parámetro, el poder medir el noventa y nueve por ciento de la potencia transmitida.



Figura 13. Anchura de banda ocupada. (Rigol s.f.)

Emisiones no deseadas y espurias.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como las emisiones armónicas, espurias que son las que se encuentran fuera del ancho de banda asignado por el ente regulador. Son causadas por la interferencia, armónicos de la señal, etc.

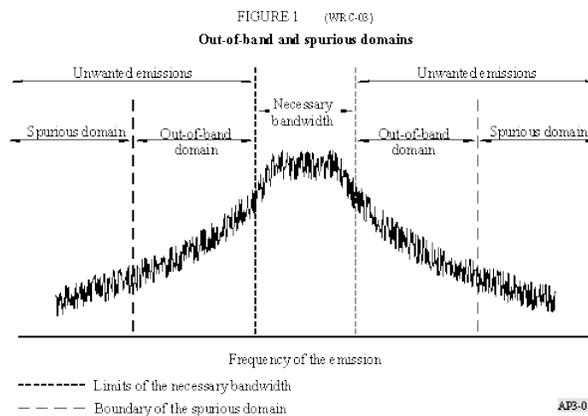


Figura 14. Emisiones no deseadas y espurias. (Spurious domain s.f.)

Ruido de fase.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la señal no deseada que se mezcla con la señal útil que se quiere transmitir, proveniente del resultado de diversos tipos de perturbaciones de frecuencias del espectro de la señal. Cabe mencionar, que esta desviación es variable, por lo que el ruido, se puede presentar en cualquier rango de frecuencia.

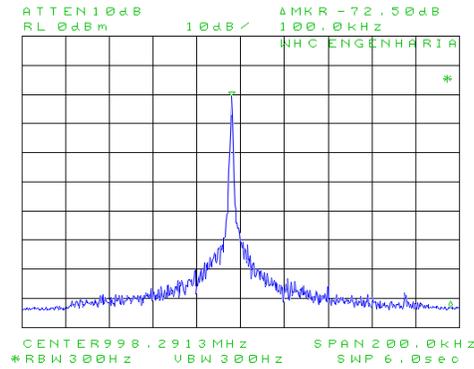


Figura 15. Ruido de Fase. (Rohde & Schwarz s.f.)

Característica amplitud-frecuencia.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la acción de realizar un barrido de frecuencia para constatar mediante los equipos validados, el cambio de amplitud presente en la forma de onda AM, conocido como índice de modulación y dicha acción, se representará como información de comparación.

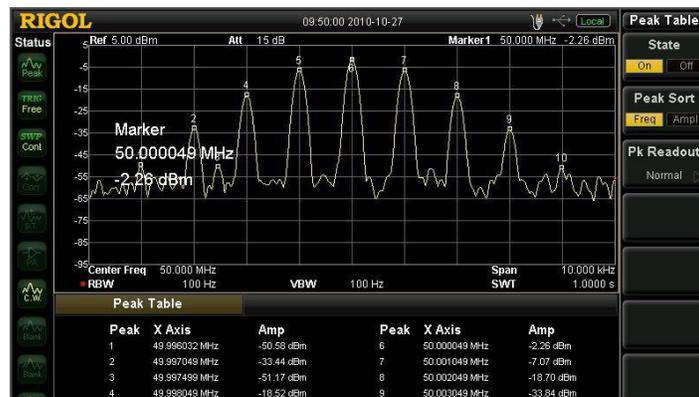


Figura 16. Característica amplitud-frecuencia. (Rigol s.f.)

Retardo de señal.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como el tiempo que transcurre entre la emisión y la recepción de una señal. Dicho intervalo de tiempo dependerá del número de portadoras a utilizar en el modo de transmisión de la señal.

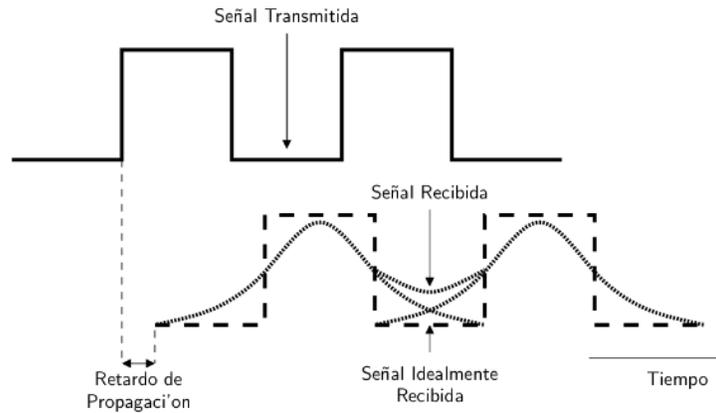


Figura 17. Retardo de Señal. (Señal s.f.)

Intermodulación.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la modulación de amplitud no deseada de 2 o más frecuencias diferentes. Dicho parámetro formará señales adicionales en frecuencia, que se obtendrían de la suma o resta de las frecuencias originales.

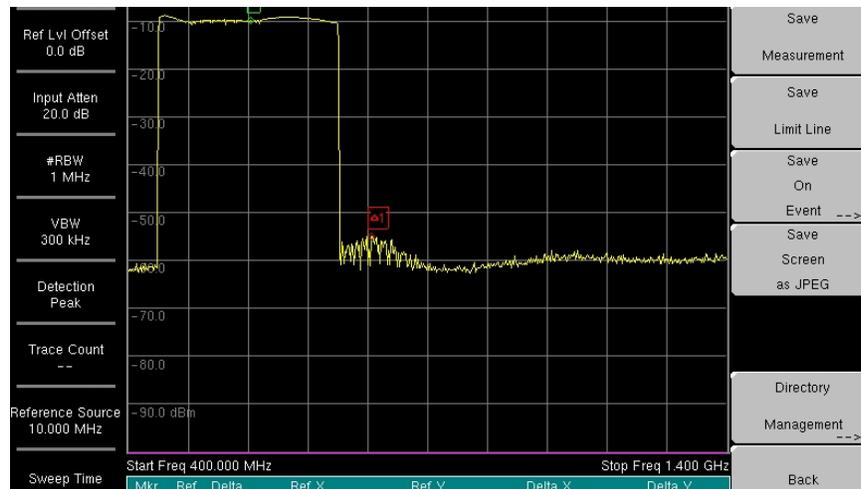


Figura 18. Intermodulación. (Rohde & Schwarz s.f.)

Consumo de energía.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la medición del consumo de energía constatando que esta sea constante a lo largo del tiempo.



Figura 19. Consumo de energía. (Circutor s.f.)

Señal de entrada.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como la medición a través del barrido de frecuencia, de una serie de aspectos que se pueden conocer de la señal modulada, tales como la frecuencia, la distorsión, los armónicos, el ancho de banda, potencia de señal, etc.

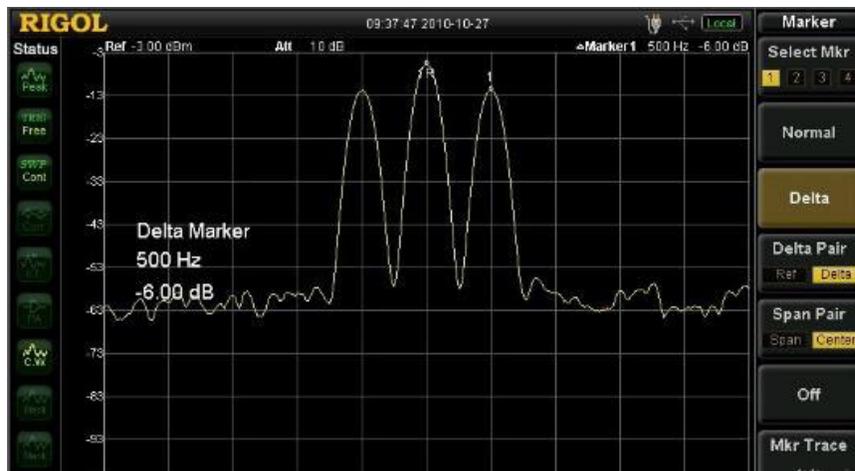


Figura 20. Señal de Entrada. (Rigol s.f.)

Impedancia.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como el valor que garantiza la máxima transferencia de energía en la cual idealmente y según la norma, en un punto de medición del sistema de transmisión, el valor de impedancia de salida, tiene que ser igual al valor de impedancia de entrada.

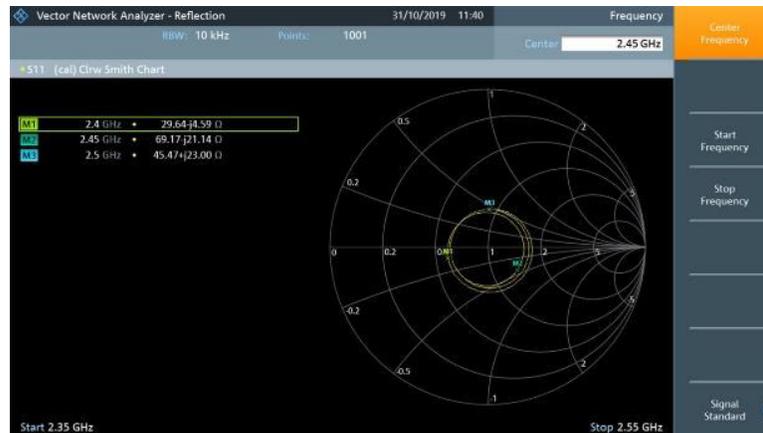


Figura 21. Impedancia. (Rohde & Schwarz s.f.)

Potencia de ruido.

Es el parámetro de calidad en donde se puede definir como cualquier señal recibida que perturba la señal de transmisión. Dicha interferencia según la norma, puede calcularse u obtenerse, a través de la relación señal a ruido aseverando que una SNR favorable puede rondar el valor de 25 dB o un poco más.

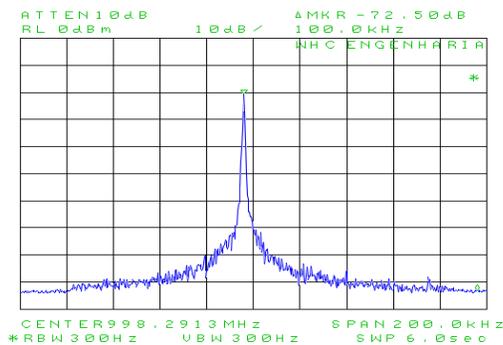


Figura 22. Potencia de ruido. (Rohde & Schwarz s.f.)

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE VIDEO Y DE SERVICIO DEL ESTÁNDAR ISDB-Tb EN EL SALVADOR

INTRODUCCIÓN

El Capítulo III denominado: “Propuesta de Estimación de la Calidad de Video y Servicio del Estándar ISDB-Tb en El Salvador”, trata sobre la realización de una metodología basada en fases, la cual va a permitir poder explicar de la mejor manera, cuales son las alternativas de solución para que la propuesta metodológica se pueda a llevar a cabo de la mejor manera posible.

Dichas fases se agrupan en cuatro áreas las cuales son: pruebas de laboratorio, predicción teórica de los parámetros, pruebas de campo y evaluación subjetiva.

PROPUESTA METODOLÓGICA

Continuando con la estructura de esta investigación, toca hablar acerca de una propuesta metodológica que venga a agrupar un mecanismo de evaluación de los parámetros de calidad antes mencionados.

Cuando hablamos de propuesta, estamos hablando de la meta final de una investigación, la cual permite estructurar de manera correcta la solución al problema mediante una metodología que no es nada más que la aplicación sistemática de una serie de métodos y técnicas con el fin de alcanzar un resultado teóricamente válido.

Para el caso de la propuesta metodológica, esta se agrupara de la siguiente manera:

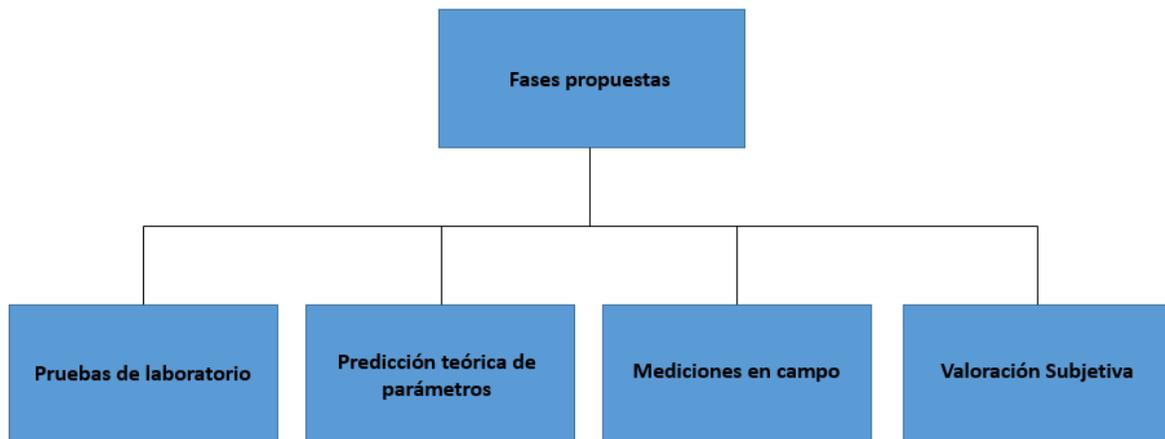


Figura 23. Fases propuestas de la metodología. (Elaboración propia.)

PRUEBAS DE LABORATORIO

Cuando hablamos de pruebas de laboratorio, estamos hablando de la acción de comprobar la transmisión bajo condiciones controladas mediante el uso de equipo acondicionado para ello.

Los parámetros de calidad a considerar en este apartado son los siguientes:

- Test de Constelaciones
- Mediciones Relacionadas con I/Q
- Desviación de Frecuencia

- Anchura de Banda Ocupada
- Emisiones no deseadas y espurias
- Ruido de Fase
- Característica Amplitud- Frecuencia
- Retardo de la Señal
- Señal de Entrada
- Consumo de Energía

A continuación, se presenta una metodología de obtención de los parámetros expuestos anteriormente.

La metodología en esta fase propuesta consistirá en explicar el equipo disponible para la evaluación de los parámetros de calidad.

Analizador de Espectros

Es un instrumento de medición utilizado con regularidad en laboratorios para realizar diversos análisis espectrales, los cuales un osciloscopio convencional no sería capaz de detectar. Para el caso de la metodología, se tiene que evaluar primeramente cuales son las prestaciones que posee un analizador de espectros sin opciones, y posteriormente después de dicha evaluación, considerar añadirle más prestaciones al equipo para que el rango de parámetros a medir sea mucho mayor.

Por ejemplo, si se toma de base un analizador de espectros comercial, en general se sabe que estos poseen ciertas características, como lo son:

- ✓ Frecuencia de trabajo bajo todos los modos, con una frecuencia que puede rondar de entre los 1 kHz hasta los 4.0 GHz.

- ✓ Capaz de obtener parámetros como lo son: la frecuencia, el ancho de banda, la amplitud, a través de un sweep (barrido), trigger, etc.
- ✓ Mediciones bajo los parámetros de modulación tales como: 2FSK, 4FSK, 8FSK, BPSK, QPSK, OQPSK, DQPSK, $\pi/4$ -DQPSK, 8PSK, D8PSK, $\pi/8$ -D8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM.

Ahora bien, al analizar dichas características, se puede considerar ampliar las prestaciones del analizador para poder obtener parámetros adicionales, entre las prestaciones que se pueden ampliar de manera general en los analizadores de espectro comerciales son:

- ✓ Aplicación de medición de análisis de señal vectorial, para poder evaluar los parámetros como lo puede ser mediciones relacionadas con I/Q, test de constelaciones, etc.
- ✓ Software para PC analizador de espectro, para evaluar el comportamiento a través de un software utilizando una computadora.



Figura 24. Analizador de Espectros. (Rigol s.f.)

Analizador de Televisión

Es un medidor de campo y analizador de espectros de uso profesional enfocado a mediciones relacionadas con la TV, Satélite, CATV y Wifi. Para este equipo, es de considerar los que posean la certificación de poder realizar mediciones utilizando el estándar ISDB-Tb, dado que ese es el estándar que se trabaja en el país. Estos analizadores, poseen una gran cantidad de características de entre las cuales se pueden mencionar: Visualización del espectro en tiempo real, análisis dinámico de parámetros como BER, MER, diagrama de constelaciones en tiempo real, así como

también, algunos equipos del mercado poseen y ya traen integrado, un Analizador, grabador y reproductor de la señal transmitida.



Figura 25. Analizador de Televisión. (PROMAX s.f.)

Analizador de Ruido de Fase

Este equipo es ideal para realizar el análisis del parámetro de ruido de fase. Dicho analizador, es un analizador de señal y espectro de alta gama que posee una sensibilidad muy alta para mediciones de ruido de fase hasta en señales pulsadas a través de un excelente rendimiento cerca de la portadora. El rango de frecuencia de operación ronda de los 1 MHz hasta los 50 GHz, que permite que se pueda medir simultáneamente, el ruido de fase y el ruido de amplitud.



Figura 26. Analizador de ruido de fase. (Rohde & Schwarz s.f.)

Medidor de Energía

Más comúnmente conocido como contador, es un instrumento que mide el consumo de energía eléctrica utilizado. Su calibración es en Kilowatt por hora. Para el caso de la metodología, su uso consistirá en medir el consumo del equipo de transmisión y cerciorarse de que esta sea constante a lo largo del tiempo.



Figura 27. Medidor de energía. (Iluminación y Tecnología S.A. s.f.)

Existen investigaciones acerca de esta metodología propuesta, como por ejemplo:

Medición de Parámetros de Calidad de las Señales de Televisión Digital Terrestre (TDT) en Sitios Identificados como Zonas de Sombra Dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Se presenta una muestra de los resultados obtenidos en las mediciones de parámetros de calidad de las señales de televisión digital terrestre realizadas dentro del Distrito Metropolitano de Quito en sitios identificados como zonas de sombra, donde no existe línea de vista con los lugares de transmisión de TDT.

Las mediciones de parámetros de calidad de las señales fueron realizadas en varios puntos, tomando como referencia las configuraciones, en la que intervinieron parámetros técnicos como: potencia de transmisión, bit rate, intervalo de guarda; esto con el objeto de poder definir una combinación en la que los parámetros técnicos de operación de los diferentes canales de televisión permitan garantizar la calidad de su señal.

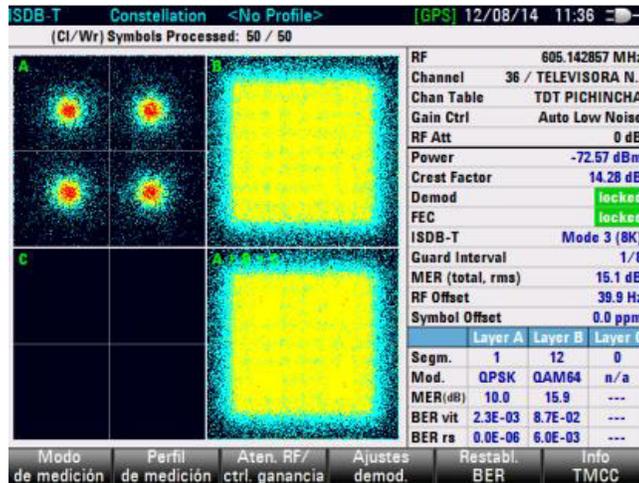


Figura 28. Diagrama constelación canal 36 UHF. (Repositorio IEEE s.f.)

La figura 28, representa la operación del canal 36 UHF Ecuavisa, con problemas en la recepción. Se presenta una señal con muchos errores, alto ruido, haciendo que la etapa de corrección de errores del analizador no pueda reconfigurar la señal.

PREDICCIÓN TEÓRICA DE PARÁMETROS

Cuando hablamos de predicción teórica, estamos hablando de la acción de estimar la transmisión desde el punto de vista teórico, es decir, utilizando datos de parámetros conocidos, con el uso de herramientas informáticas (software), se va a estimar u obtener información valiosa de los parámetros de la señal transmitida.

Los parámetros de calidad a considerar en este apartado son los siguientes:

- Nivel de Señal en Recepción
- Intermodulación

A continuación, se presenta una metodología de obtención de los parámetros expuestos anteriormente.

La metodología en esta fase propuesta, consistirá en explicar los softwares disponible para la evaluación de los parámetros de calidad.

Software SIFM de Sennheiser

SIFM es el software de Sennheiser para un cálculo rápido de radiofrecuencias libres de intermodulación para sistemas de micrófono inalámbricos. La interferencia debido a la intermodulación generalmente ocurre cuando al menos dos transmisores cercanos a la antena receptora producen señales muy fuertes en el receptor.

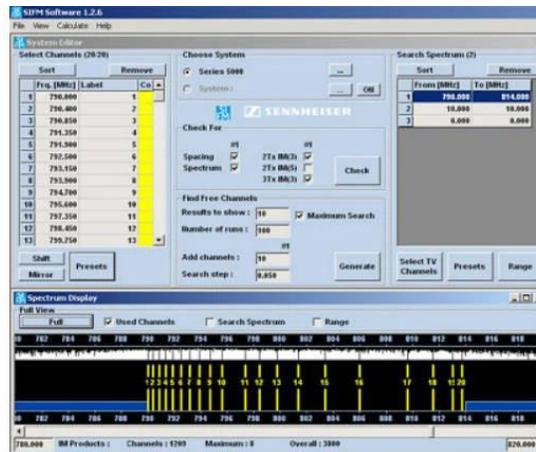


Figura 29. Software SIFM. (Sennheiser s.f.)

Software SOLARIA MICROWAVE CBT

Es un software asistente de diseño de celdas celulares, trunking, puntos de acceso, radiodifusión FM y TV, que posee un rango de frecuencia de trabajo que va desde los 20 MHz hasta los 40 GHz.

Entre las funcionalidades que ofrece, está la cobertura CBT, que esto quiere decir que arroja los resultados de la simulación de la cobertura en forma de una imagen con un código de colores y estos códigos de colores, están asociados a una serie de valores de potencia, etc. También entre otras funcionalidades se encuentra la cobertura de línea vista, editor de antenas, etc.

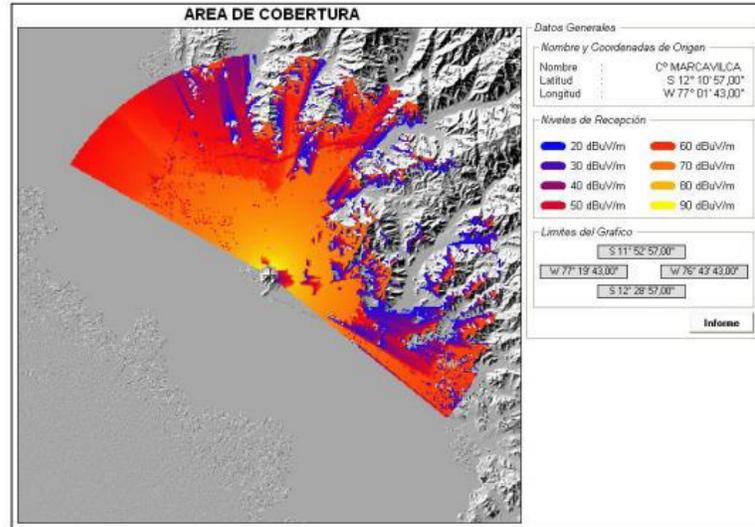


Figura 30. Software SOLARIA. (SOLARIA s.f.)

Software RADIOMOBILE

Es un software de uso libre el cual funciona como una herramienta de predicción de propagación de ondas de radio. Utiliza información digital del terreno para simular las transmisiones a radio entre 2 sitios fijados (radioenlace) o entre un sitio fijo y uno móvil (cobertura de radio).

Para que Radiomobile brinde el parámetro de nivel de señal, pérdidas, etc, es necesario conocer a priori los siguientes parámetros: potencia de transmisión, pérdida de línea, ganancia de antena, tipo de antena, azimut de la antena transmisor, inclinación, altura, longitud, latitud, etc, aplicado de igual manera al receptor.

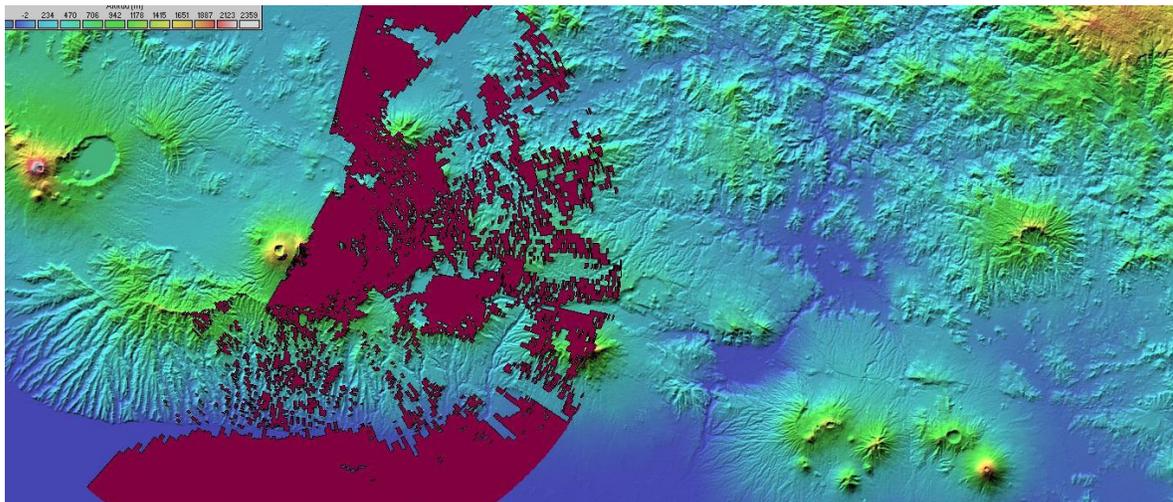


Figura 31. Mapa cobertura radiomobile. (RadioMobile s.f.)

Existen investigaciones acerca de esta metodología propuesta, como por ejemplo (realizado por mí):

Análisis utilizando el Software de Uso Libre RadioMobile

Se realizará un análisis utilizando el Software de Uso Libre denominado RadioMobile, para poder obtener los parámetros de enlaces de radio y mapeo de cobertura sobre una simulación geográfica, acerca del Sistema de Televisión Digital Terrestre, tomando como referencia al del Canal 10 de Televisión.

Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

Identificar de manera geográfica, los 2 puntos donde se encuentra los transmisores ISDB-Tb.

Dichos transmisores se encuentran en los siguientes puntos del país:

#	Transmisor	Coordenadas Geográficas
1	Transmisor Ubicado en el Cerro el Picacho, San Salvador	Latitud: 13°44'40.49"N Longitud: 89°15'23.01"O
2	Transmisor Ubicado en Cerro Cacahuatique, Morazán	Latitud: 13°46'14.41"N Longitud: 88°12'38.67"O

Tabla 4: Tabla de coordenadas geográficas de los transmisores. (Ayala M, 2021)

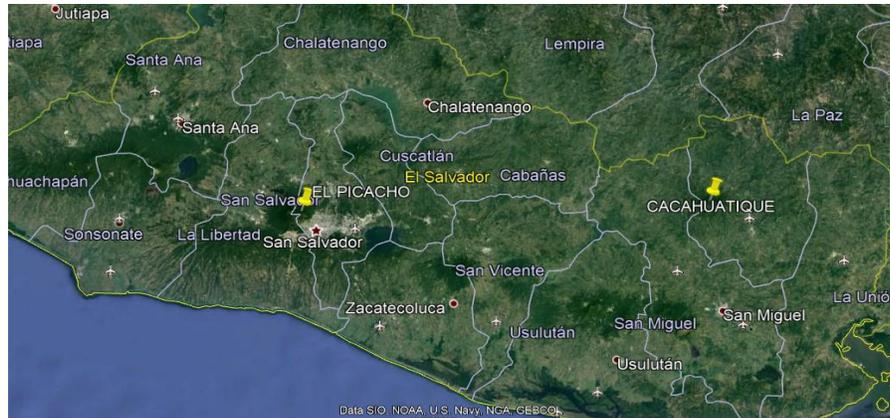


Figura 32: Imagen de Google Earth. (Ayala M, 2021)

Una vez habiendo realizado la ubicación geográfica de los transmisores, se utiliza el Software de Uso Libre RadioMobile con los siguientes parámetros a continuación para poder obtener el mapa geográfico en el programa.

Dichos parámetros, se resumen a que, en la Opción de Archivos, seleccionamos el ítem que está descrito como “Propiedades del mapa”; entonces al seleccionar se obtiene este cuadro, donde se pone una coordenada promedio del mapa de El Salvador, para poder obtener en Radiomobile, una vista parecida a lo que se obtiene en Google Earth.

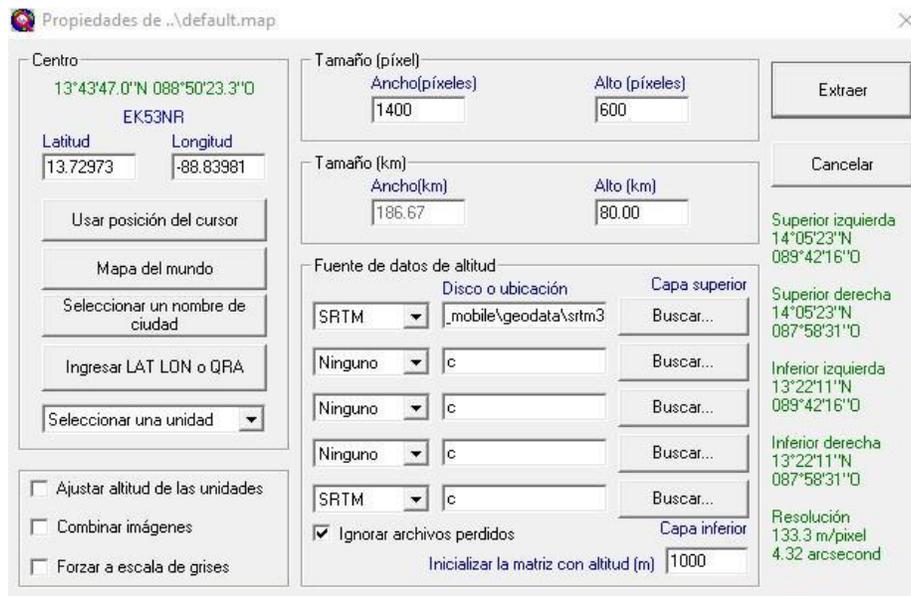


Figura 33: Imagen de Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

Posteriormente de haber configurado el mapa en Radio Mobile, se procede siempre en la Opción de Archivos, a irse a la opción Propiedades de la Unidad, en donde se pondrá los transmisores, para que estos puedan ser colocados en el Software Radio Mobile.

Paralelamente a dicho requerimiento, se obtuvo en base a la coordenada, los m.s.n.m. de cada instalación del transmisor, obteniéndose lo siguiente:

#	Transmisor	Altura en m.s.n.m.
1	Transmisor Ubicado en el Cerro el Picacho, San Salvador	1891.9
2	Transmisor Ubicado en Cacahuatique, Morazán	1625.9

Tabla 5: Tabla de altura en metros sobre el nivel del mar de los receptores. (Ayala M, 2021)

Media vez se haya creado las Propiedades de Unidad tanto de los Transmisores, se procede a realizar las Propiedades de Redes, con los Parámetros del Transmisor.

Dichos parámetros del transmisor, serán resumidos en este apartado y ampliado, en la hoja de anexos, donde se agregará el datasheet del equipo, es decir, la información del transmisor y de la antena a utilizar, tanto del lado del transmisor, como del lado del receptor.

Antes de describir acerca de los parámetros del transmisor y del receptor, cabe aclarar que Según el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias brindado por la SIGET:

“El rango de Frecuencia de entre 698 – 806 MHz, es parte del rango del espectro que la SIGET pretende concesionar, para darle un uso a la Radiodifusión con carácter de Televisión Digital Abierta.”

Este rango se asignó de dicha forma, debido a una sentencia de la Sala de lo Constitucional, que mandó al organismo SIGET, a readecuar, el proceso de concesión del espectro radioeléctrico, con el fin de dejar de la mejor manera posible, la reasignación de frecuencias y concesiones según el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.



Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias - El Salvador			
Región 2 - UIT	Atribución Nacional	Observaciones	Uso
698 – 806 MÓVIL RADIODIFUSIÓN Fijo	698 – 806 RADIODIFUSIÓN	La actualización de las atribución y uso de esta banda, conforme al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT, se realizará una vez la SIGET haya reorganizado las frecuencias a los operadores de televisión afectados por la Televisión Digital Terrestre, que deban migrar hacia otras frecuencias, de conformidad a como se establezca en el Plan Nacional de la Televisión Digital Terrestre, en cumplimiento a lo ordenado en la Sentencia de Inconstitucionalidad 65-2012/36-2014 y mediante el Art. 35 de las disposiciones transitorias del Decreto Legislativo No. 372, de fecha 5 de mayo de 2016, publicado en el Diario Oficial No. 91, Tomo No. 411, del 18 de mayo de 2016.	R

Figura 34: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. (SIGET, 2019)

Los demandantes solicitaron como medida cautelar la suspensión de la aplicación de las disposiciones impugnadas, específicamente: (i) La suspensión de las prórrogas automáticas de las concesiones para la explotación del espectro radioeléctrico; y (ii) la suspensión de asignación de nuevas frecuencias a los actuales concesionarios.

Figura 35: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)

En razón de las diversas peticiones realizadas en los escritos detallados, esta Sala emitió auto de 19-IX-2014, en el que, en primer lugar, se aclaró que la medida cautelar dictada en este proceso se refiere específicamente a la suspensión provisional de las concesiones de frecuencias del espectro radioeléctrico de radiodifusión sonora como de televisión, tal como se planteó por los actores en la demanda, por lo que tal medida no incluye las frecuencias de telefonía móvil, en específico las señaladas por la Superintendente General de Electricidad y Telecomunicaciones.

Figura 36: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)

No hubiera existido inconstitucionalidad –continuaron– si la asignación de frecuencias, en caso de oposición, fuesen resueltas sobre la base de criterios más amplios que respondiesen a la rentabilidad social, como un concurso público donde se valorase, más que la capacidad de adquirir las frecuencias, el beneficio social derivado de la utilización del espectro, como ocurre en otros países de América Latina, para garantizar un acceso más democrático o al menos no tan elitista a este recurso.

Figura 37: Sentencia 2012-36-2014. (Corte Suprema de Justicia, 2015)

La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (Siget), subastará la banda 700 Mhz para consolidar la implantación de la televisión digital, informó ayer su titular, Manuel Ernesto Aguilar.

“Este año tendremos más subastas. Ya terminamos el trabajo en centros penales, ya estamos trabajando para agilizar el internet del país, ahora vamos a subastar la banda 700 HMz para poder llegar a una cobertura total y así salir de la lista negra de los países con poco espectro asignado y lo vamos a hacer en corto tiempo”, explicó el superintendente.

La banda 700 MHz es un segmento del espectro radioeléctrico con características ideales para la transmisión de datos inalámbricos, al ubicarse en una frecuencia baja, lo que permite una propagación que amplía el rango de cobertura mucho más ideal. Además, emite una mejor recepción en el interior de construcciones urbanas.

Figura 38: SIGET subastará frecuencias para la Televisión Digital. (Jonathan Pineda, 2020)

De tal modo, que la frecuencia de operación del Transmisor en el caso de la simulación en RadioMobile, será de 700 MHz con un ancho de banda que según el estándar puede ser de 6 MHz, por ende, el rango de frecuencia de operación de la simulación será de 700 – 706 MHz.

En RadioMobile, una vez creado las unidades en Propiedades de unidades, nos vamos a Propiedades de Redes y a su vez, nos vamos a la Pestaña de Parámetros, donde pondremos la información del rango de frecuencia de operación y seguido a ello, se va a determinar la Polarización del Sistema, que para Radiodifusión, se recomienda que el sistema tenga una Polarización Horizontal.

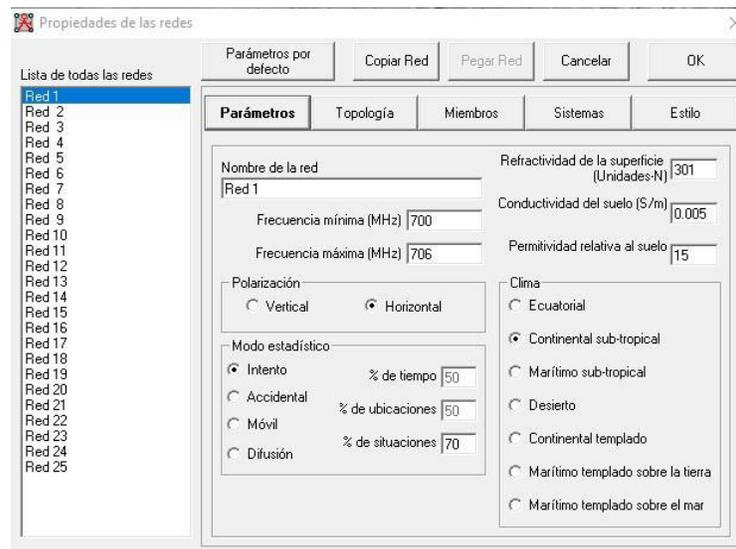


Figura 39: Imagen de RED 1 Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

Luego se ajusta el clima dejándolo a clima que se posee en este país, el cual es un clima Sub-Tropical y los demás valores, se dejan por defecto. Esto se hará para determinar tanto la Red 1

como la Red 2. Una vez, habiendo creado los parámetros en propiedades de la red, hay que irnos a la opción que se llama “Sistemas”, la cual fue configurada de la siguiente forma:



Figura 40: Imagen de Sistema Estación Picacho Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

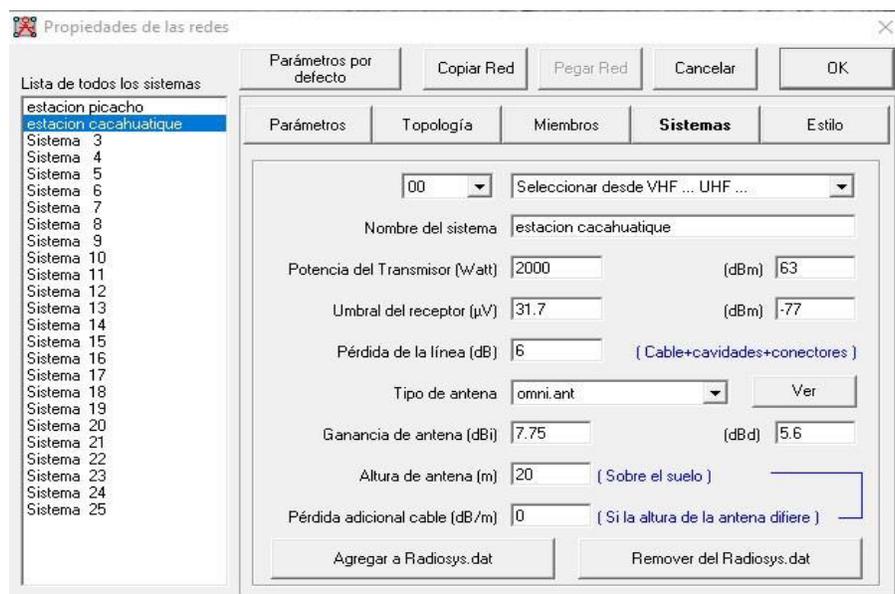


Figura 41: Imagen de Sistema Estación Cacahuatique Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

Como puede observarse, se crearon 2 sistemas en propiedades de la red, un sistema que hace referencia a la Estación Picacho y otro sistema que hace referencia a la Estación Cacahuatique. Ambos sistemas por estar en la banda de frecuencia de transmisión de 700-706 MHz, es un sistema UHF para ambos casos.

El nombre del sistema para el caso del transmisor colocado en el Picacho, se denomina “ESTACIÓN PICACHO” y para el caso del transmisor colocado en el Cerro Cacahuatique, el sistema se denomina “ESTACIÓN CACAHUATIQUE”.

La potencia del transmisor, es una potencia del equipo de carácter similar que se utiliza como Transmisor en el Canal 10 de Televisión, por ende dicha potencia rondará los 2000 Watts, potencia que el Transmisor propuesto, cumple y que será más detallado en la parte de los anexos.

El umbral del receptor es la intensidad mínima de energía que un detector puede registrar. Según la norma, el umbral del receptor mínimo para el estándar ISDB-Tb, es de -77,4 dBm, lo cual si se busca en las tablas de conversión de dBm a uV, se obtiene lo siguiente:

-75	39.9
-76	35.5
-77	31.7
-78	28.2
-79	25.2
--	--

Figura 42: Conversión dBm a microvoltios. (Ayala M, 2021)

Esto quiere decir que el umbral de receptor para el caso de la simulación en RadioMobile, será de 31.7 micro voltios.

El siguiente apartado a llenar, tiene que ver con la Pérdida de la línea (cable+cavidades+conectores), para ello, se presentará, la información de la antena que funcionará como transmisor:



Figura 43: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.)

Dicha antena, es una PA41L-UHPHP 470-806 MHz Power Antenna Manufacturing, la cual posee la siguiente información:

Frequency Range: 470-806 MHz
 Input connector: 7-16 DIN female
 VSWR: Model PA41H-UHPHP < 1.10 from 600-806 MHz
 Model PA41L-UHPHP < 1.10 from 470-600 MHz
 Return Loss: Model PA41H-UHPHP < -26 dB from 600-806 MHz
 Model PA41L-UHPHP < -26 dB from 470-600 MHz
 Gain: 11 dBd
 Polarization: Horizontal
 Impedance: 50 Ω
 Max. input power: 2 kW
 -3dB HPBW (E-Plane): 64 degrees
 -3dB HPBW (H-Plane): 28 degrees

Figura 44: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.)

Entonces con dicha información, podemos obtener la Pérdida de la Línea en dB, para lo cual, necesitamos la siguiente tabla:

SWR	Cable loss @ SWR=1, dB	r	d	p	p/d	Total loss, dB	Extra loss due to SWR, dB
1,0	6,0	0,000	0,251	0,251	1,000	-6,0	0,0
1,5	6,0	0,200	0,251	0,204	0,810	-6,9	-0,9
2,0	6,0	0,333	0,251	0,171	0,681	-7,7	-1,7
2,5	6,0	0,429	0,251	0,148	0,587	-8,3	-2,3
3,0	6,0	0,500	0,251	0,130	0,516	-8,9	-2,9
3,5	6,0	0,556	0,251	0,116	0,461	-9,4	-3,4
4,0	6,0	0,600	0,251	0,104	0,416	-9,8	-3,8
4,5	6,0	0,636	0,251	0,095	0,379	-10,2	-4,2
5,0	6,0	0,667	0,251	0,087	0,348	-10,6	-4,6
5,5	6,0	0,692	0,251	0,081	0,322	-10,9	-4,9
6,0	6,0	0,714	0,251	0,075	0,299	-11,2	-5,2

Figura 45: Pérdida de Línea no coincidente. (Geekly articles, s.f.)

Esta tabla, mediante el uso del SWR, nos brinda la pérdida del cable en dB.

Como el VSWR es menor a 1.1, según la Figura, para un SWR igual a 1.0, la pérdida de cable en dB corresponderá a 6.0 dB.

En el siguiente apartado del sistema tanto del Picacho como de Cacahuatique, hay que escoger el tipo de arreglo de la antena del transmisor, y para esta simulación, se escogió un arreglo de antenas de tipo Omnidireccional que, en campo sería de la siguiente forma:



Figura 46: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.)

Por consiguiente, hemos escogido un arreglo de 4 antenas que juntas, hacen la función de una omnidireccional.

# of Bays	Panels per Bay	Total # of Panels	Gain (dBd)	Gain (Pr)	Weight (Kg) w/o mounts	Overall Height (meters)	Windload kN @ 160 km/h
1	1	1	11.0	12.59	12	1.2	1.0
	2	2	8.5	7.08	24		1.3
	3	3	6.7	4.68	36		1.6
	4	4	5.6	3.63	48		1.5

Figura 47: TV Antenna Cable. (Transcom Corporation, s.f.)

Entonces para un arreglo de 4 paneles o antenas, la ganancia en dBd es igual a 5.6, pero como nos piden la ganancia de la antena en dBi, se utiliza la siguiente ecuación:

$$dBi = dBd + 2.15$$

$$dBi = 5.6 \text{ dBd} + 2.15$$

7.75 dBi es la ganancia de la antena del transmisor

Por último, para el caso de los transmisores, se deja a una altura de 20 metros (por criterio personal) sobre el suelo, es decir, que estarían ubicados en 20 metros más la altura sobre el nivel del mar, que fue brindada por las coordenadas en Propiedades de Unidad.

Una vez puesto los parámetros, se selecciona la opción Agregar a Radiosys.dat y se hace el mismo procedimiento tanto para la estación Picacho como la estación Cacahuatique. Posteriormente se le da OK y ya estarían creadas las propiedades de redes del transmisor.

Luego, hay que configurar la dirección de la antena, para que en la simulación, el receptor apunte donde se encuentra el transmisor, para un óptimo resultado de recepción.

Para el caso del transmisor al ser omnidireccional, el patrón de la antena es el siguiente:



Figura 48: Patrón de antena del transmisor. (Ayala M, 2021)

Luego de haber obtenido el patrón de antena del transmisor, es necesario hacer un patrón de cobertura visual, para obtener geográficamente, la zona de cobertura que el transmisor posee para de dicha manera, seleccionar los puntos de referencia, para poder obtener un radioenlace punto a punto.

Cobertura visual

Observador:

Altura del sensor sobre el suelo (m):

Rango del azimut: Mínimo (°) Máximo (°) Paso (°)

Rango del ángulo de elevación: Mínimo (°) Máximo (°)

Objetivo: Sobre el nivel de la tierra Altitud fija
Altura del objetivo sobre el suelo (m):

Alcance: Min. (km) Máx. (km)

Dibujar: Contorno
 Superficie
 Sólido

Figura 49: Cobertura Visual. (Ayala M, 2021)

Una vez seleccionado los parámetros de la cobertura visual, se obtuvo lo siguiente para los transmisores:

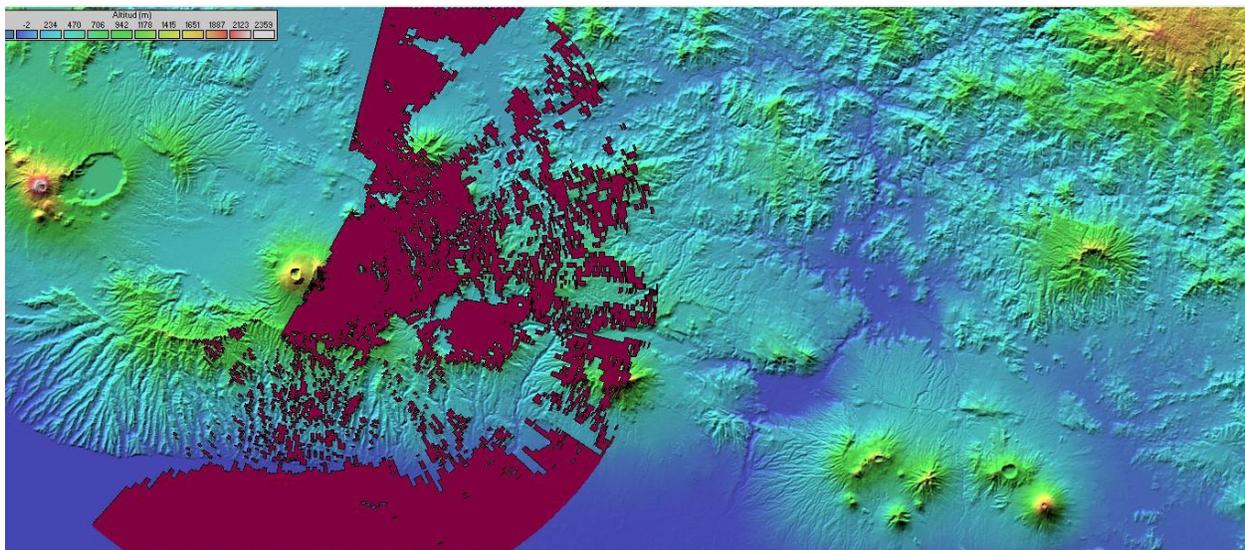


Figura 50: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021)

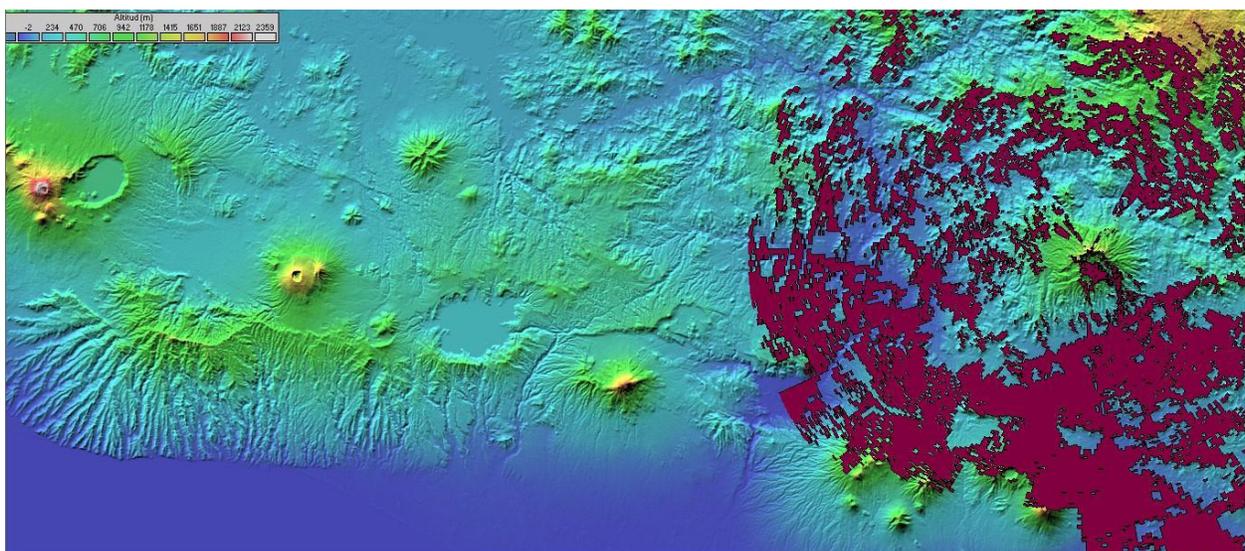


Figura 51: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021)

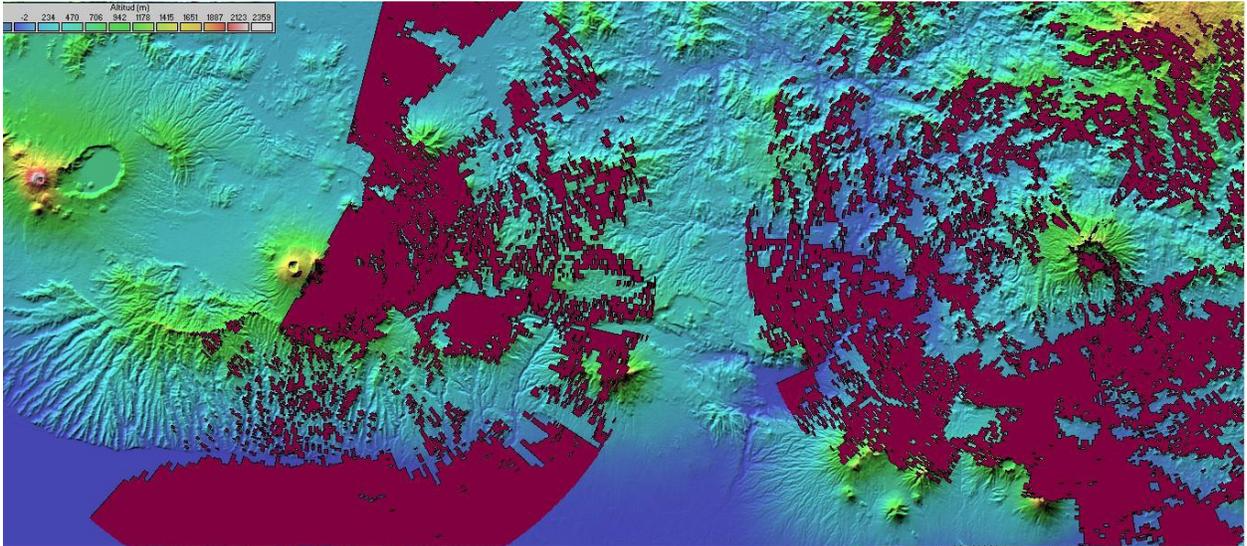


Figura 52: Patrón de cobertura visual. (Ayala M, 2021)

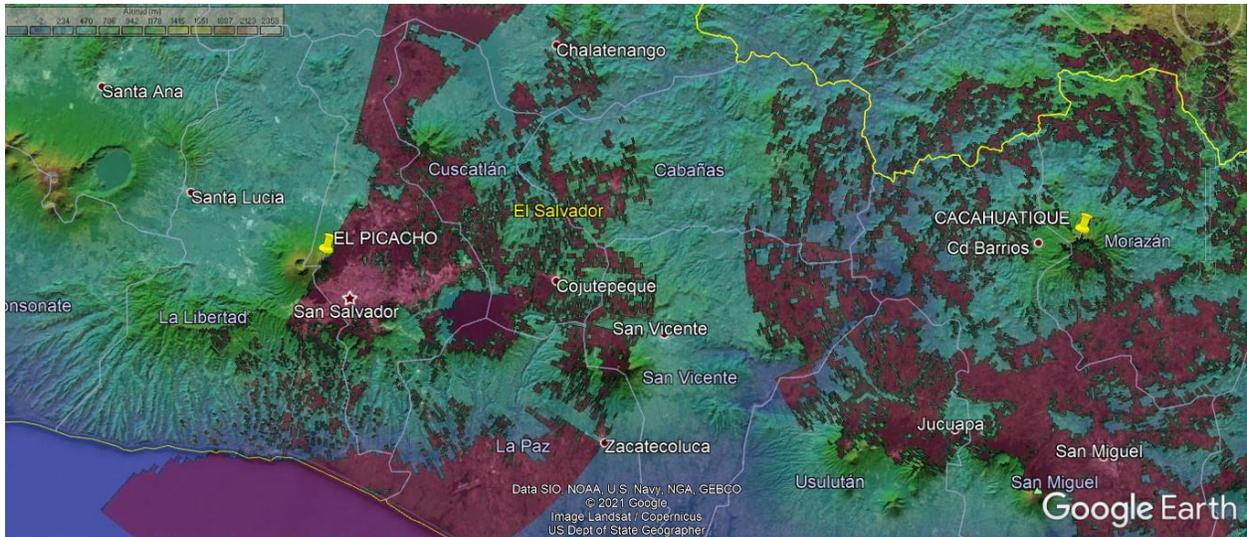


Figura 53: Patrón de cobertura visual (Ayala M, 2021)

Una vez realizado el mapa de cobertura visible, este nos indica geográficamente, la zona de cobertura del transmisor. Entonces con dicha información, ya se puede seleccionar los puntos de medición para obtener el radioenlace punto a punto.

Los puntos de medición se realizarán en zonas de frontera del patrón de cobertura visible y se realizarán 2 puntos de medición por cada transmisor.

Dichos puntos de referencia son los siguientes:

#	Puntos de Referencia	Coordenadas Geográficas
1	Punto de referencia Colima, departamento de Cuscatlán	Latitud: 14°3'30.20"N Longitud: 89°8'15.57"O
2	Punto de referencia Residencial Los Sueños, Nuevo Cuscatlán	Latitud: 13°38'43.57"N Longitud: 89°16'55.16"O
3	Punto de referencia Mercedes Umaña, departamento de Usulután	Latitud: 13°34'2.90"N Longitud: 88°29'50.54"O
4	Punto de referencia Chinameca, departamento de San Miguel	Latitud: 13°30'40.95"N Longitud: 88°21'2.95"O

Tabla 6: Puntos de referencia del receptor (Ayala M, 2021)

#	Puntos de Referencia	Altura en m.s.n.m.
1	Punto de referencia Colima, departamento de Cuscatlán	249.7
2	Punto de referencia Residencial Los Sueños, Nuevo Cuscatlán	971.9
3	Punto de referencia Mercedes Umaña, departamento de Usulután	394.4

4	Punto de referencia Chinameca, departamento de San Miguel	574.3
---	---	-------

Tabla 7: Altura en msnm de puntos de referencia (Ayala M, 2021)

Una vez creadas las propiedades de red del transmisor, ahora pasamos a crear las propiedades de red para el receptor que, en este caso particular, será un ejemplo de receptor aplicado a todos los puntos de referencia.

Para crear las propiedades del receptor, es un procedimiento similar cuando creamos las propiedades de red del Transmisor, nos vamos a Sistemas y en este punto de igual manera, seleccionamos el tipo de Frecuencia que para el estándar es UHF.

Luego le asignamos un nombre al sistema el cual se llamará receptor, tal como aparece en la imagen:

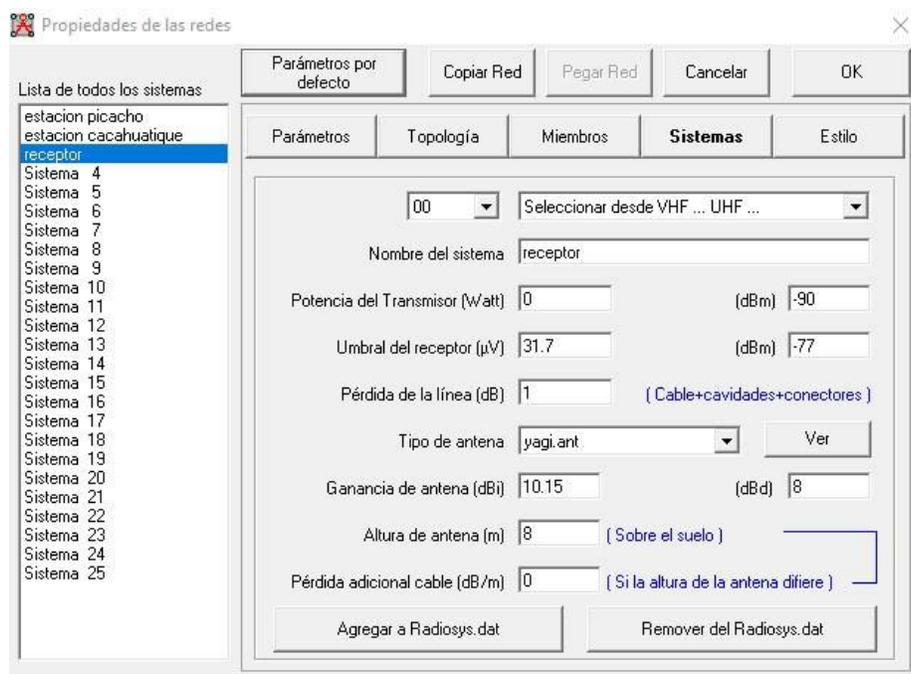


Figura 54: Imagen de Sistema receptor Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

Posteriormente llenamos la demás información; en Potencia del Transmisor en (Watt), como el receptor no transmite, sino que recibe, por lo tanto su potencia es 0 Watt.

En umbral del receptor (uV), este parámetro es la intensidad mínima de energía que un detector puede registrar. Según la norma, el umbral del receptor mínimo para el estándar ISDB -Tb, es de -77,4 dBm, lo cual, si se busca en las tablas de conversión de dBm a uV, se obtiene lo siguiente:

-75	39.9
-76	35.5
-77	31.7
-78	28.2
-79	25.2
--	--

Figura 55: Conversión dBm a microvoltios. (Ayala M, 2021)

Esto quiere decir que el umbral de receptor para el caso de la simulación en RadioMobile, será de 31.7 micro voltios.

Luego el siguiente parámetro es la pérdida de línea que, para el ejemplo del receptor, no se encontró un valor determinado, por ende por criterio personal y de simulación se deja que la pérdida de línea corresponde a 1 dB.

Posteriormente, se pasa a la parte donde se escoge la antena. La antena escogida fue una antena yagi que cumpliera con las características de recepción dada la frecuencia de operación del sistema. Dicha antena se llama: ViewTV DA-290 Indoor/Outdoor Compact Yagi HDTV Antenna.

Entre sus principales características se encuentra las siguientes:

Rango de Recepción: VHF / UHF

Rango de Frecuencia en VHF: 40-230MHz

Rango de Frecuencia en UHF: 470-862MHz

Ganancia en VHF: 9 dB

Ganancia en UHF: 8 dB



Figura 56: Antena Yagi UHF para receptor. (ViewTV DA-290 Compact Yagi HDTV Antenna, s.f.)

Continuando con las propiedades de red del receptor, una vez habiendo escogitado el tipo de antena que en este caso, será una antena yagi, se coloca la ganancia de la antena que según el fabricante para la frecuencia tipo UHF, la frecuencia en dB ronda los 8 dB, pero se va a asumir que cuando nos dan una ganancia en dB, esta ganancia se refiere que está en dBd.

Por ende, para convertir de dBd a dBi, se hace mediante la siguiente ecuación:

$$dBi = dBd + 2.15$$

$$dBi = 8.0 \text{ dBd} + 2.15$$

10.15 dBi es la ganancia de la antena del receptor.

Por último, se escoge una altura sobre el suelo partiendo de los m.s.n.m. que se encuentra el lugar, que sería el punto de altura, donde estaría colocada la antena. Para esta simulación, se determinó que 8 metros será la altura por encima del suelo donde estará la antena yagi.

Una vez habiendo completado todos los valores necesarios para el receptor, se selecciona la opción Agregar a Radiosys.dat y le damos OK a las propiedades de redes.

Por último, pero no menos importante, solo nos hace falta un paso más para configurar de manera correcta las propiedades de redes del sistema y dicha configuración parte de que tenemos que irnos a Propiedades de Redes siempre y una vez dentro, nos vamos a Miembros.

Entonces ya adentro de Miembros, vamos a crear los dos casos a simular:

- Un caso es que el transmisor será el transmisor ubicado en el Picacho y todo lo demás, los receptores.

- El otro caso es que el transmisor será el que está ubicado en el Cerro Cacahuatique y todo lo demás, los receptores.

Entonces para configurarlo se hace de la siguiente manera:

Primero, seleccionamos la Red 1, que para el caso de la simulación, la Red 1 sería la red donde el transmisor está en el Picacho.

Una vez escogido la red, se selecciona todos los elementos tanto transmisor como receptor que estarán en esa red.

Y el mismo paso, se realiza para la Red 2, que sería la red donde el transmisor estará en el Cerro Cacahuatique.

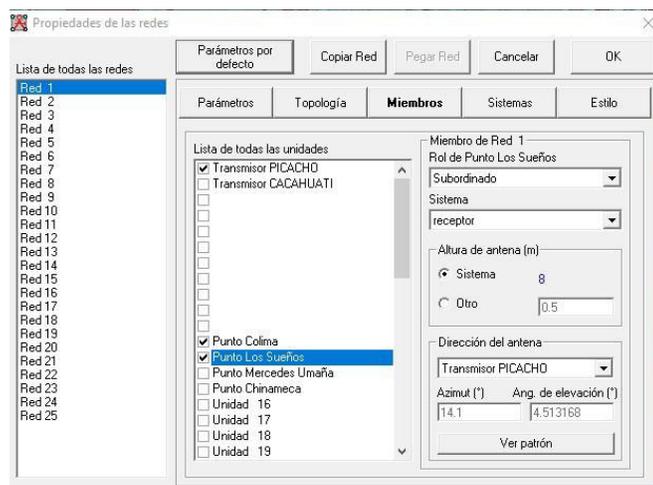


Figura 57: Propiedades de las redes (Ayala M, 2021)

Posteriormente, se obtuvo el patrón de antena de los puntos de referencia a tomar en el radio enlace

- Patrón de antena de Punto Colima



Figura 58: Patrón de antena (Ayala M, 2021)

- Patrón de antena de Punto Residencial Los Sueños

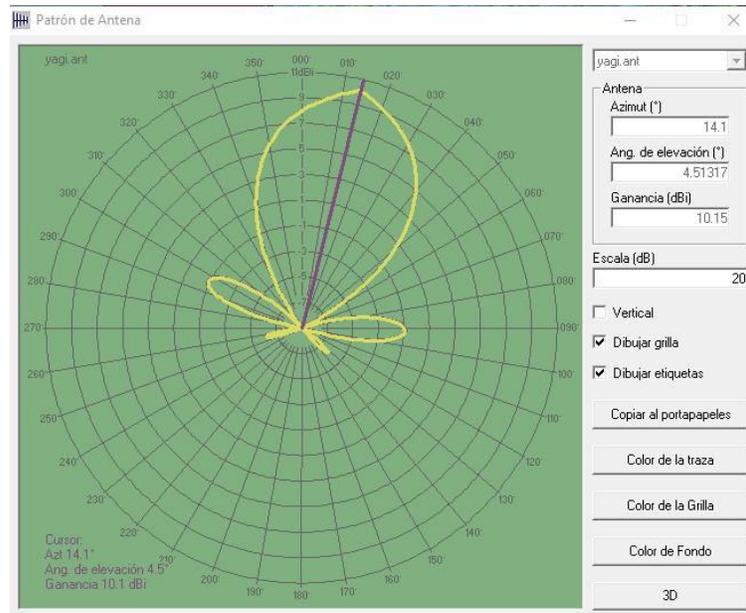


Figura 59: Patrón de antena (Ayala M, 2021)

- Punto de referencia Mercedes Umaña

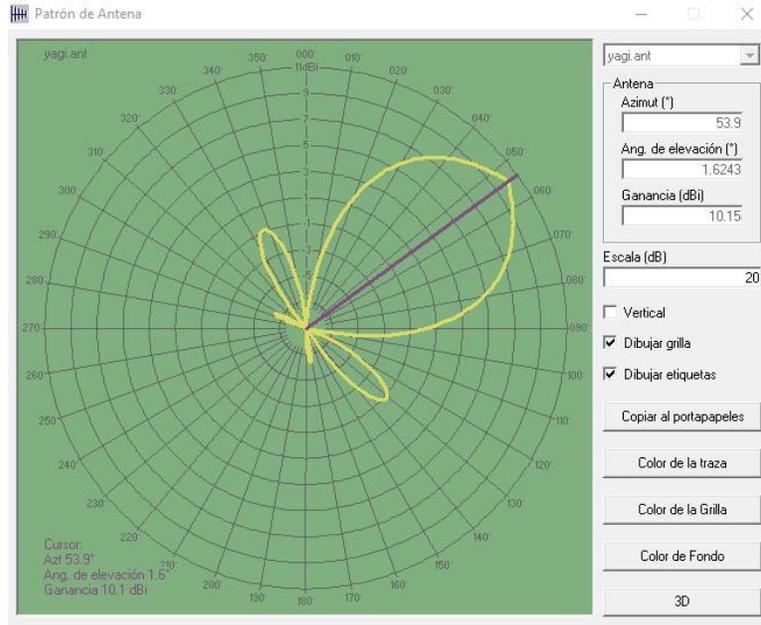


Figura 60: Patrón de antena (Ayala M, 2021)

- Punto de referencia Chinameca

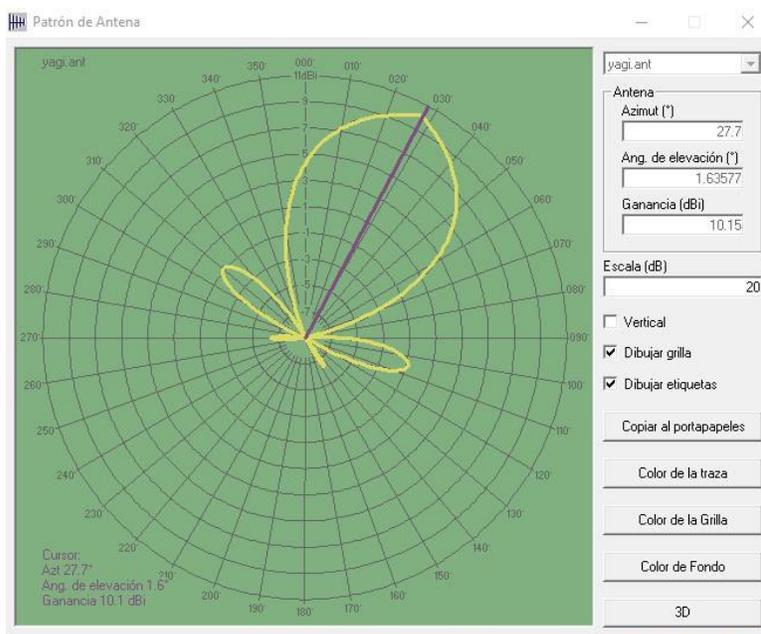


Figura 61: Patrón de antena (Ayala M, 2021)

Una vez determinado la dirección de la antena del transmisor y habiendo concluido con las propiedades de redes, presionamos el botón de OK. En este punto, el software está listo para calcular el radio enlace; para realizarlo se presiona el siguiente icono:



Figura 62: Ícono de Radio Enlace Radio Mobile. (Ayala M, 2021)

Habiendo seleccionado el ícono, en la pantalla del software aparecerá lo siguiente:

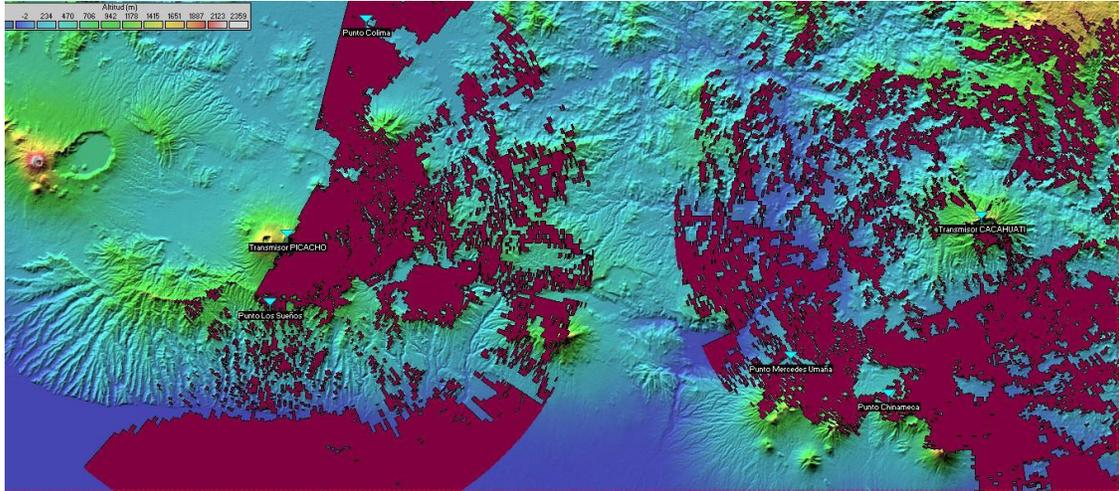


Figura 63: Patrón de cobertura (Ayala M, 2021)

En resumen, las redes creadas crearon de la siguiente manera:

RED 1	
Transmisor El Picacho	Control
Punto Colima	Subordinado
Punto Residencial Los Sueños	Subordinado
RED 2	

Transmisor Cerro Cacahuatique	Control
Punto Mercedes Umaña	Subordinado
Punto Chinameca	Subordinado

Figura 64: Redes del sistema (Ayala M, 2021)

A continuación, se presenta un análisis de Enlace de Radio de cada punto de recepción

- Punto Colima

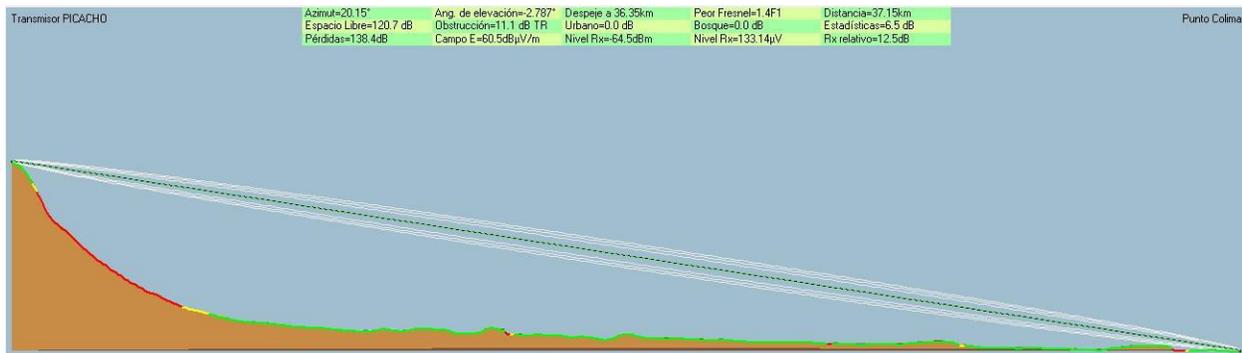


Figura 65: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

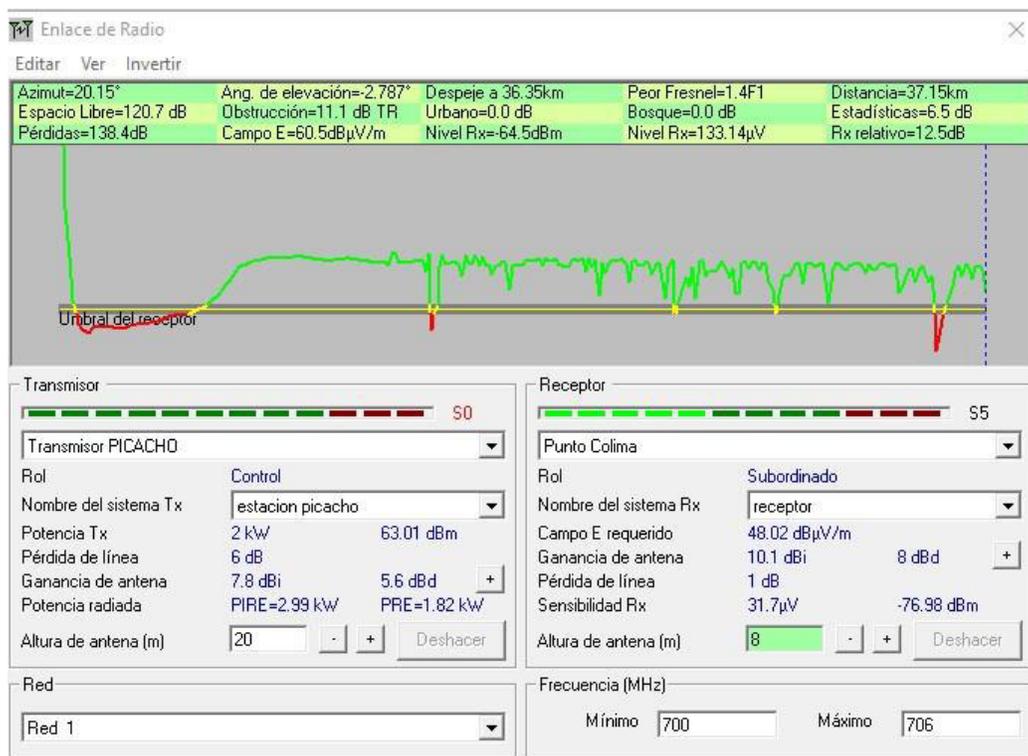


Figura 66: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)



Figura 67: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

Para el punto ubicado en Colima, departamento de Cuscatlán, se tiene que la distancia entre el Transmisor Picacho y el punto Colima es de 37.2 km. La variación de altitud entre punto y punto es de 1641.2 m. El modo de propagación es línea de vista, con un mínimo despeje de 1.4F a 36.4 km. La frecuencia promedio de operación es de 703 MHz. La pérdida de propagación total es de 138.4 dB. La ganancia del sistema de Transmisor Picacho a Punto Colima es de 150.9 dB y la peor recepción es de 140.5 dB bajo la señal requerida a encontrar.

El nivel de potencia que se obtuvo en el receptor Rx es de -64.5 dBm, con un Campo Eléctrico de 60.5 dBuV/m y un Rx relativo de 12.5 dB, esto quiere decir la diferencia entre el nivel de señal obtenido y el umbral mínimo de funcionamiento correcto según el estándar el cual es de -77.4 dBm.

Como puede observarse en la imagen obtenida de la cobertura visual, en el Punto Colima, hay una laguna de transmisión en la parte derecha del punto de referencia, pero a su vez, a la izquierda, hay un nivel aceptable, aunque algo bajo de señal brindada desde el transmisor. Se comprueba mediante esta simulación, que el punto seleccionado, si puede llegar una señal de Televisión Digital Abierta, aunque siempre para evitar lagunas en el mapa de cobertura visible, se recomienda el uso de repetidoras para que el rango de cobertura sea más amplio y de mejor calidad.

- Punto Residencial Los Sueños

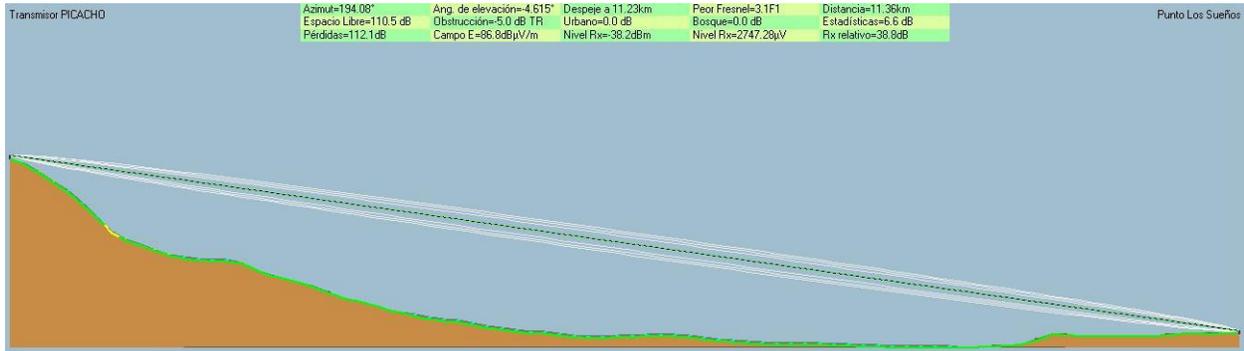


Figura 68: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

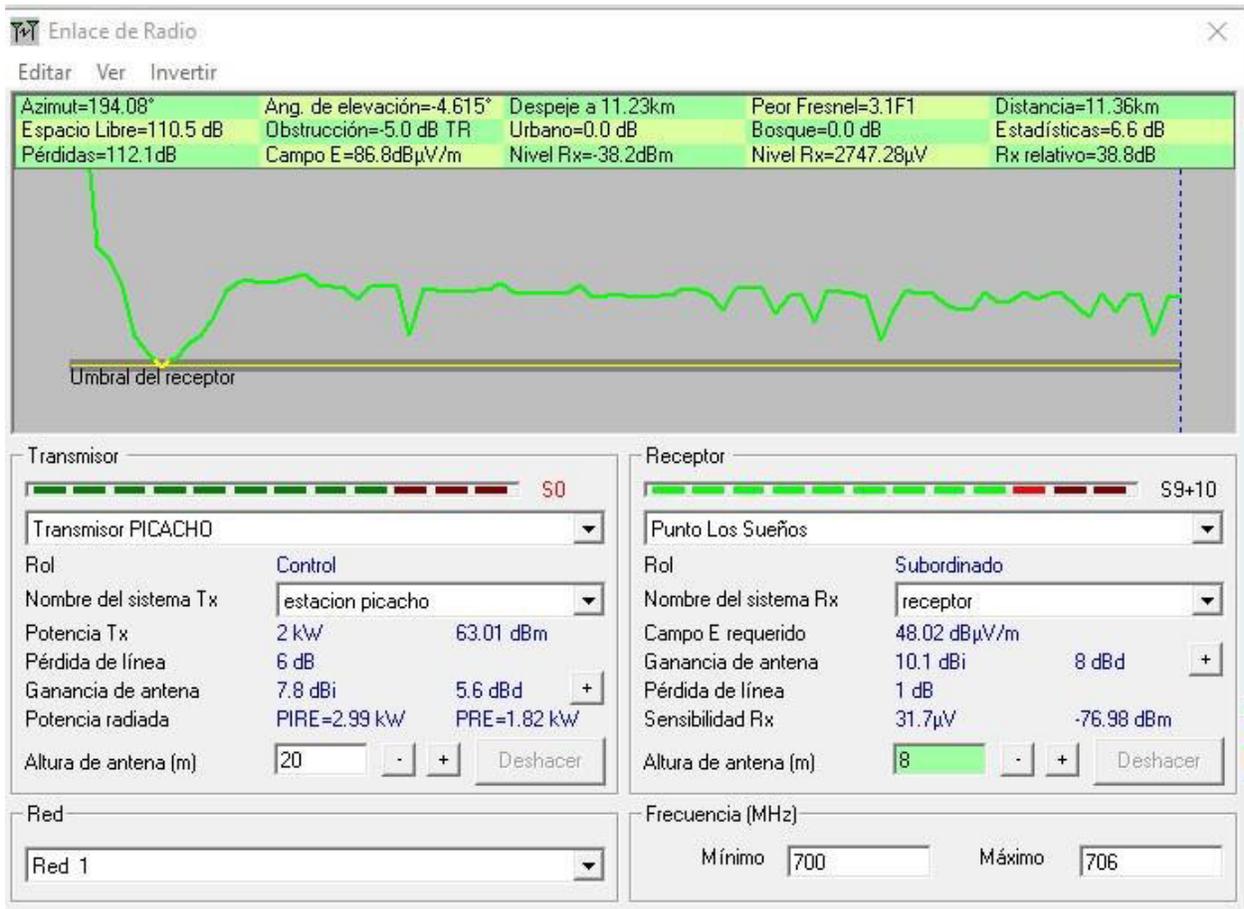


Figura 69: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

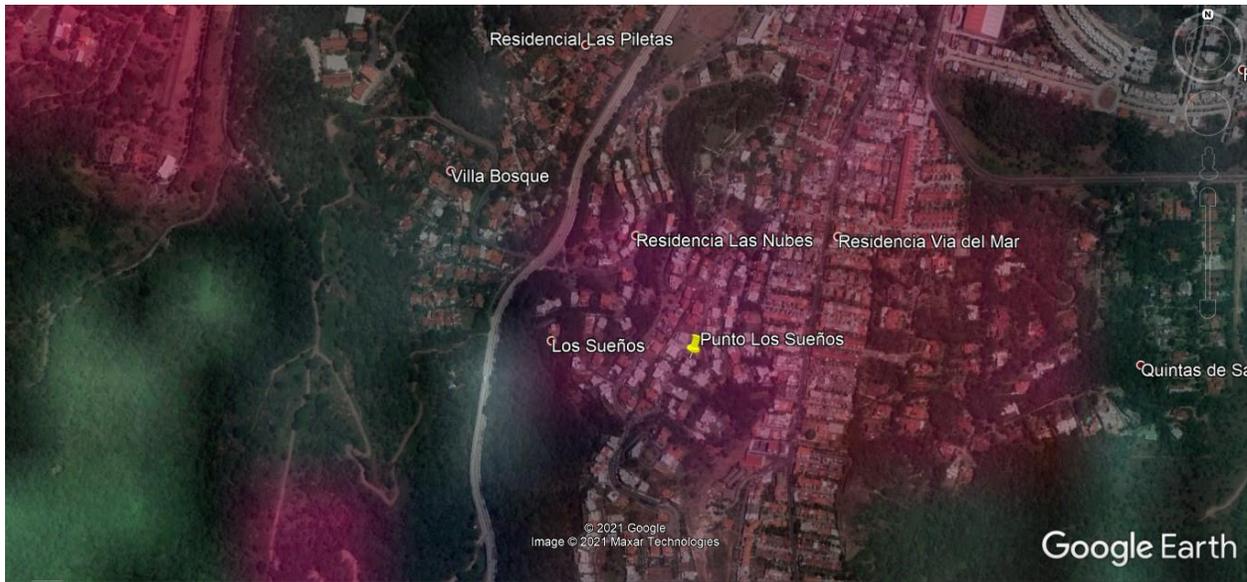


Figura 70: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

Para el punto ubicado en Residencial los Sueños, ubicado en el departamento de La Libertad, se tiene que la distancia entre el Transmisor Picacho y el punto en cuestión es de 11.36 km. El modo de propagación es línea de vista, con un mínimo despeje de 3.1F a 3.4 km. La frecuencia promedio de operación es de 703 MHz. La pérdida de propagación total es de 112.1 dB. La ganancia del sistema de Transmisor Picacho a Punto en cuestión es de 120.5 dB y la peor recepción es de 130.5 dB bajo la señal requerida a encontrar.

El nivel de potencia que se obtuvo en el receptor Rx es de -38.2 dBm, con un Campo Eléctrico de 86.8 dBuV/m y un Rx relativo de 38.8 dB, esto quiere decir la diferencia entre el nivel de señal obtenido y el umbral mínimo de funcionamiento correcto según el estándar el cual es de -77.4 dBm.

Como puede observarse en la imagen obtenida de la cobertura visual, en el Punto en cuestión, hay una laguna de transmisión en la parte derecha del punto de referencia, pero a su vez, a la izquierda, hay un nivel aceptable, aunque algo bajo de señal brindada desde el transmisor. Se comprueba mediante esta simulación, que el punto seleccionado, si puede llegar una señal de Televisión Digital Abierta, aunque siempre para evitar lagunas en el mapa de cobertura visible, se recomienda el uso de repetidoras para que el rango de cobertura sea más amplio y de mejor calidad.

- Punto Mercedes Umaña

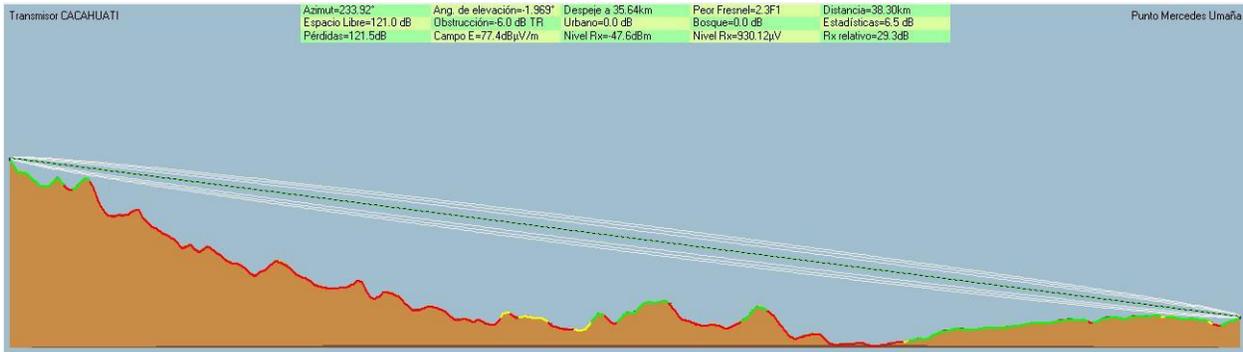


Figura 71: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)



Figura 72: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

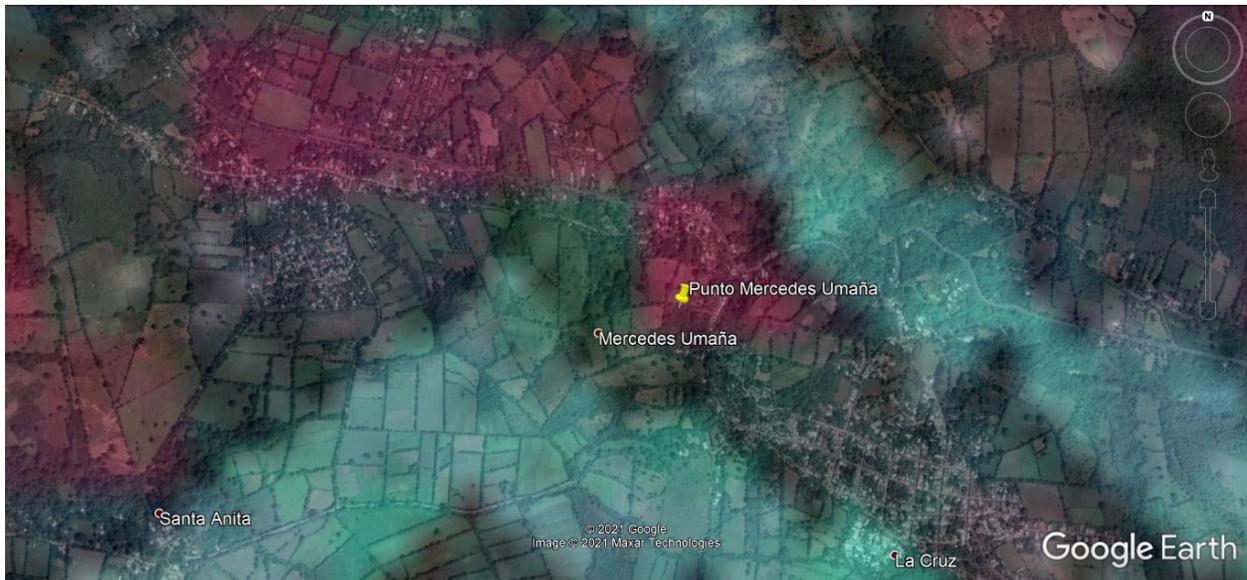


Figura 73: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

Para el punto ubicado en Mercedes Umaña, departamento de Usulután, se tiene que la distancia entre el Transmisor Cacahuatique y el punto en cuestión es de 38.3 km. El modo de propagación es línea de vista, con un mínimo despeje de $2.3F$ a 10.4 km. La frecuencia promedio de operación es de 703 MHz. La pérdida de propagación total es de 121.5 dB. La ganancia del sistema de Transmisor Cacahuatique a Punto en cuestión es de 140.9 dB y la peor recepción es de 112.5 dB bajo la señal requerida a encontrar.

El nivel de potencia que se obtuvo en el receptor Rx es de -47.6 dBm, con un Campo Eléctrico de 77.4 dBuV/m y un Rx relativo de 29.3 dB, esto quiere decir la diferencia entre el nivel de señal obtenido y el umbral mínimo de funcionamiento correcto según el estándar el cual es de -77.4 dBm.

Como puede observarse en la imagen obtenida de la cobertura visual, en el Punto en cuestión, hay una laguna de transmisión en la parte derecha del punto de referencia, pero a su vez, a la izquierda, hay un nivel aceptable, aunque algo bajo de señal brindada desde el transmisor. Se comprueba mediante esta simulación, que el punto seleccionado, si puede llegar una señal de Televisión Digital Abierta, aunque siempre para evitar lagunas en el mapa de cobertura visible, se recomienda el uso de repetidoras para que el rango de cobertura sea más amplio y de mejor calidad.

- Punto Chinameca



Figura 74: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

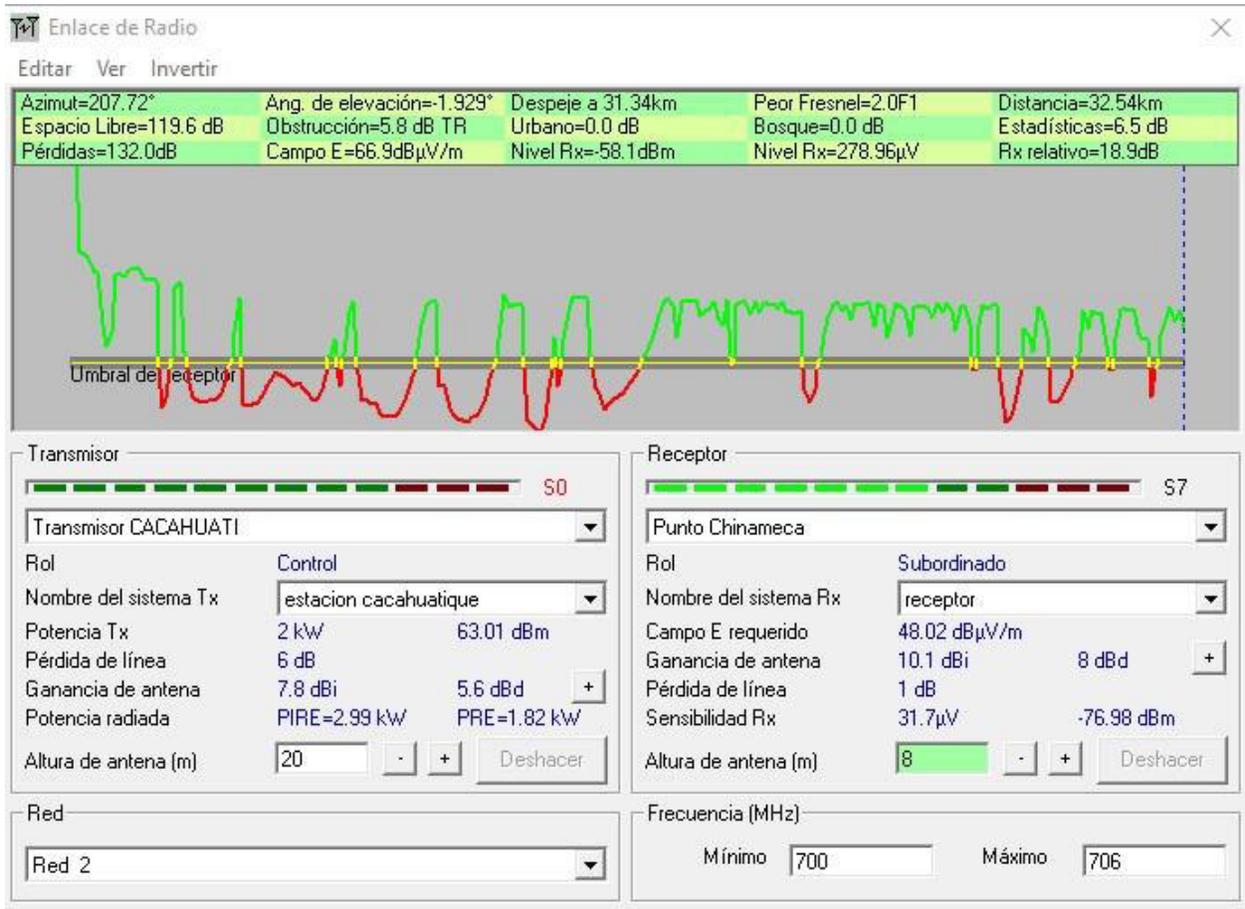


Figura 75: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)



Figura 76: Enlace de radio Radiomobile (Ayala M, 2021)

Para el punto ubicado en Chinameca, departamento de San Miguel, se tiene que la distancia entre el Transmisor Cacahuatique y el punto en cuestión es de 32.54 km. El modo de propagación es línea de vista, con un mínimo despeje de 2.0F a 26.4 km. La frecuencia promedio de operación es de 703 MHz. La pérdida de propagación total es de 132.0 dB. La ganancia del sistema de Transmisor Cacahuatique a punto en cuestión es de 155.9 dB y la peor recepción es de 144.5 dB bajo la señal requerida a encontrar.

El nivel de potencia que se obtuvo en el receptor Rx es de -58.1 dBm, con un Campo Eléctrico de 66.9 dBuV/m y un Rx relativo de 18.9 dB, esto quiere decir la diferencia entre el nivel de señal obtenido y el umbral mínimo de funcionamiento correcto según el estándar el cual es de -77.4 dBm.

Como puede observarse en la imagen obtenida de la cobertura visual, en el Punto en cuestión, hay una laguna de transmisión en la parte derecha del punto de referencia, pero a su vez, a la izquierda, hay un nivel aceptable, aunque algo bajo de señal brindada desde el transmisor. Se comprueba mediante esta simulación, que el punto seleccionado, si puede llegar una señal de Televisión Digital Abierta, aunque siempre para evitar lagunas en el mapa de cobertura visible, se recomienda el uso de repetidoras para que el rango de cobertura sea más amplio y de mejor calidad.

Una vez habiendo realizado los enlaces de radio para cada punto de referencia, se presenta un cuadro comparativo de los distintos puntos de referencia, los resultados que obtuvieron versus el escenario ideal de enlace.

Transmisor Ubicado en el Cerro el Picacho, San Salvador				
Punto de Referencia	Nivel Rx mínimo	Nivel Rx obtenido	Rx relativo	Pérdidas
Punto Colima	-77.4 dBm	-64.5 dBm	12.5 dB	138.4 dB
Punto Residencial Los Sueños	-77.4 dBm	-38.2 dBm	38.8 dB	112.1 dB
Transmisor Ubicado en Cerro Cacahuatique, Morazán				
Punto de Referencia	Nivel Rx mínimo	Nivel Rx obtenido	Rx relativo	Pérdidas
Punto Mercedes Umaña	-77.4 dBm	-47.6 dBm	29.3 dB	121.5 dB
Punto Chinameca	-77.4 dBm	-58.1 dBm	18.9 dB	132.0 dB

Tabla 8: Resumen de información obtenida de Radiomobile (Ayala M, 2021)

Descripción de la tabla

La Tabla 8, recaba información necesaria e importante que se tiene que conocer de cada Radioenlace.

El Rx relativo quiere decir la diferencia entre lo obtenido y el mínimo de recepción según la norma, es decir, si el valor es positivo de Rx relativo, eso quiere decir que la recepción está por encima de 0 dB lo cual es conveniente para poder transmitir, porque de llegase a ser negativo, eso nos indica también que hay problemas de recepción en el punto determinado.

Por último, las pérdidas de cada punto no tienen que ser mayores a la ganancia del sistema porque se cumple lo mencionado anteriormente. Si las pérdidas son mayores a la ganancia, eso quiere decir que el radioenlace tendrá problemas para llegar al receptor con los valores mínimos aceptables. Una vez, habiendo realizado el cálculo del radioenlace a cada punto sugerido en este ejercicio, se procede a realizar el mapa de cobertura para poder constatar de manera geográfica, el nivel de cobertura dada la potencia del radioenlace, el área que puede cubrir dicho sistema con los parámetros previamente establecidos.

Para resumir, este parámetro de “Estimación de intensidades de señal utilizando herramientas de software” de la Propuesta Metodológica, tuvo como objetivo, simular mediante el uso de un Software de libre acceso, un caso de simulación basado en información encontrada para poderle dar cumplimiento a uno de los parámetros de calidad del servicio por parte de los organismos normalizadores del estándar, el cual dicho parámetro es la obtención de la Potencia del Receptor (Señal).

Todos los parámetros fueron investigados, aunque cabe aclarar que la simulación, representa un caso ideal de transmisión, porque al momento de presentar este documento, por parte de la única entidad que actualmente transmite TV Digital Abierta, nos referimos al canal 10 de Televisión, no tuvimos mayor apoyo o ayuda en el acceso a la información sobre la frecuencia exacta de operación de los canales digitales, el transmisor y la potencia exacta a la que transmite, valores de pérdida de cable, etc, qué tipo de antena utiliza el canal para poder transmitir, cuál es su ganancia, etc.

Y para finalizar, esta propuesta cumple con el parámetro de calidad de servicio por parte de la norma, porque brinda de manera simulada, el valor del Nivel de Potencia del Receptor, y dicho

valor es representado gráficamente y geográficamente en un mapa los cuales fueron descritos anteriormente.

MEDICIONES EN CAMPO

Cuando hablamos de mediciones en campo, estamos hablando de la evaluación del comportamiento de la señal transmitida vista del lado del receptor, bajo condiciones reales del entorno de trabajo.

Los parámetros de calidad a considerar en este apartado son los siguientes:

- Nivel de Señal
- Medición de BER
- Medición de MER
- Anchura de Banda Ocupada
- Emisiones no deseadas y espurias
- Nivel de Ruido
- Intermodulación

A continuación, se presenta una metodología de obtención de los parámetros expuestos anteriormente.

La metodología de trabajo para esta fase propuesta, consiste en ir a campo a realizar mediciones de los parámetros de calidad antes expuestos, considerando lo siguiente:

Ubicación geográfica

Es decir, la identificación del lugar específico del punto de interés.



Figura 77. Ubicación geográfica. (Mapas s.f.)

Analizador de Espectros

Equipo que servirá como receptor y que servirá para la toma de muestras de parámetros de calidad.



Figura 78. Analizador de espectros. (Rigol s.f.)

Analizador de Televisión

Equipo que servirá como receptor y que servirá para la toma de muestras de parámetros de calidad.



Figura 79. Analizador de televisión. (PROMAX s.f.)

Televisor

Equipo que servirá como receptor visual.



Figura 80. Televisor. (Samsung s.f.)

3.35 Antena direccional y accesorios

Medio de captación de la señal transmitida en el espacio.

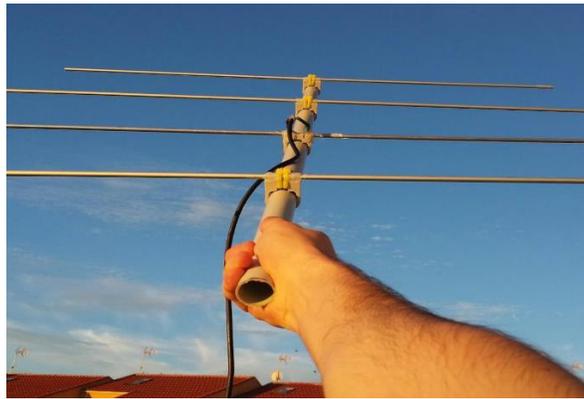


Figura 81. Antena yagi. (Antennas s.f.)

Existen investigaciones acerca de esta metodología propuesta, como por ejemplo:

Paper sobre una investigación de los parámetros de calidad de TV Digital, en zonas metropolitanas.

Dichas zonas metropolitanas, fueron estudiadas en el país de Brasil, específicamente en las ciudades de Porto Alegre, Joinville y Florianópolis.

Los parámetros a obtener en este estudio, fueron los parámetros de Intensidad de Señal, Tasa de Error de Bit (BER) y la Tasa de Error de Modulación (MER).

La metodología empleada para llevar a cabo el análisis de la obtención de los parámetros en las distintas ciudades, fue el siguiente:

Utilizando un Analizador de Espectros de la Marca Rhode & Schwarz, así como también con la ayuda del GPS, sumándole accesorios y equipo adicional como lo puede ser un televisor, antena y por supuesto un vehículo, se procede a tomar muestras de medición en distintos puntos estratégicos de las ciudades antes mencionadas.

Dichas muestras de medición, fueron recabadas y presentadas para una comparación entre ciudades de las cuales, con posterior análisis, se obtienen las conclusiones respectivas sobre este estudio.



Figura 82. Nivel de señal en Porto Alegre, Brasil. (Repositorio IEEE s.f.)

VALORACIÓN SUBJETIVA

Cuando hablamos de valoración subjetiva, estamos hablando del punto de vista del actor involucrado en el objeto de estudio de la investigación (usuario), del cual dicho objeto de estudio no es más que la percepción de la calidad de la televisión.

Los parámetros de calidad a considerar en este apartado son los siguientes:

- Calidad de audio y video
- Disponibilidad del servicio
- Retardo en la señal recibida

Calidad de audio y video

Cuando se habla de calidad de audio y video, nos estamos refiriendo a la valoración subjetiva por parte del usuario, de todos aquellos fenómenos, perturbaciones, interferencias, ruidos tanto de audio como video, que pueden ser percibidos por el usuario y que afectan la calidad de consumo de la televisión digital abierta.

Disponibilidad del servicio

Cuando se habla de disponibilidad del servicio, nos estamos refiriendo a los lugares en que se cuenta con cobertura, que lugares no llega la recepción, la evaluación de la zona geográfica (montaña, valle, playa, isla), así como también, a la evaluación por parte del usuario, del sistema sometido a estrés mediante el factor climático como lo puede ser una lluvia torrencial, vientos fuertes, que hacen que la pérdida de la señal transmitida, pueda ser más evidente.

Retardo en la señal recibida

Cuando se habla de retardo de la señal recibida, hay que hacer incapié, que la norma trabaja de la mano con un receptor de tipo caja convertidora, por ende, el retardo de la señal recibida, tiene que ver con los tiempos que el usuario puede detectar, cuando hay anormalidad en el tiempo de inicio del sistema, al cambiar canales, o la misma interfaz del sistema de la caja convertidora.

A continuación, se presenta una metodología de obtención de los parámetros expuestos anteriormente.

La metodología de obtención de estos parámetros según la norma, es a través de la realización de una encuesta al usuario mediante una serie de etapas las cuales se detallarán a continuación.

La encuesta, es un procedimiento en el que el investigador, recopila datos mediante un cuestionario sin alterar el entorno, fenómeno, etc, para de dicha manera, presentar la información cuantificada en forma de gráfico, tabla, etc. Dicha recopilación de información nace a partir de una muestra la cual es inducida para obtener conclusiones generales.



Figura 83. Encuesta. (Wikipedia s.f.)

Las etapas para diseñar una buena encuesta son las siguientes:

- ✓ Identificar el problema
- ✓ Determinar la investigación
- ✓ Especificar la hipótesis
- ✓ Definir variables
- ✓ Seleccionar la muestra
- ✓ Diseñar el cuestionario
- ✓ La organización del trabajo de campo
- ✓ La obtención y tratamiento de datos
- ✓ El análisis de datos y la interpretación de resultados

Existen investigaciones acerca de esta metodología propuesta, como por ejemplo:

Encuesta Nacional de Televisión, realizada por CNTV (Consejo Nacional de la Televisión) en Chile.

Dicho ente regulador, utilizando el apartado de la evaluación subjetiva mediante el uso de encuestas, preguntó al usuario, acerca de diferentes parámetros percibidos de la televisión, como por ejemplo:



Figura 84. Encuesta televisión realizada en Chile. (CNTV 2021.)

CONCLUSIONES

A pesar del tiempo transcurrido desde los primeros intentos para la puesta en marcha de la televisión digital en nuestro país, aun se carece de información importante que regule este tipo de emisiones por ejemplo, el Plan Nacional de Televisión Digital Terrestre o alguna normativa específica nacional que deban cumplir los operadores.

Así mismo, la formación técnica del personal que estará a cargo de este tipo de sistema aún carece de la formación adecuada para explotarlo en debida forma.

Los parámetros de calidad definidos por la UIT para la transmisión de la televisión digital requieren de equipos de medición especializada y formación adecuada que permitan su verificación una vez implementados lo que redundará en necesidades de formación tanto en conceptos tecnológicos como en metodologías de medición.

Los procesos de fortalecimiento del equipamiento del laboratorio de Comunicaciones de la EIE permiten que algunos de los parámetros de calidad discutidos en el presente trabajo pueden ser medidos en laboratorio, sin embargo comprobar la totalidad de los mismos requiere un mayor equipamiento, lo que eventualmente puede ser puesto al servicio de la población y así ayudar a defender sus derechos como consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Mónica Flores Marín, Luis Benavides Castillo, Fernanda Gabriela Martínez Coca, Stefano Cherrez. (2018). Análisis Técnico del Sistema de Transmisión de Televisión Digital Terrestre en Guayaquil. Samborondón, Ecuador: Universidad Espiritu Santo, Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica. Recuperado de: <http://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/download/176/200>
- Néstor José Guerrero Hernández, Wendy Anielka Guerrero Hernández. (2013). Estudio de las Características que Posee la Televisión Digital Terrestre que Permita Mejorar el Servicio Actual de la Televisión en Nicaragua. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería UNI-Managua, Facultad de Electrotecnia y Computación. Recuperado de: <http://ribuni.uni.edu.ni/1447/1/38835.pdf>
- Horacio Leonel Holguín Alcívar. (2010). Levantamiento de mediciones y pruebas de laboratorio para el estándar de Televisión Digital DVB-T. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1892/1/CD-2806.pdf>
- Manuel Fuentes Muela. (s.f.). Evaluación de prestaciones (rendimiento e interferencias) del estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb, mediante simulaciones y mediciones. Provincia de Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33245/Fuentes%20Muela.pdf?sequence=1>
- A. Raizer, M. P. Fonseca and K. Toccolini. (2017). Analysis of Digital TV Quality Parameters in Metropolitan Regions. Brasil: IEEE 3rd Global Electromagnetic Compatibility Conference Gemcon. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8400670>
- Rohde & Schwarz. (s.f.). Transmisor ISDB-T. Mediciones para aceptación, puesta en servicio y mantenimiento. Estados Unidos: Rohde & Schwarz. Recuperado de: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/7bm103/7BM_103_1ES.pdf

- Miguel Alejos Nolasco Espinoza. (2009). Metodologías de Comparación de los Parámetros Técnicos de los Estándares de Televisión Digital Terrestre y Aplicación Mediante Software Solaria para las ciudades de Lima, Cuzco e Iquitos. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Recuperado de: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/70>
- ABNT NBR 15601. (2007). Televisión digital terrestre - Sistema de transmisión ISDB-Tb. Brasil: Asociación Brasileña de Normas Técnicas. Recuperado de: http://www.telemidia.puc-rio.br/~rafaeldiniz/public_files/normas/SBTVD/es/Transmicion/15601.pdf
- Rafael Sotelo, Diego Durán, José Joskowicz. (2011). Sistema de Transmisión ISDB-T. Montevideo, Uruguay: Universidad de Montevideo, Facultad de Ingeniería, Departamento de Telemática e Informática. Recuperado de: <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/291/350>
- Nelson Ricardo Granja Toledo. (2011). Análisis del Transport Stream para el Estándar de Televisión Digital ISDB-Tb. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejercito, Departamento de Eléctrica y Electrónica. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4553/3/T-ESPE-032690.pdf>
- Cevallos Alvia Gregorio. (2014). Estudio del estándar adoptado para la televisión digital terrestre en el Ecuador. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el desarrollo, Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Recuperado de: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1731/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-41.pdf>
- Pedro Ignacio Sequeira. (2012). Televisión Digital Terrestre, Compresión digital MPEG-2/4, Set Top Box, Mediciones de la calidad de señales de video digital. Buenos Aires, Argentina: Pontificia Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Recuperado de: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/11240/1/television-digital-terrestre-sequeira.pdf>

- Diego Niño de Guzmán Veloso. (s.f.). Tutorial para el Uso del Software Radiomobile. Recuperado de: http://coimbraweb.com/documentos/software/tutorial_bajarmapas.pdf#:~:text=TUTORIAL%20PARA%20EL%20USO%20DEL%20SOFTWARE%20RADIO%20MOBILE.,de%20un%20sistema%20de%20radiocomunicaciones%20fijo%20o%20m%C3%B3vil.
- Tektronix. (s.f.). Spectrum Analyzer. RSA306B and RSA306B-SMA USB Real Time Spectrum Analyzer Datasheet. Estados Unidos: Tektronix. Recuperado de: <https://www.tek.com/datasheet/spectrum-analyzer-0>
- Rigol. (s.f.). Rigol RSA500 Series Real Time Spectrum Analyzer. Estados Unidos: Rigol. Recuperado de: <https://www.rigolna.com/products/spectrum-analyzers/rsa5000/>
- David Leonardo Rodríguez Rodríguez, Roberto Javier Valencia Delgado, Cesar Yépez. (s.f.). Evaluación de los Estándares Digitales que Actualmente usan las Operadoras de Audio y Video por Suscripción. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Electricidad y Computación. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24385/1/Paper%20Protocolo%20actual%20TV%20Digital.pdf>
- Norberto Mejía. (2011). Cómo determinar tamaño de una muestra, conocida de una población. México: Odiseo. Recuperado de: <https://odiseo.com.mx/bitacora-educativa/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra-conocida-una-poblacion/?fbclid=IwAR2VWgT-HmuoN5Hn8xGNakZjYEy8ZMZFM3MEBcJ0618faf5NDmBjVwgMxng>
- Charles. (s.f.). Proyecto de Radioenlace. Mérida. Recuperado de: https://mapasmerida.blogspot.com/p/calculos-y-formulas.html?fbclid=IwAR0lSEwipHX09sKPiHGtTIEsqYooaQJh1c1ZXqi0DA_2quEIrgpIAv183ho
- Jonathan Pineda. (2020). SIGET subastará frecuencia para la televisión digital. El Salvador: Diario EL Mundo. Recuperado de: https://diario.elmundo.sv/siget-subastara-frecuencia-para-la-television-digital/?fbclid=IwAR1LaKkh3M7SUqzmNV15K4-Z_EusOxskRcx6eoL_H4yeNJrSYK3f26EqHOW

- Corte Suprema de Justicia (2015). Sentencia 2012-36-2014. El Salvador: Corte Suprema de Justicia. Recuperado de: https://www.csj.gob.sv/Comunicaciones/2015/JUL_15/COMUNICADOS/Sentencia65-2012-36-2014.pdf?fbclid=IwAR3vjb7Pa6FaCr5ZEgkFyRFkTNG6PUUoMhKgJzHdRSo95nXgDN2EWHZYp4A
- ViewTV DA-290 Indoor/Outdoor Compact Yagi HDTV Antenna. (s.f.). Antena Yagi UHF para receptor. Estados Unidos: Woot. Recuperado de: https://electronics.woot.com/offers/viewtv-indoor-outdoor-hdtv-antenna-80-mile-1?fbclid=IwAR2Q7I1_ROpPTKmah32O-LDQV9t4rsqsmDWNIstE6NLWEUVd3JaG7vk34Eo
- Geekly articles. (s.f.). Pérdida de línea no coincidente. Estados Unidos: Weekly Geekly. Recuperado de: https://weekly-geekly-es.imtqy.com/articles/es425711/index.html?fbclid=IwAR3FGPzxy2BbuYw0eEg-HY8_sQNdo4NxNfbLsE2W0jLts47Uli2yg5pYZIk
- Transcom Corporation. (s.f.). TV antena cable. Estados Unidos: Transcom Corporation. Recuperado de: <http://www.fmamtv.com/tvantennacable.html?fbclid=IwAR3q5K8JFmtuYxMafLQIYtGH8N42J8T8DI2smy3yXT0sxoF6bXv3z229N8w#uhf>
- SIGET (2017). Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. El Salvador: SIGET. Recuperado de: https://www.jentel.mx/wp-content/uploads/2017/10/el_salvador.pdf

ANEXOS

470-806 MHz
UHF Band IV & V



Models "PA41L-UHPHP" & "PA41H-UHPHP"



All weld broad band four dipole panel covering the 470-806 MHz spectrum. The robust design incorporates the finest materials available, ensuring many years of reliable performance. The radiating elements are completely welded to the support spine. This results in an enhanced reduction in PIM, even after many years of being in service, which makes this antenna ideal for digital TV broadcast or digital base station data applications.

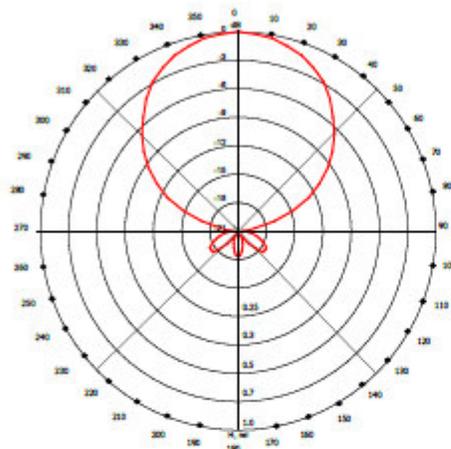
The radome covering the dipoles and internal feed conductors allow this antenna to operate reliably under extreme snow, rain, frost, or icing conditions. Multiple bays can be stacked horizontally or vertically to satisfy required gain or coverage.

www.antennas.ca

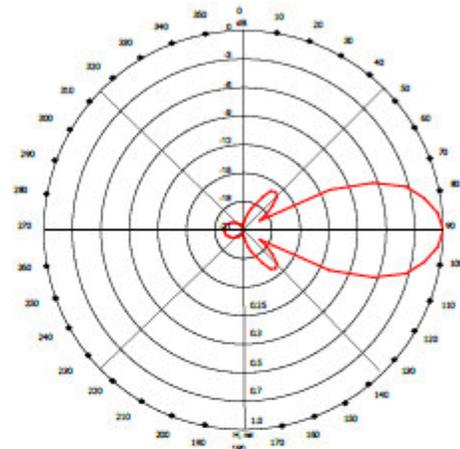
470-806 MHz
UHF Band IV & V



Electrical



H pol - Horizontal Radiation Pattern (E-Plane)



H pol - Vertical Radiation Pattern (H-Plane)

Frequency Range: 470-806 MHz

Input connector: 7-16 DIN female

VSWR: Model PA41H-UHPHP < 1.10 from 600-806 MHz
Model PA41L-UHPHP < 1.10 from 470-600 MHz

Return Loss: Model PA41H-UHPHP < -26 dB from 600-806 MHz
Model PA41L-UHPHP < -26 dB from 470-600 MHz

Gain: 11 dBd

Polarization: Horizontal

Impedance: 50 Ω

Max. input power: 2 kW

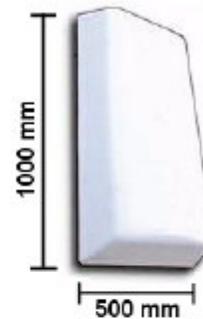
-3dB HPBW (E-Plane): 64 degrees

-3dB HPBW (H-Plane): 28 degrees

www.antennas.ca

Mechanical

Exterior material
 Reflector panel: Galvanized sheet metal
 Radome: UV stabilized ASA
 Interior material
 Radiators: Structural Aluminum
 Internal feed: Machined brass
 Dimensions: 1000 mm X 500 mm rear panel grid
 Grounding: Antenna and radiating elements are DC grounded for lightning protection
 Mounting clamps: HDG clamps are available for coverage requirements
 Icing protection: Radome protecting radiating elements and feed



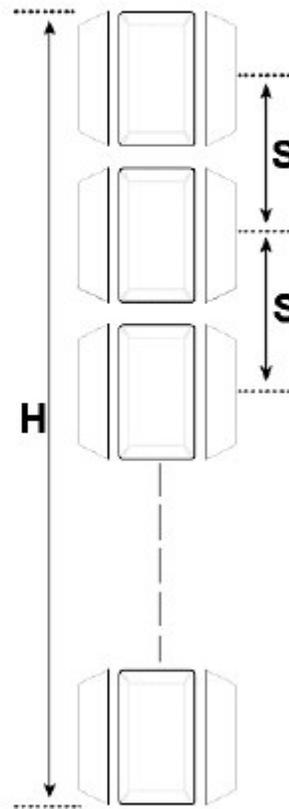
# of Bays	Panels per Bay	Total # of Panels	Gain (dBd)	Gain (Pr)	Weight (Kg) w/o mounts	Overall Height (meters)	Windload kN @ 160 km/h
1	1	1	11.0	12.59	12	12	1.0
	2	2	8.5	7.08	24		1.3
	3	3	6.7	4.68	36		1.6
	4	4	5.6	3.63	48		1.5
2	1	2	14.4	27.54	24	2.25	2.0
	2	4	12.0	15.85	48		2.6
	3	6	10.2	10.47	72		3.2
	4	8	9.1	8.13	96		3.1
3	1	3	16.2	41.68	36	3.4	3.0
	2	6	13.8	23.99	72		3.9
	3	9	12.0	15.85	108		4.8
	4	12	10.9	12.30	144		4.6
4	1	4	17.5	56.23	48	4.5	4.0
	2	8	15.2	33.11	96		5.2
	3	12	13.4	21.88	144		6.4
	4	16	12.2	16.60	192		6.2
6	1	6	19.4	87.10	72	6.8	6.0
	2	12	17.0	50.12	144		7.8
	3	18	15.3	33.88	216		9.6
	4	24	14.1	25.70	288		9.3
8	1	8	20.5	112.2	96	9.0	8.0
	2	16	18.2	66.07	192		10.4
	3	24	16.5	44.67	288		12.8
	4	32	15.2	33.11	384		12.4

470-806 MHz
UHF Band IV & V



Antenna Height (H) in Meters Antenna Spacing (S) in mm		
No. of Bays	H	S
1	1.2	-
2	2.25	1150
4	4.5	1150
6	6.8	1150
8	9.0	1150
12	14.0	1150

Weight in KG without mounting hardware			
No. of Bays	Panels / Bay	Total No. of Panels	Weight
1	2	2	24
	3	3	36
	4	4	48
2	2	4	48
	3	6	72
	4	8	96
4	2	8	96
	3	12	144
	4	16	192
6	2	12	144
	3	18	216
	4	24	288
8	2	16	192
	3	24	288
	4	32	384
12	2	24	288
	3	36	432
	4	48	576



dBm TO MICROVOLTS CONVERSION CHART (For 50 Ω System)

dBm	uV	dBm	uV	dBm	uV
0	224,000	-47	1,000	-94	4.47
-1	200,000	-48	891	-95	3.99
-2	178,000	-49	795	-96	3.55
-3	159,000	-50	709	-97	3.17
-4	141,000	-51	633	-98	2.82
-5	126,000	-52	563	-99	2.52
-6	112,000	-53	501	-100	2.24
-7	100,000	-54	447	-101	2.00
-8	89,100	-55	399	-102	1.78
-9	79,500	-56	355	-103	1.59
-10	70,900	-57	317	-104	1.41
-11	63,300	-58	282	-105	1.26
-12	56,300	-59	252	-106	1.12
-13	50,100	-60	224	-107	1.00
-14	44,700	-61	200	-108	0.891
-15	39,900	-62	178	-109	0.795
-16	35,500	-63	159	-110	0.709
-17	31,700	-64	141	-111	0.633
-18	28,200	-65	126	-112	0.563
-19	25,200	-66	112	-113	0.501
-20	22,400	-67	100	-114	0.447
-21	20,000	-68	89.1	-115	0.399
-22	17,800	-69	79.5	-116	0.355
-23	15,900	-70	70.9	-117	0.317
-24	14,100	-71	63.3	-118	0.282
-25	12,600	-72	56.3	-119	0.252
-26	11,200	-73	50.1	-120	0.224
-27	10,000	-74	44.7	-121	0.200
-28	8,900	-75	39.9	-122	0.178
-29	7,950	-76	35.5	-123	0.159
-30	7,090	-77	31.7	-124	0.141
-31	6,330	-78	28.2	-125	0.126
-32	5,630	-79	25.2	-126	0.112
-33	5,010	-80	22.4	-127	0.100
-34	4,470	-81	20.0	-128	0.0891
-35	3,990	-82	17.8	-129	0.0795
-36	3,550	-83	15.9	-130	0.0709
-37	3,170	-84	14.1	-131	0.0633
-38	2,820	-85	12.6	-132	0.0563
-39	2,520	-86	11.2	-133	0.0501
-40	2,240	-87	10.0	-134	0.0447
-41	2,000	-88	8.91	-135	0.0399
-42	1,780	-89	7.95	-136	0.0355
-43	1,590	-90	7.09	-137	0.0317
-44	1,410	-91	6.33	-138	0.0282
-45	1,260	-92	5.63	-139	0.0252
-46	1,120	-93	5.01	-140	0.0224

OCRed from IFR-1500 Service Monitor Instruction Manual Appendix "G"

R&S® TMU9evo AIR-COOLED UHF TRANSMITTER FAMILY

The best even better



Product Brochure
Version 03.00

ROHDE & SCHWARZ
Make ideas real



BENEFITS AND KEY FEATURES

E⁵ – efficiency to the power of five

The R&S®Tx9 transmitter generation scores with efficiency in five different aspects:

Efficiency in energy

Economical: minimum power consumption for cost savings over system lifetime

Efficiency in space

Space-saving: several transmitters and additional components in one rack

Efficiency in operation

Smooth: installation, operation and maintenance

Efficiency in configuration

Customer-focused: modular solutions for flexible system configuration

Efficiency for a lifetime

Future-ready: can be expanded to accommodate new standards and technologies



Most mature UHF amplifier design

- ▶ Superior efficiency thanks to R&S®PMU905 amplifier with enhanced Doherty technology
- ▶ Wideband amplifier design
- ▶ Optimum efficiency even after channel changes
- ▶ [page 4](#)

Operational efficiency in every aspect

- ▶ Consistent focus on long-lived transmitter design
- ▶ Continuous control of transmitter key performance indicators
- ▶ Innovative redundancy concepts at all levels
- ▶ [page 6](#)

Compact design and easy operation

- ▶ Compact, expandable exciter
- ▶ MultiTX configurations
- ▶ Easy and efficient operation
- ▶ [page 8](#)

Future-ready ATSC 3.0 support

- ▶ [page 8](#)

Rohde & Schwarz – the partner you can count on

- ▶ Quality transmitters since 1949
- ▶ 10-year spare parts availability
- ▶ [page 10](#)

MODEL OVERVIEW

R&S®TMU9evo UHF transmitter family				
Number of amplifiers	Output power (AVG) for digital TV standards with Doherty and normal operation ¹⁾ (DVB-T2, DVB-T, ISDB-T, DTMB, ATSC, ATSC 3.0)	Rack included	Dimensions (W x H x D)	Possible MultiTX configurations
1	400 W	optional	483 mm x 132 mm (3 RU) x 660 mm; 19 in x 5.2 in x 21.6 in	up to 6 transmitters per rack
2	750 W	optional	483 mm x 362 mm (8 RU) x 660 mm; 19 in x 13.9 in x 21.6 in	up to 4 transmitters per rack
3	1.15 kW	optional	483 mm x 440 mm (10 RU) x 660 mm; 19 in x 17.3 in x 21.6 in	up to 3 transmitters per rack
4	1.5 kW	optional	483 mm x 628 mm (12 RU) x 660 mm; 19 in x 20.8 in x 21.6 in	2 transmitters per rack
6	2.3 kW	1 rack	600 mm x 2000 mm (42 RU) x 800 mm; 23.62 in x 78.74 in x 31.49 in	no MultiTX configuration
8	3.0 kW	1 rack	600 mm x 2000 mm (42 RU) x 800 mm; 23.62 in x 78.74 in x 31.49 in	no MultiTX configuration
12	4.5 kW	2 racks	1200 mm x 2000 mm (42 RU) x 800 mm; 47.24 in x 78.74 in x 31.49 in	no MultiTX configuration
16	6.0 kW	2 racks	1200 mm x 2000 mm (42 RU) x 800 mm; 47.24 in x 78.74 in x 31.49 in	no MultiTX configuration

¹⁾ Before bandpass filter.

SPECIFICATIONS

Specifications		
Digital TV		
Standards		DVB-T, DVB-T2, ISDB-T _s , DTMB, ATSC, ATSC 3.0
Channel bandwidth	DVB-T	5/6/7/8 MHz
	DVB-T2	1.7/5/6/7/8 MHz
	ISDB-T/ISDB-T _s , DTMB	6/8 MHz
	ATSC, ATSC 3.0	6 MHz
Inputs	DVB-T, DVB-T2, DTMB	2 x ASI (BNC, 75 Ω), 2 x TSolP (Gigabit Ethernet)
	ISDB-T/ISDB-T _s	2 x BTS (BNC, 75 Ω), 2 x TSolP (Gigabit Ethernet)
	ATSC	2 x SMPTE 310M (BNC, 75 Ω)/2 x ASI (BNC, 75 Ω)
	ATSC 3.0	2 x TSolP (Gigabit Ethernet)
	DVB-S/S2 signal feed (optional)	2 x F (75 Ω)
General data		
Frequency range	UHF bands IV and V	470 MHz to 780 MHz (780 MHz to 862 MHz on request)
Supply voltage		230 V ± 15%, 2 wires + PE (L1/N/PE)
		400 V/230 V ± 15%, 4 wires + PE (L1/L2/L3/N/PE)
		208 V ± 10%, 3 wires + PE (L1/L2/L3/PE)
		240 V ± 10%, 2 wires + PE (L1/L2/PE)
Maximum installation altitude		3000 m above sea level (> 3000 m on request)
Operating temperature range		+1 °C to +45 °C
Relative humidity		max. 95%, non-condensing
Immunity ¹⁾	to fast transients and bursts in line with IEC 61000-4-4	±2 kV (AC supply) ±1 kV (signal inputs)
	to surges in line with IEC 61000-4-5	symmetrical: ±1 kV (e.g. L-N), asymmetrical: ±2 kV (e.g. L-PE, N-PE)
Synchronization		
Reference frequency		10 MHz, 0.1 V to 5 V (V _{pp}) or TTL (BNC)
Reference pulse		1 Hz, TTL (BNC)
GPS/GLONASS receiver sensitivity	optional	-144 dBm to -5 dBm (SMA)
Integrated OCXO		bridges reference signal interruptions for up to 24 h
Operation		
Status panel with buttons and LEDs		local operation
Transmitter display unit with touchscreen	optional	local display and operation
Ethernet interface, RJ-45		web interface: local, remote; network management interface via SNMP
Parallel remote interface	optional	floating contacts for messages and commands

¹⁾ To satisfy more stringent requirements, appropriate measures must be implemented at the transmitter site.

To comply with the applicable standards and limit values for the suppression of out-of-band emissions and for maintaining the required shoulder distance, the transmitter may only be operated with suitable filters at the RF output.

ORDERING INFORMATION

Your local Rohde & Schwarz expert will help you determine the optimum solution for your requirements.

To find your nearest Rohde & Schwarz representative, visit:

www.sales.rohde-schwarz.com