

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
GAP-FILLER PARA AMPLIAR LA COBERTURA DE LA ESTACIÓN
RADIODIFUSORA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT) BETHEL
25.1 EN EL DISTRITO DE VENTANILLA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BAUTISTA HUARANCCA, JERSON ABEL

ASESOR

CLEMENTE ARENAS, MARK DONNY

Villa El Salvador

2021

DEDICATORIA

A mi padre

José Bautista Becerra
por su amor, cuidados,
enseñanzas y animarme
a no rendirme.

A mi madre

Jovita Huarancca
Huarcaya por darme
todo su amor, cuidados
y buenos consejos; por
guiarme siempre por el
camino de la verdad.

A mis hermanos; y a mi
futura esposa, Ruth
Nancy Barzola Pilares,
persona especial que
Dios usó para el inicio
de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por darme vida, sabiduría, la dicha de haberle conocido y lograr una de mis metas.

A mi padre José Bautista Becerra, mi madre Jovita Huarancca Huarcaya y mis hermanos por cada momento vivido en mis años de estudio, por todo su amor y consejos, por haberme apoyado en cada momento adverso. A mis amigos durante mi formación académica y universitaria que fui conociendo.

A mi asesor el Ing. Mark Clemente quien me apoyó, me guio en todo momento.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	3
1.1. Contexto de la empresa	3
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. La televisión digital terrestre (TDT).....	17
2.2.2. Sistema ISDB-T	18
2.2.3. Estándar Brasileño ISDB-Tb.	19
2.2.4. Formato de comprensión H.264.	22
2.2.5. Modulación multiportadora COFDM.	23
2.2.6. Modulaciones de señales digitales.	25
2.2.7. Sistema radiante.	27
2.2.8. Cálculo de la potencia efectiva radiada (ERP).	29

2.2.9. Consideraciones técnicas.....	29
2.2.10. Redes de difusión TDT	30
2.2.11. Zonas de sombra.....	32
2.2.12. Sistema Gap-Fillers.....	33
2.2.13. Regulación de Televisión Digital Terrestre (TDT).	35
2.2.14. Servicios de radiodifusión.....	36
2.2.15. Servicios de radiodifusión televisiva en el depar- tamento de Callao.....	37
2.3. Definición de términos básicos.....	39
CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	42
3.1. Determinación y análisis del problema	43
3.1.1. Problema general.....	45
3.1.2. Problemas específicos.....	45
3.2. Modelo de solución propuesto.....	46
3.2.1. Estudio de cobertura del canal Bethel 25.1.....	47
3.2.2. Análisis de los parámetros del estándar ISDB-Tb.	48
3.2.3. Cálculo de la ERP de la estación radiodifusora televisiva.....	64
3.2.4. Software utilizado para generación de cobertura.	65
3.2.5. Cobertura TDT Bethel 25.1.....	71
3.2.6. Análisis de intensidad de campo en el distrito de Ventanilla.....	74
3.2.7. Análisis del Sistema Gap-Filler	78
3.2.8. Diseño de la Red de Frecuencia Única (SFN).	82
3.2.9. Presupuesto de la implementación.	94

3.2.10. Ejecución del Sistema Gap-Filler	95
3.2.11. Pruebas y configuración en laboratorio del Gap-Filler	97
3.2.12. Resultados de la prueba de laboratorio.....	98
3.2.13. Instalación del Sistema Gap-Filler piloto en modo de prueba.	100
3.3. Resultados	121
Conclusiones	125
Recomendaciones	126
Bibliografía	127
Anexos	131
0.1. Anexo 1.....	131
0.2. Anexo 2.....	132
0.3. Anexo 3.....	133
0.4. Anexo 4.....	134
0.5. Anexo 5.....	135
0.6. Anexo 6.....	136
0.7. Anexo 7.....	137
0.8. Anexo 8.....	138
0.9. Anexo 9.....	139
0.10. Anexo 10.....	140
0.11. Anexo 11	141

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Servicio ISDB-T.....	18
Figura 2.2. Códec de vídeo MPEG-2 y MPEG-4.....	19
Figura 2.3. Sistema de transmisión.....	20
Figura 2.4. Proceso de comprensión de video H.264.....	22
Figura 2.5. Escenario de propagación multitrayecto.....	23
Figura 2.6. Espectro OFDM.....	24
Figura 2.7. Espectro de transmisión de ISDB-T.....	25
Figura 2.8. Constelación QPSK.....	26
Figura 2.9. Constelación 16QAM y 64QAM.....	27
Figura 2.10. Diagrama de radiación isotrópica, omnidireccional y direccional.....	28
Figura 2.11. Red Multifrecuencia MFN.....	31
Figura 2.12. Red Monofrecuencia SFN.....	32
Figura 2.13. Zona sin cobertura.....	33
Figura 2.14. Cobertura de transmisor principal y Gap-Fillers.....	34
Figura 2.15. Diagrama de bloques del Gap-Filler.....	35
Figura 2.16. Tipos de tecnología de la información y comunicación en Callao.....	39
Figura 3.1. Flujo de implementación del Gap-Filler en modo de red SFN.....	47

Figura 3.2. Diagrama de bloques del canal Bethel 25.1.....	49
Figura 3.3. Frontis de los estudios del canal Bethel.....	50
Figura 3.4. Equipos Encoder Symbol, Nec y Vislink.....	53
Figura 3.5. Función del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.....	54
Figura 3.6. Parte posterior del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.....	54
Figura 3.7. Equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.....	55
Figura 3.8. Proceso para generar el BTS.....	55
Figura 3.9. Equipo Rémux BTS Rohde & Schwars AVG050.....	56
Figura 3.10. Tasa de datos obtenido para las capa A y B.....	58
Figura 3.11. Ficha técnica del equipo Elber Reble310.....	59
Figura 3.12. Equipo radio enlace microondas Elber Reble310.....	59
Figura 3.13. Ficha técnica del módulo Amplificador Rohde & Schwarz VH8600A1.....	60
Figura 3.14. Equipo Transmisor Digital R&S SX8000.....	61
Figura 3.15. Patrón de radiación del sistema radiante canal Bethel 25.1.....	62
Figura 3.16. Sistema radiante del canal Bethel 25.1.....	63
Figura 3.17. Coordenadas geográficas Emisor y Receptor.....	66
Figura 3.18. Configuración de propiedades de redes de transmisión.....	67
Figura 3.19. Configuración de propiedades de redes de recepción.....	68
Figura 3.20. Mapa cartográfico de altitud.....	69
Figura 3.21. Nivel de intensidad de campo de la señal del canal Bethel 25.1 vista en mapa cartográfico.....	70
Figura 3.22. Cobertura TDT Bethel 25.1.....	72

Figura 3.23. Cobertura TDT de todas las estaciones.....	73
Figura 3.24. Nivel de intensidad de campo en Ventanilla.....	74
Figura 3.25. Perfil de enlace al distrito de Ventanilla.....	75
Figura 3.26. Perfil de elevación al distrito de Ventanilla.....	77
Figura 3.27. Nivel de intensidad de campo en Cerro Los Perros..	80
Figura 3.28. Perfil del enlace al Gap-Filler.....	81
Figura 3.29. Coordenadas geográficas del Gap-Filler.....	84
Figura 3.30. Patrón de radiación de la antena receptora yagui....	85
Figura 3.31. Equipo Gap-Filler Fourth Series 2HU.....	86
Figura 3.32. Patrón de radiación de la antena emisora.....	87
Figura 3.33. Escenario de las diferentes señales que ingresan al Gap-Filler.....	88
Figura 3.34. Cobertura de Gap-Filler 25.1.....	92
Figura 3.35. Perfil del enlace Gap-Filler a punto céntrico de Ventanilla.....	93
Figura 3.36. Actividades en la etapa de instalación.....	96
Figura 3.37. Prototipo del Sistema Gap-Filler.....	98
Figura 3.38. Configuración vía remoto al Gap-Filler en pruebas de laboratorio.....	99
Figura 3.39. Mediciones con analizador de espectros en laboratorio.....	100
Figura 3.40. Montaje de la antena yagui multicanal VHF-UHF en la torre ventada.....	102
Figura 3.41. Medición de potencia de recepción de la señal TDT 25.1.....	103
Figura 3.42. Montaje del panel Kathrein en la torre ventada.....	106
Figura 3.43. Montaje de la antena yagui y Kathrein en la torre	

ventada.....	108
Figura 3.44. Conexión de cable de red con puerto GbE1 del Gap-Filler.....	110
Figura 3.45. Dirección IP para tener acceso al Gap-Filler.....	111
Figura 3.46. Acceso a la plataforma dinámica del Gap-Filler.....	111
Figura 3.47. Configuración de potencia directa a través de la plataforma del Gap-Filler.....	112
Figura 3.48. Ancho de banda vista por plataforma del Gap-Filler.....	114
Figura 3.49. Configurando el analizador de espectros Siglent SSA 3021X.....	115
Figura 3.50. Medición de la señal RF del Gap-Filler con analizador.....	116
Figura 3.51. Nivel de Cancelador de Ecos DEEC.....	118
Figura 3.52. Operatividad óptima con el DEEC adecuado.....	119
Figura 3.53. Instalación del Sistema Gap-Filler piloto en Cerro Los Perros, Ventanilla.....	120
Figura 3.54. Instalación en caseta del sistema Gap-Filler piloto..	121
Figura 3.55. Medición de potencia receptiva en Pachacutec.....	123

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1. Países de la región LAC que optaron por el estándar ISDB-Tb.....	20
Tabla 2.2. Comparación de tres sistemas de DTTB.....	21
Tabla 2.3. Acceso a tecnologías de la información y comunicación en Callao.....	38
Tabla 3.1. Parámetros asignados a cada Encoder.....	52
Tabla 3.2. Intensidad de campo en distintos sectores de Ventanilla con Radio Mobile.....	94
Tabla 3.3. Presupuesto de implementación de sistema Gap-Filler.....	95
Tabla 3.4. Potencia de recepción en distintos lugares de Ventanilla.....	124

RESUMEN

El presente trabajo describirá el diseño, implementación y las pruebas de validación de un sistema Gap-Filler para un canal de TDT, de la empresa radiodifusora Asociación Cultural Bethel.

La geografía accidentada que presenta diferentes distritos de Lima, hacen que el servicio de broadcasting sea limitado. Para Bethel 25.1, requiere de un sistema que sea capaz de ampliar la cobertura emitida desde el Cerro Marcavilca hacia el distrito de Ventanilla, distrito donde carece de esta señal. Esta medida se hace ante el inminente escenario del apagón analógico previsto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el IV Trimestre del 2022 para el Territorio 1 (Lima y Callao). Es por ello que se propone la propuesta de implementación de un sistema Gap-Filler en modo de red SFN.

La etapa de diseño se desarrolla en base a las normas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) y de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), el cual nos permitió ver los detalles técnicos del sistema ISDB-Tb, sensibilidad de los receptores, codificación H.264, redes SFN. Respecto a la etapa de implementación, se ejecutó la instalación de un sistema Gap-Filler piloto en la planta transmisora de una estación radiodifusora en Cerro Los Perros - Ventanilla. En cuanto la etapa de validación, se verificó en diferentes sitios del distrito en mención, que la potencia de recepción a 7 Km es -44.18 dBm. Valor óptimo según las normas de la ABNT NBR 15604.

INTRODUCCIÓN

Debido a la geografía de Lima, existen diferentes lugares donde no captan alguna señal abierta televisiva sea analógica o digital, estos lugares son conocidos como zonas de sombra. Obstáculos como cerros y montañas hacen que gran número de personas opten por pagar un servicio de televisión ya sea por Direct to Home (DTH), TV por Internet o Televisión por Cable (CATV), y no por señal abierta. Esto hace que el acceso a la TV sea clasificado, ya que solamente personas que tienen recursos medio o alto acceden a este servicio.

La mayoría de plantas transmisoras en Lima se encuentran ubicadas en el Cerro Marcavilca (Morro Solar). Dicho cerro es el punto de elevación más alto en la ciudad. Desde allí se obtiene una línea de vista amplia a muchos distritos. Esto hace que la señal tenga mayor penetración y cobertura. No obstante, al percatarse las empresas radiodifusoras, de estas zonas de sombras existentes, optan por este novedoso sistema denominado Gap-Filler's (en inglés, relleno de huecos).

La empresa de radiodifusión televisiva: Asociación Cultural Bethel actualmente está transmitiendo de forma simultánea en señal analógica y digital. Motivados por el apagón analógico que está pronosticado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el IV Trimestre del 2022, la tecnología analógica que se usa desde el inicio de

la invención de la TV quedaría en desuso. Razón por la cual se desea expandir la señal digital o denominada TDT, al distrito de Ventanilla. Ya que en dicha localidad no se recibe señal digital.

Con este sistema Gap-Filler dio una solución al problema de la zona de sombra en la cobertura TDT al lugar antes mencionado. Para ello se realiza el análisis específico y detallado de la evaluación, diseño, implementación y validación del sistema. Lo que se traduce en un crecimiento de la estación radiodifusora televisiva digital (TDT) Bethel 25.1.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto de la empresa

Asociación Cultural Bethel, conocido comercialmente como Bethel Televisión, es una institución peruana sin fines de lucro dedicada a la radiodifusión ya sea sonora (FM o AM) o televisiva (VHF o UHF). Tiene sus estudios ubicados en la Av. 28 de Julio N° 1783 distrito de La Victoria. Donde se realiza una serie de programaciones que se difunden a toda Lima a través de su planta transmisora situado en el Cerro Marcavilca (Morro Solar). Además, la señal es subida a los satélites Telstar 12 e Intelsat 21 para su respectiva recepción a las estaciones retransmisoras, sea radio o televisión, en todo Perú.

La radiodifusión en el Perú actualmente está en una etapa de transición hacia la era digital, debido al apagón analógico propuesto por el MTC desde el 2022 (MTC, 2020). El país adoptó el estándar ISDB-T para la televisión digital terrestre (TDT), con la finalidad de proveer una mejora en la calidad de la televisión. Considerando esto, Bethel 25.1 lanzó su señal digital en el año 2012.

El área de Ingeniería de la Red Nacional es la encargada de realizar los estudios y análisis de cobertura para las estaciones retransmisoras

en todo el Perú. Es también encargada de pedir las autorizaciones ante el MTC. Con la tecnología digital, El MTC esta promoviendo el uso de normas como de ITU (ITU, 2016) y la ABNT (ABNT, 2007) y se esta verificando su cumplimiento de manera rigurosa. El uso de estos estándares y normativa cambia el panorama de la televisión en el país, toda vez que la tecnología analógica quedará en desuso e implica que las empresas tienen que actualizar su equipamiento y servicios de manera acorde.

1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

Delimitación Temporal.

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en el mes de febrero del 2021. Las etapas de estudios, análisis y presupuesto se efectuaron durante un turno laboral en los meses de febrero y marzo del 2020 y la compra en diciembre; la implementación del sistema Gap-Filler se realizó en los meses de enero y febrero del 2021 y la validación del sistema se realizó en los últimos tres (03) días del mes de febrero.

Delimitación Espacial.

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en diferentes escenarios, la etapa de diseño se realizó en los estudios del canal ubicado en Av. 28 de Julio N° 1783, distrito de la Victoria, provincia y departamento de Lima; la etapa de implementación se realizó en Cerro Los Perros del distrito de Ventanilla, provincia y departamento del Callao, y la etapa de validación del sistema se realizó en diferentes

sitios del distrito de Ventanilla.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema Gap-Filler para ampliar la cobertura de la estación radiodifusora de televisión digital terrestre (TDT) Bethel 25.1 en el distrito de Ventanilla.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema Gap-Filler, para expandir la cobertura de un canal TDT considerando parámetros importantes como la ubicación de la estación y el aislamiento entre antenas.
- Implementar un sistema Gap-Filler en modo de red SFN considerando los parámetros técnicos adecuados.
- Validar la implementación del sistema Gap-Filler a través de la medición de potencia de recepción.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los antecedentes del marco teórico están comprendidos por artículos de investigación y tesis nacionales e internacionales relacionado al estándar Brasileño de televisión Digital Terrestre (TDT) ISDB-Tb y sistema Gap-Filler. Por lo tanto, se revisaron publicaciones como tesis nacionales y revistas científicas internacionales, los cuales se resumen a continuación:

En la tesis para optar el título de ingeniero de telecomunicaciones, titulada: “Análisis técnico y de mercado para una infraestructura de TDT propuesta para Lima Metropolitana bajo SBTVD” de (Matamoros, 2011), se expone dos (02) análisis desde los puntos de vista técnico y económico para una infraestructura propuesta de Televisión Digital para la empresa Andina de Radiodifusión S.A.C. Así como, un análisis de factibilidad de una propuesta de instalación de estaciones repetidoras ante los problemas técnicos debido a la geografía de Lima Metropolitana. El autor a través del software libre Radio Mobile detalla el panorama de cobertura del canal digital en mención como también la potencia de recepción adecuada en cada punto de la ciudad de acuerdo a la norma ABNT NBR 15604. En dicha norma se describe la

sensibilidad de los receptores. El autor también identifica cuatro (04) zonas que carecen de señal libre digital y define algunos parámetros que deberían tener las estaciones repetidoras. Entre estos parámetros se encuentran, el modo de red SFN a considerar y la potencia de los equipos Gap-Filler, donde se considera 100W para Ventanilla. La tesis en mención usa el software Radio Mobile para simular la cobertura, la línea de vista, zonas de Fresnel y los parámetros de radioenlace de un canal TDT, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicha tesis, el autor no presenta resultados de pruebas de implementación de los sistemas analizados. El autor se enfoca únicamente en los análisis técnico y financiero para proponer la viabilidad de una futura adopción de la TDT por parte del canal en estudio. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que si se realizaron pruebas de implementación del sistema propuesto, no solamente análisis como en dicha tesis. Es más, el presente trabajo de suficiencia se exploran los criterios técnicos que debe de tener una estación repetidora o Gap-Filler de manera más amplia que en dicha tesis. Así como también, se presentan mediciones reales in situ después de la instalación de un Gap-Filler como prueba piloto.

Otro trabajo similar de propuesta de diseño sin implementación se presenta en la tesis de (Ponce, 2015), que titula: “Estudio de ingeniería para implementar el servicio de televisión digital terrestre en las zonas periféricas de la ciudad de Lima”, tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico de la Universidad Ricardo Palma. Se expone lo viable y beneficioso que sería para cuatro (04) distritos apartado de

Lima la instalación de Gap-Filler, toda vez que el canal materia de estudio Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú - IRTP, presenta obstáculos técnicos respecto a su cobertura TDT. El autor explica mediante análisis de cobertura lo técnico que sería la implementación de Gap-Filler en tres (03) puntos estratégicos definidos en la presente tesis. Así como también, lo económico que sería una implementación de este novedoso sistema. El autor concluye en que la mejor manera de expandir una red de TDT, es a través de una estación principal de alta potencia con sub-estaciones o Gap-Filler de baja potencia. La tesis en mención considera la parte económica fundamental para poder ejecutar un proyecto, por ende se debe de considerar detalladamente los precios de los equipos que intervienen en la implementación de un Gap-Filler, de manera muy parecido al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicha tesis, el autor plantea que el equipo reemisor a implementar sea con el sistema Magnum y Ark. El autor propone este tipo de sistema debido al modo dual que emplea. Si bien es cierto que con este equipo se puede migrar de un canal analógico a digital, pero para un panorama en que la tecnología analógica quedará en desuso, no sería conveniente. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que se está abordando la implementación con un equipo reemisor de TDT o sea tecnología únicamente digital. Es más, el presente trabajo de suficiencia se explora los diferentes problemas técnicos que presenta un Gap-Filler en modo de red SFN. Así como también, los diferentes criterios técnicos para dar solución al problema del eco de retroalimentación y otros.

Otro estudio semejante de propuesta de diseño sin implementación se presenta en la tesis de (Laban and Berrios, 2015), que titula: “Diseño de una cabecera satelital DVB-S2 en la ciudad de Lima orientada la retransmisión nacional de la señal emitida por los canales locales de TDT de bajo presupuesto”, tesis para optar el título ingeniero de telecomunicaciones y redes de la Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas. Se expone lo técnico que sería la implementación de una cabecera digital DVB-S2 en Lima para dar solución a los canales de TDT que aún no inician su transmisión en los Territorios 2,3 y 4. Así como, un análisis respecto al costo que estarían pagando por este servicio ya sea en formato SD o HD. Los autores demostraron en la etapa de comprensión o codificación de vídeo, que, a menor tasa de comprensión la calidad del vídeo disminuye, y a mayor tasa de comprensión la calidad del vídeo aumenta. Los autores también demostraron la ventaja que se da al comprimir un vídeo con MPEG-4, el cual puede llegar a ocupara a la mitad de tasa que MPEG-2. La tesis en mención emplea un informe del MTC del 01 de setiembre del 2011, titulada "Situación de la TDT en el Perú", de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicha tesis, los autores no presentan resultados de prueba de implementación del sistema, sobre todo en la etapa de dowlink que es la etapa final donde a través de una parabólica banda Ku se verá si es viable o no el diseño. Los autores presentan pruebas solamente de la etapa de codificación y multiplexación, y esto es debido al costo que sería el alquiler de un satélite para su posterior retransmisión a nivel nacional. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que sí se instaló un equipo de

prueba piloto, no solamente análisis como en dicha tesis. Es más, el presente trabajo de suficiencia se realizaron pruebas de validación del sistema una vez instalado, y esto con el fin de dar veracidad al sistema una vez operativa.

Otro análisis idéntico se presenta en la tesis de (Mayorga, 2013), que titula: “La televisión digital terrestre en el Perú: Contexto actual y políticas públicas para su desarrollo”, tesis para optar el grado de Magíster en Regulación de los Servicios Públicos de la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. Se expone un análisis detallado del estado actual que se encuentra la TDT en el Perú. Así como, algunos aspectos que deberían de estar incluido en el Plan Maestro. Esto con el fin de lograr un mayor servicio para los radiodifusores y usuarios finales. El autor informa el escenario de otros países que tuvieron éxito en la implementaron de la TDT. Por ello recomienda que debe de incluirse obligatoriamente las redes SFN en el Plan Maestro, con la finalidad de aprovechar las características de la TDT respecto al uso eficiente del espectro radioeléctrico. El autor también demuestra que aún no hay un mercado masivo de la TDT, toda vez que el MTC desde la adopción al estándar ISDB-Tb no ha dado mayor impulso a esta tecnología. El autor recomienda de manera indispensable la intervención del estado para fomentar el desarrollo social y económico de la TDT en el Perú. La tesis en mención informa de manera clara las ventajas que traería la radiodifusión digital, de manera muy parecido al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicha tesis, el autor no menciona criterios técnicos de ingeniería para la implemen-

tación de redes SFN. El autor se enfoca únicamente en los análisis de mercado y políticas públicas para promover de manera beneficiosa la implementación de la TDT a nivel nacional. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que sí se realizaron análisis minucioso de lo que conlleva implementar un Gap-Filler en modo de red SFN. También se detalla las diferentes etapas que conllevan a una implementación de este sistema, tales como: diseño, implementación y validación.

Otra investigación parecida de propuesta de diseño sin implementación se presenta en la tesis de (Palomares, 2017), que titula: “Estudio de factibilidad de los parámetros necesarios para la implementación de un canal de televisión para la universidad Católica de Santa María”, tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico de la universidad Católica de Santa María. Se expone lo técnico que sería implementar una infraestructura completa de TDT para la presente casa de estudio. Dicha implementación aborda las etapas de: producción, transmisión y recepción. Así como, un análisis de mercado en el departamento de Arequipa, considerando cuales serían las instituciones o empresas privadas que apostarían por un nuevo canal con programación que demande la población. El autor demuestra a través de diferentes estudios que las escuelas de ingeniería electrónica y comunicaciones poseen el perfil idóneo para este tipo de proyectos. Así como, plantea la optimización de recursos en cuanto a infraestructura, puesto que se cuenta con ambientes en dicha universidad que servirían como los estudios del futuro canal. El autor concluye que ante el inminente crecimiento de la tv visto por el público por: señal abierta,

CATV, TVSAT e IPTV, urge al estado fomentar la creación de sociedades tecnológicas de este rubro con profesionales especializados. La tesis en mención emplea el software libre Radio Mobile para los diferentes cálculos de cobertura, potencia de recepción y radio enlace, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicha tesis, el autor no presenta resultados de pruebas de implementación de los sistemas analizados, y esto es entendible por el alto costo que sería la ejecución de un canal de TDT desde un inicio. El autor se enfoca de manera teórica y económica para proponer la factibilidad de un futuro canal de TDT. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que las etapas de análisis y estudios fueron realizados en un canal de TDT ya implementado. Es más, el presente trabajo de suficiencia se realizaron visitas técnicas a los estudios del canal como su planta transmisora, y esto con el fin de tener un panorama más detallado de un canal de TDT. De ser caso contrario, sería más costoso proponer la instalación de un Gap-Filler sin un canal ya instalado.

Otro trabajo similar se presenta en el artículo de investigación titulado: "Comparison of Terrestrial DTV Systems: ISDB-Tb and DVB-T2 in 6 MHz" de (Esperante et al., 2016), publicado en la revista IEEE Latin America transactions, se expone un análisis comparativo a profundidad de dos (02) estándares de TDT, del estándar brasileño ISDB-Tb y europeo DVB-T2. Así como, la paridad de ambos estándares respecto a los principios estructurales de transmisión: codificación, multiplexación, modulación y amplificación. Los autores demuestran las diferencias y semejanzas desde la señal de entrada BTS a ISDB-Tb,

así como T2-MI a DVB-T2. Se realizó diferentes pruebas hechas en laboratorio usando TOV (Threshold of Visibility) bajo distintos factores de transmisión a ISDB-Tb y DVB-T2, dando como resultado que el sistema DVB-T2 al agregar características como: IFFT, modos de portadora, modulación 256-QAM entre otros, presenta una mayor flexibilidad de transmisión; no obstante, se comprobó que ambos sistemas de televisión digital muestran gran robustez. El artículo en mención describe de manera detallada las bondades que tiene el estándar brasileño ISDB-Tb, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicho artículo, los autores realizan pruebas hechas en laboratorio y no en campo. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que a parte de realizar pruebas en Laboratorio del sistema Gap-Filler, se realizaron pruebas en campo también. Esto con el fin de tener un panorama más amplio del sistema una vez operativo. De esa manera se podrá garantizar el óptimo funcionamiento de la implementación propuesta.

Otro estudio semejante se presenta en el artículo de investigación titulado: "Demonstration of Software-Reconfigurable Real-Time FEC-Enabled 4/16/64-QAM-OFDM Signal Transmission in an X-Band RoF System" de (Chen et al., 2016), publicado en la revista IEEE Photonics Journal, expone sobre la emisión y recepción a través de un software reconfigurable en tiempo real en señales 4/16/64-QAM y un determinado FEC. Los autores demuestran señales de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) existentes en enlaces de subida en radio sobre fibra (RoF) en los 8 a 12GHz. A estas se-

ñales se le aplicó una técnica conocida como código Reed-Solomon (RS), la técnica consiste en la agregación de redundancia para producir determinados símbolos codificados, el cual se usa para optimizar el rendimiento de la tasa de error de bits (BER). La investigación concluye demostrando que es posible emitir señales OFDM moduladas con 4/16/64-QAM con una alta tasa de transmisión (1.6 a 4.8Gb/s) y BER por debajo del límite sin necesidad de usar el FEC. El artículo en mención especifica de manera amplia el uso de OFDM, RS y FEC, parámetros necesarios para lograr una alta tasa de transmisión en radiodifusión, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicho artículo internacional, los autores tienen una mira hacia la red 5G usando tecnologías como RoF, es por ello el logro de una alta tasa de transmisión que va en los Gbs. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que la línea de transmisión que actualmente usan los radiodifusores es cable heliax (coaxial). Sin embargo, usando el tipo de modulación 4/16/64-QAM con multiplexación OFDM es posible obtener una alta tasa de transmisión con un FEC adecuado. Este tipo de configuración se emplea para lograr la programación en HD en señal abierta.

Otro análisis idéntico se presenta en el artículo de investigación titulado: "Transmitter location for maximum coverage and constructive - destructive interference management" de (Marianov and Eiselt, 2012), publicado en la revista Computer Operations Research, se expone los diferentes modelos de ubicación que deben de considerar cada estación reemisora de TDT para una óptima cobertura en una

red de frecuencia única (SFN). Así como, la distancia que debe de considerarse entre estas estaciones. Los autores a través del programa IBM ILOG CPLEX Optimization Studio V12.2 detallan el panorama de cobertura total, cobertura constructiva y cobertura destructiva. En dicho programa se describe de manera gráfica el escenario de las diferentes estaciones reemisoras de TDT. Los autores concluyen que para cada cobertura de los reemisores de TDT, no se deben de superponer si existen interferencias y esto dependerá de la ubicación de cada uno de estos; o mejorar la cobertura si las señales se combinan de forma constructiva y esto dependerá de la tecnología que se use. El artículo en mención usa un programa comercial con el objetivo de tener un panorama del sistema antes de ser implementado, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicho artículo, los autores analizan los lugares adecuados donde serán ubicados una serie de reemisores de TDT. Los autores se basan en un sistema de TDT amplio, donde se incluye una estación principal y varias sub-estaciones o Gap-Filler. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que inicialmente se plantea la implementación de un solo Gap-Filler. Así como también, esta propuesta puede abarcar para replicarse en otras localidades de Lima Metropolitana, pero esto dependerá de las políticas públicas del estado con respecto a la implementación de redes SFN.

Otra investigación parecida se presenta en el artículo de investigación titulado: “60-GHz Repeater Link for an ISDB-T Gap-Filler System Based on Self-Heterodyne Technique Applying an Adaptive Distortion

Suppression Technique” de (Shoji et al., 2010), publicado en la revista IEEE Transactions on microwave theory and techniques, se expone sobre un enlace repetidor de 60 GHz (Banda EHF) como solución a zonas de sombra mediante un sistema Gap-Filler de servicio ISDB-T. Así como, un análisis de un enlace repetidor de 60 GHz adoptando la técnica de transmisión auto-heterodina y una técnica de suprimir distorsiones. Los autores a través de un novedoso método verifican el impacto en el rendimiento del enlace de ambos módulos Tx y Rx. La técnica consiste en la manipulación del voltaje de polarización en el mezclador del Rx auto-heterodino. Los autores concluyen demostrando que el enlace en mención es eficaz para aumentar el rango de transmisión aun si la potencia de transmisión es limitada. Así como, también demostraron experimentalmente que dicho enlace puede cubrir la distancia de transmisión de 23.7 a 110.9 m con una BER baja. EL artículo en mención señala que un sistema Gap-Filler de servicio ISDB-T es la solución para llegar a cubrir lugares accidentados geográficamente conocido como zonas de sombra, de manera muy similar al presente trabajo de suficiencia profesional. En dicho artículo, los autores se basan en la banda de frecuencia de los 60GHz (Banda EHF) para un enlace antes de la etapa de recepción del sistema Gap-Filler. Esto se entiende al avance innovador que existe en países como Tokio y Japón. Esto difiere del presente trabajo de suficiencia, ya que la implementación del sistema Gap-Filler en modo de red SFN se basa en la recepción de la señal primaria para su posterior retransmisión.

2.2. Bases teóricas

Las bases teóricas del presente proyecto está comprendido por los fundamentos teóricos, definiciones, consideraciones técnicas, ecuaciones y redes de difusión TDT; también se presentan los parámetros técnicos que deben de cumplir los reemisores de TDT.

2.2.1. La televisión digital terrestre (TDT).

Los servicios de radiodifusión permiten llevar información en señal abierta, ya sea sonora o televisiva; estas emisiones pueden ser analógicas y lo último en tecnología, digitales. La radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB), se convierte en una manera muy distinta de ver televisión. Ofrece innovación que se ve reflejado en la calidad de vídeo y audio, como también la interactividad que ofrece ciertos estándares. Desde su etapa de producción hasta la recepción se convierte en un entorno más dinámico y técnicamente complejo. Dependiendo del estándar de DTTB, puede concebirse para que funcione en usuarios fijos, móviles y dispositivos portátiles (ITU, 2016).

La emisión digital supone la eliminación de aquellos canales que en la emisión analógica se mantenían de guardia con el fin de evitar interferencias entre canales de esa tecnología, analógicas. La televisión digital terrestre (TDT) tiene muchas bondades respecto a la televisión analógica. Una de esas bondades son: calidad en la recepción y visualización de las señales de televisión. Así como, la recepción en vehículos como teléfonos móviles (Ortuño et al., 2009).

2.2.2. Sistema ISDB-T.

Respecto a los tipos de estándares de radiodifusión de televisión digital terrestre, existen: Advanced Television Systems Committee (ATSC), Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T), Digital Terrestrial Multimedia Broadcast (DTMB), Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial (ISDB-T) y Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTV-D). El estándar japonés ISDB-T fue planeado para ofrecer emisiones de vídeo, audio y datos de muy buena calidad. Así como, la recepción en dispositivos celulares y vehiculares (ITU, 2016).

En la figura 2.1 se muestra el servicio ISDB-T emitido a los diversos usuarios finales: recepción fija (tv) y portátiles (teléfonos móviles, laptop, tablet, vehículos).

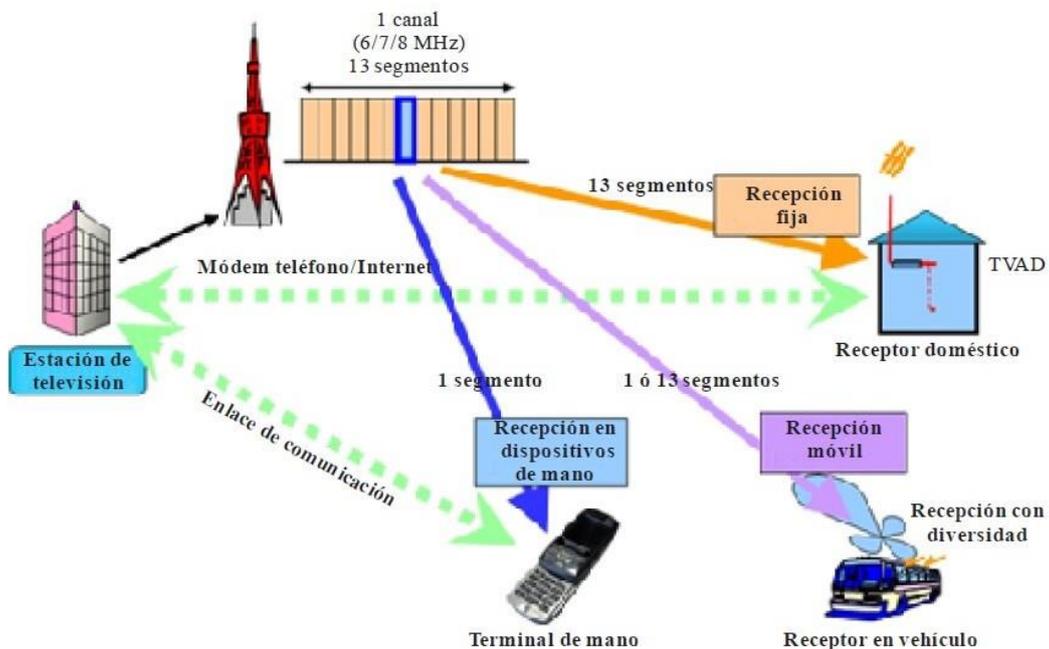


Figura 2.1. Servicio ISDB-T.

Fuente: ITU. 2016. Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital.

2.2.3. Estándar Brasileño ISDB-Tb.

En Junio del año 2006 Brasil aceptó el ISDB-T como su sistema de transmisión terrestre. El sistema ISDB-Tb Brasileño no es igual al sistema ISDB-T Japonés ya que el estándar brasileño adopta nuevas tecnologías, tales como la tecnología H.264 para codificación de vídeo de canales en SD y HD; así como también la interactividad. El país vecino de Brasil ha comenzado en el 2012 con las transmisiones one-seg destinado para usuarios portátiles (teléfonos móviles, laptop, tablet, vehículos) (Kumar and Weiss, 2012).

En la figura 2.2 se muestra los dos tipos de codificación de vídeo usados en los estándares de TDT actuales, MPEG-2 y MPEG-4.

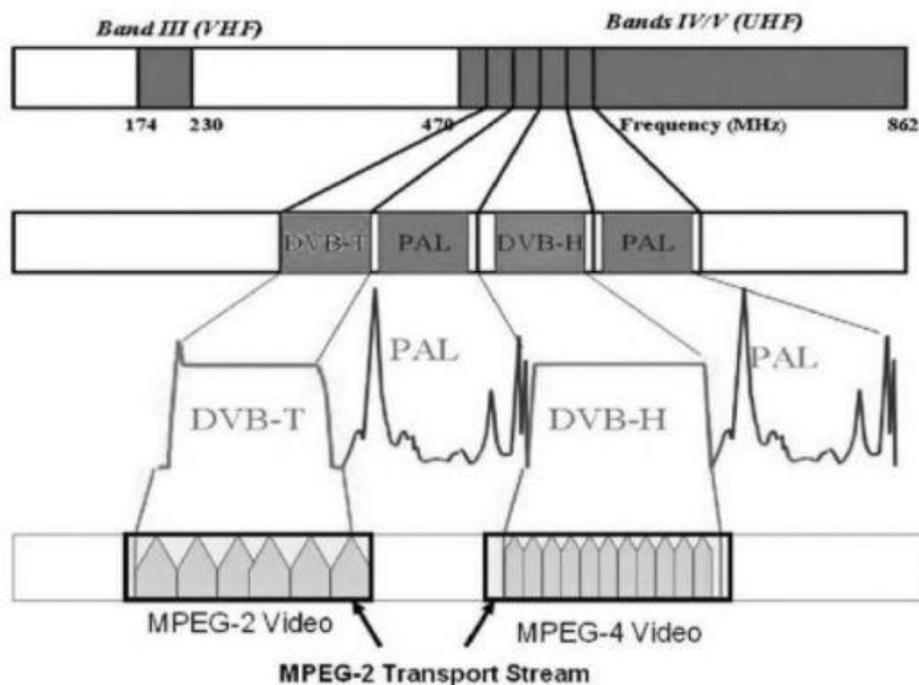


Figura 2.2. Códec de vídeo MPEG-2 y MPEG-4.
Fuente: Kumar. 2010. Implementing Mobile TV.

En la figura 2.3 se muestra una visión general del sistema de trans-

misión del estándar ISDB-Tb, la cual consta de las siguientes etapas: codificación, multiplexación, modulación, amplificación y antenas.

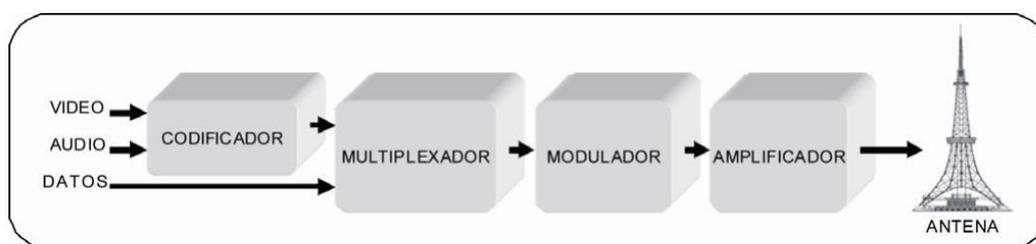


Figura 2.3. Sistema de transmisión.

Fuente: ABNT. 2007. Televisión digital terrestre - Sistema de transmisión ISDB-Tb.

En la Tabla 2.1 se menciona la lista de los países en la región LAC que optaron por el estándar ISDB-Tb como también el año del apagón analógico, esta información última (2016) en la mayoría de países se vio alterado por el tema de la pandemia (2020).

Tabla 2.1

Países de la región LAC que optaron por el estándar ISDB-Tb.

Países	Fecha Prevista	Estándar TVD
Argentina	2019	ISDB-Tb
Bolivia	2020	DVB-T
Brasil	2018	ISDB-Tb
Chile	2020	ISDB-Tb
Colombia	2019	DVB-T
Costa Rica	2017	ISDB-Tb
República Dominicana	2015	ATSC
Ecuador	2017	ISDB-Tb
El Salvador	2018	No define (ATSC suspendido 2012)
Guatemala	2021	ISDB-Tb
Honduras	2020	ISDB-Tb
México	2015	ATSC
Nicaragua	2020	ISDB-Tb
Panamá	2017	DVB-T
Paraguay	2024	ISDB-Tb
Perú	2020	ISDB-Tb
Uruguay	2019	ISDB-Tb
Venezuela	2020	1,9GHz

Fuente: OCDE. 2016. Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe.

Brasil aprobó en 2006 tras acaloradas discusiones su propia ver-

sión del ISDB-T, tuvo que pasar años de discusiones; por consiguiente, modificó el estándar japonés y luego lo propuso a sus vecinos países (Véase Tabla 2.1). La mayor parte de los países de América del Sur han optado por el estándar brasileño ISDB-Tb (OCDE, 2016).

El sistema brasileño de televisión digital (SBTVD), también llamado ISDB-Tb o ISDB-T Internacional; es igual al sistema Japonés. Por lo tanto, el ISDB-Tb es un sistema modificado de la familia ISDB-T, pero tiene las mismas características del ISDB-T Japonés. Por lo cual en la mayoría de libros se podrá apreciar la nomenclatura ISDB-T y no ISDB-Tb. Como es el caso de (Beutler, 2011), donde menciona en su libro respecto a la etapa de codificación, ISDB-T emplea MPEG-2 para la codificación de vídeo, aunque también se puede usar MPEG-4/H.264. Este último dato sabemos que corresponde al estándar brasileño ISDBTb, sin embargo mencionan a ISDBT.

En la tabla 2.2 se detalla la comparación de tres sistemas de Transmisión Terrestre de TV Digital (DTTB).

Tabla 2.2
Comparación de tres sistemas de DTTB.

Feature	DVB-H	T-DMB	ISDB-T
Video, Audio formats	MPEG-4 or WM9 (Video) AAC or WM Audio	MPEG-4 Video BSAC Audio	MPEG-4 Video AAC Audio
Transport Stream	IP over MPEG-2 TS	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS
Modulation	QPSK or 16 QAM WITH COFDM	DQPSK WITH FDM	QPSK or 16 QAM With COFDM
RF Bandwidth	5-8MHz	1.54MHz (Korea)	433KHz (Japan)
Power-Saving Technology	Time slicing	Bandwidth reduction	Bandwidth reduction

Fuente: Kumar. 2010. Implementing Mobile TV.

2.2.4. Formato de compresión H.264.

El instrumento de compresión de vídeo del estándar ISDB-T Brasileño debe estar de acuerdo necesariamente con la ITU-T Recommendation H.264. Este método de compresión utiliza una tecnología de codificación de vídeo avanzado (AVC), H.264 (nombre otorgado por ITU) o MPEG-4 (nombre otorgado por la Organización Internacional de Normalización/Comisión Electrotécnica Internacional - ISO/IEC) se ha constituido un estándar de la industria de comunicación de vídeo digital que continuamente se innova; El proceso consiste en convertir (codificar) vídeo digital en un formato que ocupa menos espacio y de esa manera poder transmitirlo sin perder la calidad de imagen (Richardson, 2011).

En la figura 2.4 se presenta el proceso de codificación y decodificación de vídeo con el estándar H.264.

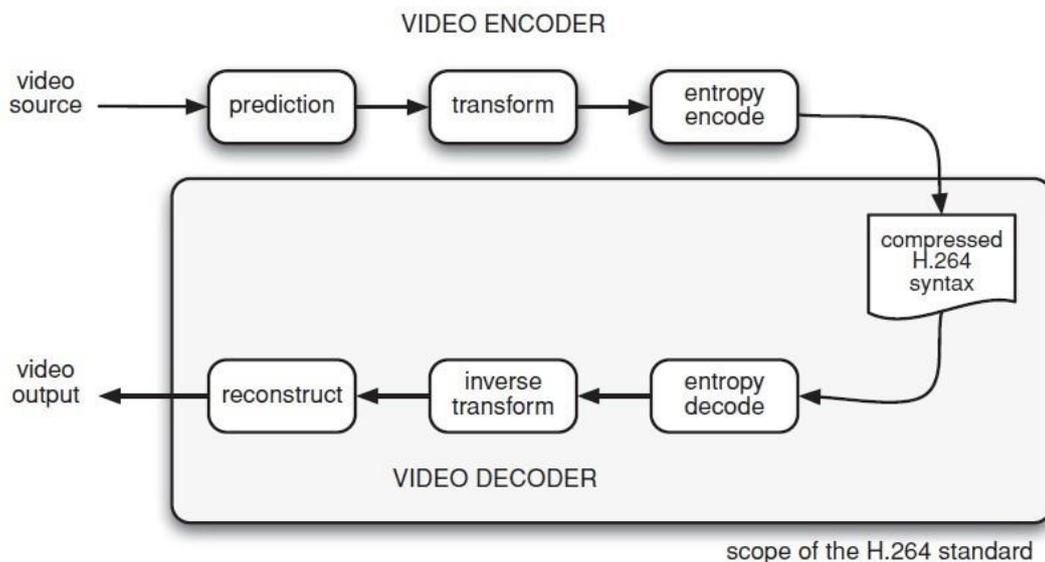


Figura 2.4. Proceso de compresión de video H.264.

Fuente: Richardson. 2011. The H.264 Advanced Video Compression Standard.

2.2.5. Modulación multiportadora COFDM.

La señal ISDB-Tb, después que haya sido codificada bajo el estándar H.264, debe ser modulada para ser transmitida; en el trayecto de la propagación de estas señales se encuentran con diferentes obstáculos: montañas, edificios, etc. El resultado de estos impedimentos hace que aparezca el efecto multitrayecto, consiste en tener diferentes caminos en el espacio libre (atmósfera) en el trayecto de la señal; ello hace que el receptor reciba más de una sola señal, una de éstas es la directa y las otras reflejadas, ya que tienen un recorrido más amplio y por ende llegan con retardo. Esto es un problema en la parte del receptor (Ruiz, 2002).

En la figura 2.5 se muestra el efecto multitrayecto de la señal.

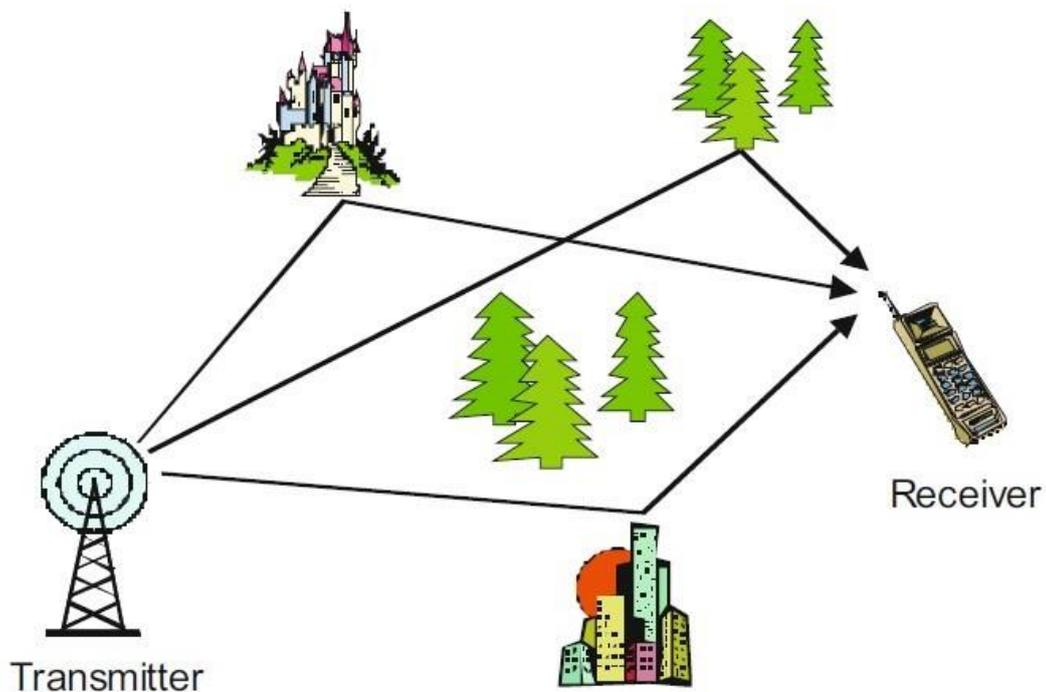


Figura 2.5. Escenario de propagación multitrayecto.

Fuente: Rohling. 2011. OFDM, Concepts for Future Communication Systems.

Para solucionar el problema en la etapa de recepción y así pueda realizar el proceso de decodificación sin ningún inconveniente, se usa un tipo de modulación en la etapa de transmisión llamada Multiplexación por división de frecuencia ortogonal codificada (COFDM). Este tipo de modulación emplea un elevado número de portadoras estrechamente separadas entre sí, la separación responde a un principio de ortogonalidad. Este principio concede recuperar parte de la señal transmitida, para recuperar los datos restantes se añaden códigos de resguardo, estos códigos corrigen y detectan los datos presentes en la frecuencia que hayan sido alterados por el trayecto (Kumar and Weiss, 2012).

En la figura 2.6 se muestra el espectro de la modulación multiporadora OFDM que consta de N funciones sinc equidistantes.

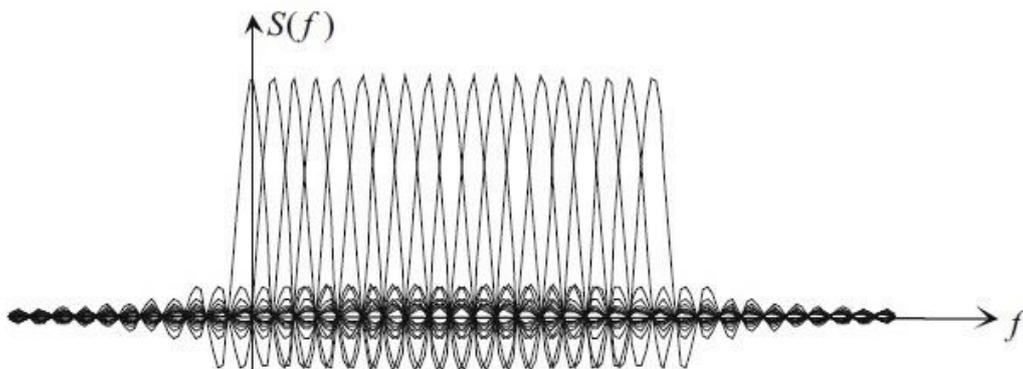


Figura 2.6. Espectro OFDM.

Fuente: Rohling. 2011. OFDM, Concepts for Future Communication Systems.

El estándar ISDB-T Brasileño permite organizar la información a emitir en tres capas jerárquicas, es por ello que el canal se ha dividido en segmentos de ahí el nombre de sistema de banda segmentada.

La etapa de modulación multiportadora OFDM es donde se efectúa la inserción del intervalo de guarda dando como resultado una señal Broadcast Transport Stream (BTS) de 6 MHz de ancho de banda. De ahí es donde se genera hasta tres (03) capas (Layer: A, B y C) posibles de utilizar con diferentes niveles de robustez en cada capa; este tipo de modulación jerárquica pueden ser simulcast (un (01) solo programa puede ser en HD y SD) y multicast (dos (02) programas diferentes pueden ser en HD o SD) (Furht and Ahson, 2008).

En la figura 2.7 se muestra el espectro de transmisión jerárquica como también las diferentes configuraciones del sistema ISDB-T.

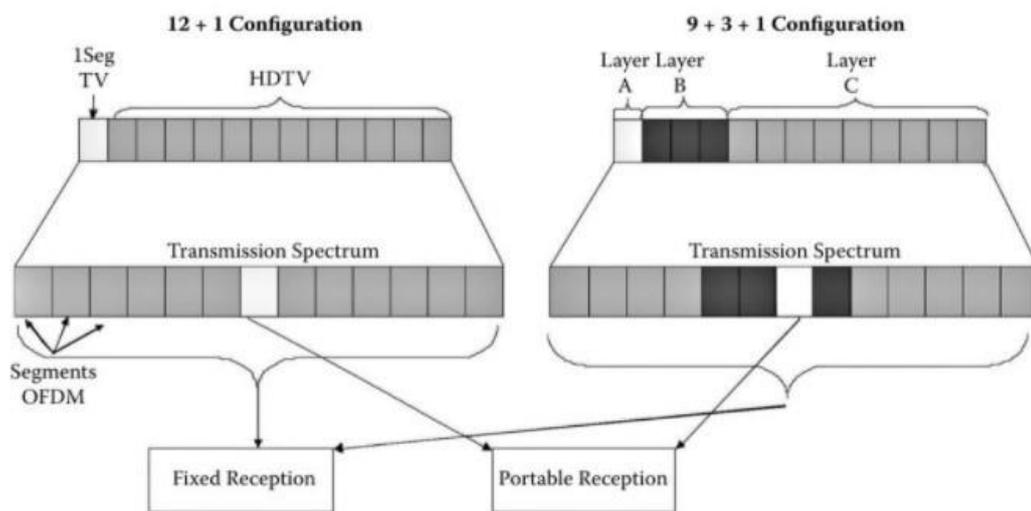


Figura 2.7. Espectro de transmisión de ISDB-T.

Fuente: Furht and Ahson. 2008. Handbook of Mobile Broadcasting.

2.2.6. Modulaciones de señales digitales.

■ Modulación QPSK.

La modulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK) es usado comúnmente en televisión digital terrestre en la sección

de difusión para dispositivos móviles, conocido como one-seg. QPSK es una modulación digital angular y de amplitud constante, a diferencia de PSK que puede generar sólo dos (02) fases (símbolos); ésta genera cuatro (04) símbolos. Este tipo de modulación se le considera robusta pero con menor tasa de bits, ya que solo transporta dos (02) bits por símbolo (Tomási, 2003).

En la figura 2.8 se muestra el diagrama de constelación de la modulación QPSK, en la cual se aprecia las cuatro configuraciones (00, 01, 10, 11) para cada símbolo.

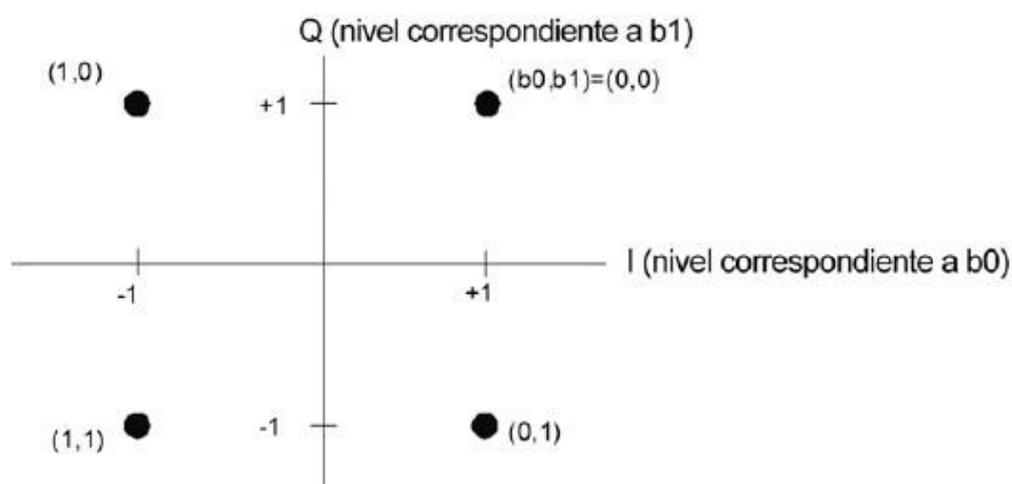


Figura 2.8. Constelación QPSK.

Fuente: ABNT. 2007. Televisión digital terrestre - Sistema de transmisión ISDB-Tb.

■ Modulación 16/64-QAM.

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM) es usado comúnmente en televisión digital terrestre en la sección de difusión para receptores tv, conocido como full-seg ya que usa 12 segmentos. 16QAM es una modulación digital de fase y amplitud va-

riable, a diferencia de QAM que puede generar sólo ocho (08) símbolos; ésta genera 16 símbolos. Este tipo de modulación se le considera menos robusta pero con mayor tasa de bits, ya que transporta cuatro (04) bits por símbolo. La modulación 64QAM genera 64 símbolos, y transporta seis (06) bits por símbolo (Tomási, 2003).

En la figura 2.9 en la parte izquierda, se muestra el diagrama de constelación de la modulación 16QAM y en la parte derecha 64QAM; en la cual se aprecia la alta tasa de bits por símbolo a transmitir.

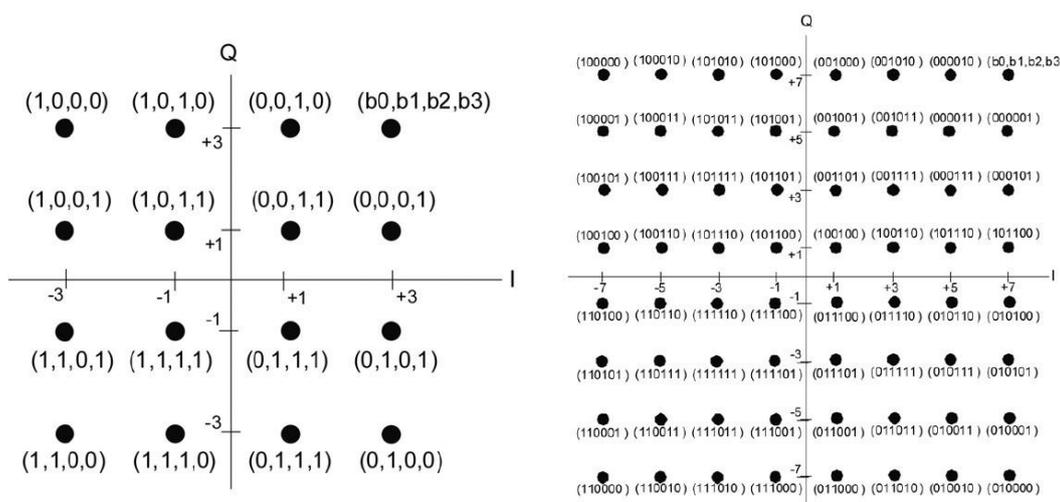


Figura 2.9. Constelación 16QAM y 64QAM.

Fuente: ABNT. 2007. Televisión digital terrestre - Sistema de transmisión ISDB-Tb.

2.2.7. Sistema radiante.

Se denomina sistema radiante al conjunto de arreglo de antenas donde cumple un determinado patrón de radiación. Es conveniente usar más de una sola antena para poder cumplir denominadas ca-

racterísticas de radiación; con la combinación de varios elementos (antenas o paneles) se consigue una gran optimización. La cantidad de antenas que conformarán el sistema radiante será de acorde a la ubicación de la planta transmisora y la localidad radioeléctrica donde se quiere cubrir (Cardama et al., 2002).

En la Figura 2.10 se presenta el diagrama de radiación de diferentes tipos de antenas; la parte izquierda es de una antena isotrópica (ideal), en la parte del centro es de una antena tipo omnidireccional (las FM comúnmente usan este tipo de antena) y en la parte derecha es del tipo direccional (las TV usan este tipo de antena).



Figura 2.10. Diagrama de radiación isotrópica, omnidireccional y direccional.

Fuente: Cardama et al. 2002. Antenas.

La antena, ubicado en la parte final del esquema del sistema de radiodifusión de televisión digital terrenal (DTTB); es la encargada de emitir las ondas electromagnéticas al espacio libre (atmósfera). La antena es un conductor metálico capaz de radiar como también recibir ondas electromagnéticas, tienen la propiedad de convertir energía eléctrica en ondas que se emiten en el espacio. Este cambio de estado físico al espacio libre es posible debido a la alta frecuencia que se inserta a los electrones, desde los 3,000,000 a 3,000,000,000 Hz

(ciclos/seg.), o sea de las bandas HF, VHF y UHF (Tomási, 2003).

2.2.8. Cálculo de la potencia efectiva radiada (ERP).

Conocido también como potencia radiada aparente (PRA), es la potencia útil emitida en la dirección de máxima ganancia de una antena dipolo. El concepto de ERP se define como la potencia equivalente que tendría que irradiar una antena isotrópica para alcanzar la misma densidad respecto a la dirección asignada; la antena isotrópica irradiaa todas partes y no tiene una determinada dirección o punto de concentración, es por ello que la potencia efectiva radiada se efectúa en la antena dipolo puesto que ésta tiene la peculiaridad de concentrar en una determinada dirección la ganancia respectiva (Tomási, 2003).

La Ecuación 2.1 se usa para poder determinar la potencia radiada efectiva (ERP) de una determinada estación radiodifusora sonora o televisiva.

$$ERP = P_T + G_{T(dBd)} - L_C \quad (2.1)$$

2.2.9. Consideraciones técnicas.

Respecto al cálculo de las pérdidas que sufren las ondas electromagnéticas en el trayecto hacia los receptores (usuarios finales). Mediante la recomendación P.525-4, se considera los efectos que sufre la onda electromagnética cuando es enviada a la atmósfera o vacío perfecto (ITU-R P.525, 2019).

Mediante la recomendación P.1546-6, se considera un método más

empírico puesto que describe de manera predictiva la propagación radioeléctrica punto a zona. Este método se basa en curvas de intensidad de campo realizadas en función de la distancia y altura de la antena (ITU-R P.1546, 2019).

El modelo de propagación ITU-R P.1546-6 (Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 4000 MHz) no considera la información del terreno ya sean nivel de elevación, curvas y atenuación ocasionado por obstáculos; esta recomendación es usada como herramienta teórica para predecir el área de cobertura; caso contrario del modelo ITU-R P. 525-4 (Cálculos de atenuación para el espacio libre) que se asemeja a lo real. El modelo de propagación P. 525-4 es más realista, ya que utiliza información del terreno para predecir el área de cobertura utilizando fórmulas distintas, a tal punto que en la mayoría de programas de ingeniería lo usan. La recomendación en mención es más precisa puesto que la ubicación de una estación radiodifusora define el área de cobertura (ITU-R P.525, 2019).

2.2.10. Redes de difusión TDT.

- **Red Multifrecuencia MFN.**

Las redes MFN (Multiple Frequency Network) es un tipo de red donde varios transmisores emiten diferentes frecuencias o canales de una determinada señal, este método es comúnmente utilizado para poder evitar interferencias (ITU, 2016).

En la figura 2.11 se muestra el diseño de una red MFN, como se podrá apreciar, existen diferentes canales y algunos de éstos se usan a una distancia determinada.

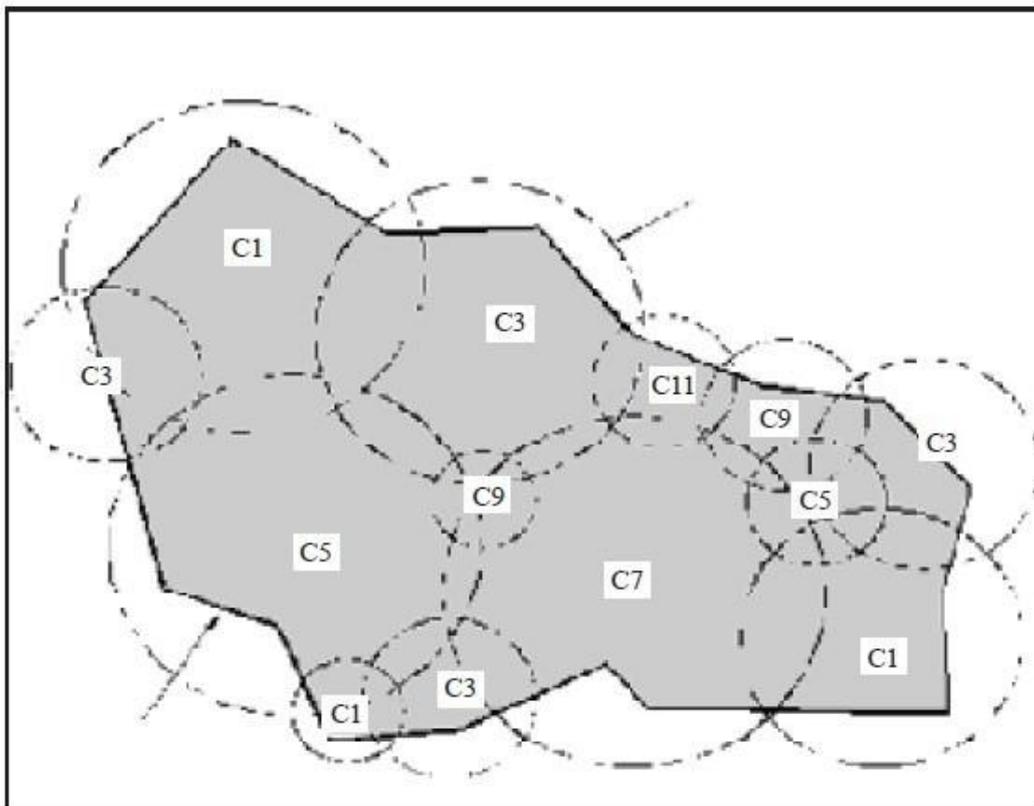


Figura 2.11. Red Multifrecuencia MFN.

Fuente: ITU. 2016. Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital.

■ Red Monofrecuencia SFN.

Las redes SFN (Single Frequency Network) es un tipo de red donde varios transmisores emiten de forma simultánea la misma señal en un determinado canal o frecuencia, este método es utilizado para ofrecer cobertura en las zonas de sombras existentes (ITU, 2016).

En la figura 2.12 se muestra el diseño de una red SFN, como se

podrá apreciar, todos los transmisores utilizan el mismo canal.

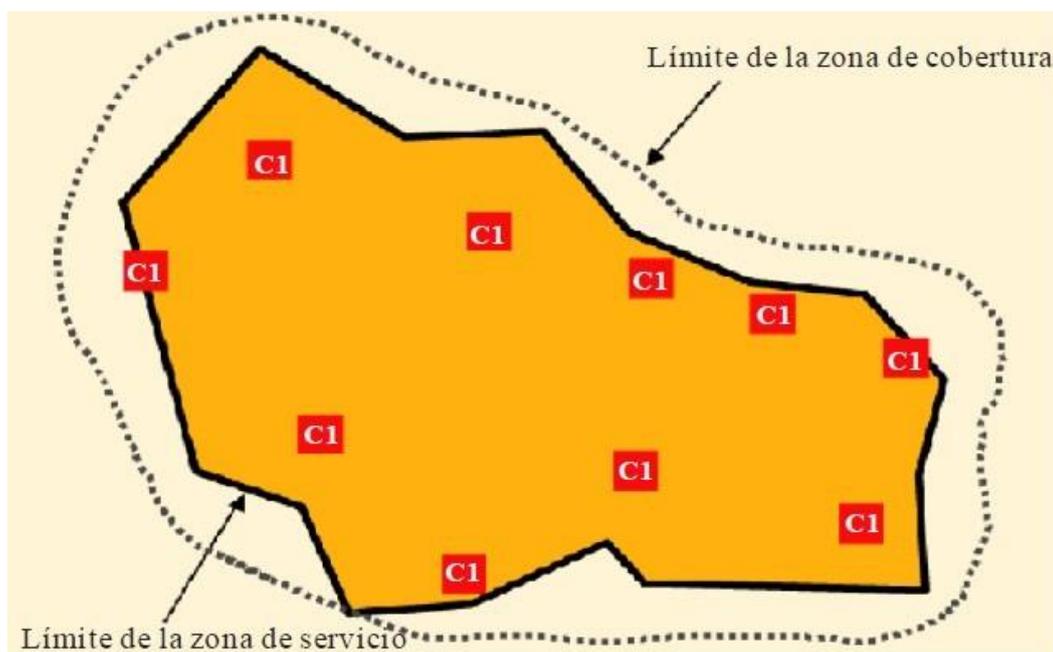


Figura 2.12. Red Monofrecuencia SFN.

Fuente: ITU. 2016. Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital.

2.2.11. Zonas de sombra.

La cobertura de una estación de televisión digital terrestre (TDT) mostrará zonas donde llega la señal con una intensidad alta, otras medias y bajas, y en lugares distantes nada; a estas zonas donde no recibe ninguna señal se le denomina zonas de sombra. La existencia de lugares, tales como: valles profundos, áreas subterráneas entre otros son denominado zonas de sombra, éstas zonas son causadas también por la misma geografía del lugar, obstáculos como cerros y montañas hacen que la visibilidad entre el transmisor y el receptor sea nulo y por ende no haya cobertura en dichas área (Ramírez, 2005).

En la figura 2.13 se muestra una realidad típica en la cobertura de

TDT, zonas de sombra o lugares sin cobertura ocasionadas por un cerro (obstáculo).

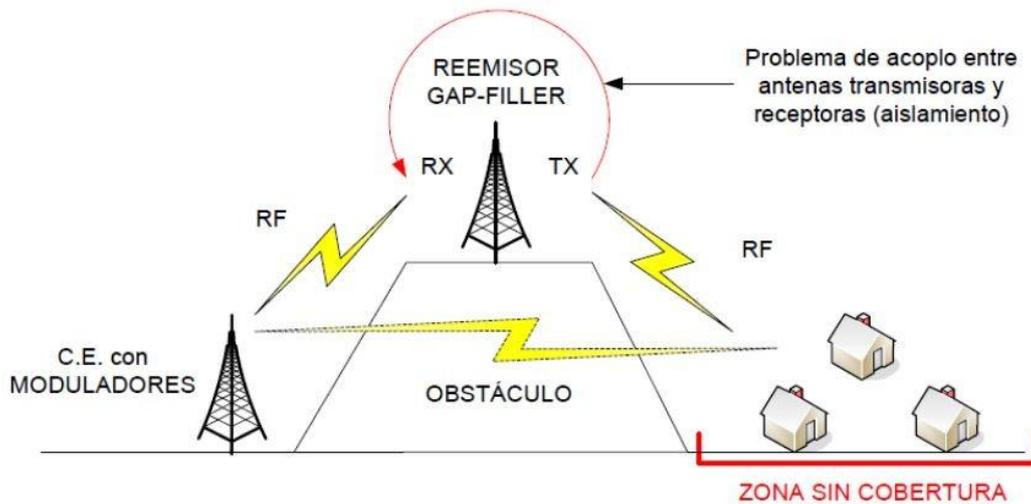


Figura 2.13. Zona sin cobertura.

Fuente: Ramírez. 2005. Sistemas de radiocomunicaciones.

2.2.12. Sistema Gap-Fillers.

Un Gap-Fillers (rellenos de huecos) o reemisor de TDT es un novedoso sistema cuyo fin es principalmente cubrir las áreas donde no tiene cobertura de una red ISDB-T. Se trata de transmisores de potencia baja que reciben la señal primaria de una estación TDT y la retransmiten con un retardo muy corto (ITU, 2016).

En relación con el principio de funcionamiento del Gap-Filler, este sistema se basa en la recepción de la señal de TDT para su posterior proceso de demodularla, regenerarla, amplificarla y volverla a emitir en la misma frecuencia o canal a la zona donde no le llega cobertura del transmisor principal de la red ISDB-T (Ramírez, 2005).

En la figura 2.14 se muestra la cobertura de un transmisor principal

de TDT y diferentes Gap-Filler's.

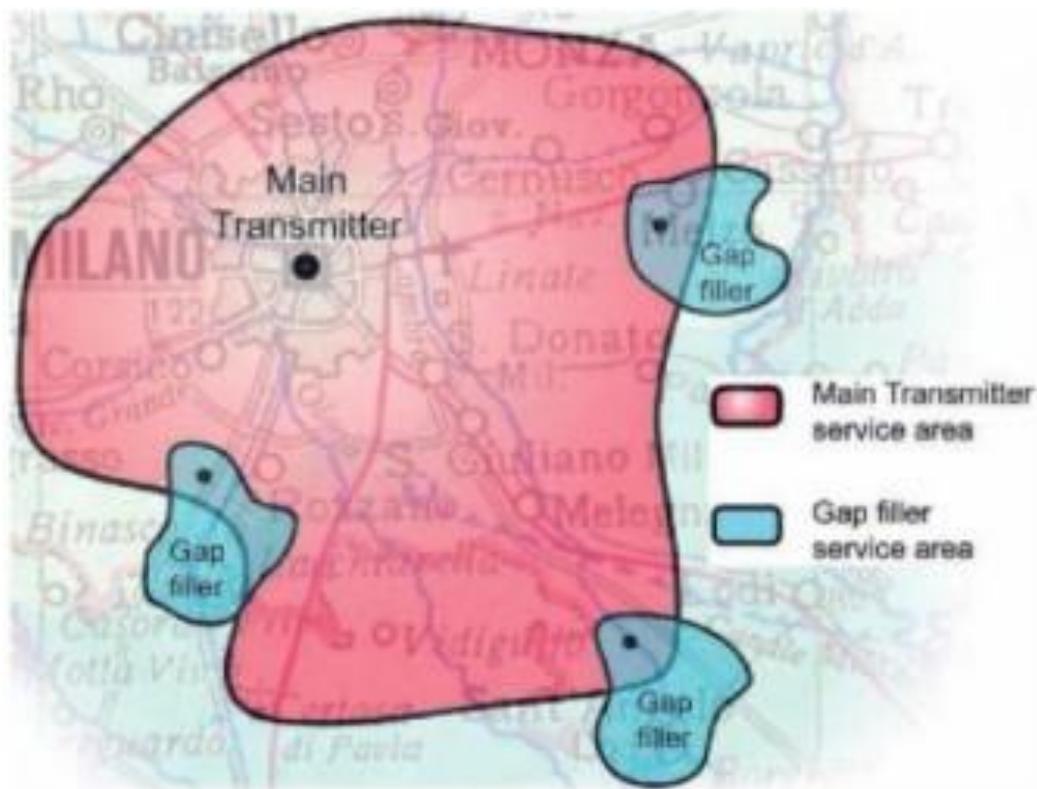


Figura 2.14. Cobertura de transmisor principal y Gap-Fillers.

Fuente: Ramírez. 2005. Sistemas de radiocomunicaciones.

Una figura muy importante en el sistema Gap-Filler es la ubicación de la antena receptora y emisora en la torre, de ello dependerá la eficacia del sistema. Un aspecto muy importante a considerar en el diseño del reemisor de TDT es el aislamiento entre la antena transmisora y receptora, el fin de ello es proteger al equipo ante posible oscilaciones. Como la antena emisora del Gap-Filler radiará la misma señal de la red de TDT que ingresa a la antena receptora, pero con cierto retardo; ello ocasionará que en algún momento señales de la antena emisora ingresen a la antena receptora produciendo que el equipo oscile, para ese problema fabricantes de equipos Gap-Filler diseñaron una técnica llamada Cancelador de Ecos (Ramírez, 2005).

En la figura 2.15 se muestra el diagrama de bloques del sistema Gap-Filler o reemisor de TDT, antena receptora, el equipo Gap-Filler y antenas emisoras.

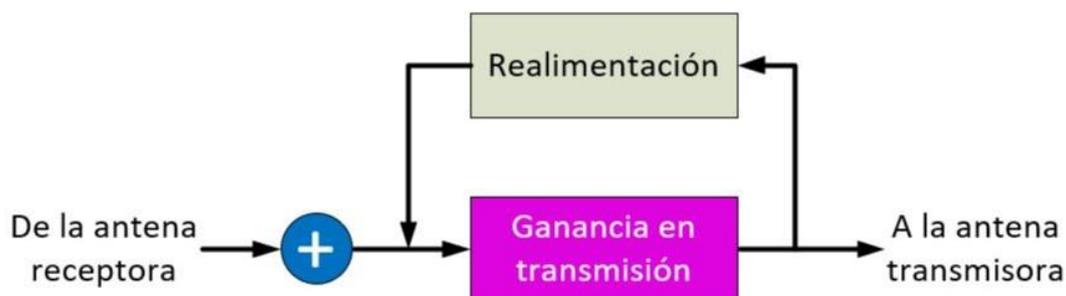


Figura 2.15. Diagrama de bloques del Gap-Filler.

Fuente: Ramírez. 2005. Sistemas de radiocomunicaciones.

El estándar DTMB emplea la utilización de un solo transmisor de alta potencia donde genera una cobertura primaria y complementa con transmisores de baja potencia que generan una cobertura secundaria. Este método es más eficaz a comparación de otros otros, puesto que emplean un denso número de transmisores de baja potencia (ITU, 2016).

2.2.13. Regulación de Televisión Digital Terrestre (TDT).

En el Perú el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre (TDT) es regulado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). Según el Decreto Supremo N°017-2010-MTC, el MTC posterior a la adopción del estándar ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) con modificación brasileña, aprueba el Plan Maestro para la implementación de la TDT en el Perú. El mencionado Decreto da a conocer los procedimientos que conllevarán a que la TDT pueda ser implementado de manera progresiva en el país. Así

como, se estima la fecha para cada procedimiento que conllevará el final de las emisiones analógicas (MTC, 2010).

Respecto a mencionado Plan Maestro, en el capítulo V donde detalla disposiciones finales complementarias. El MTC añade, si es necesario, expresar diferentes medidas complementarias con el fin de mejorar la implementación de la TDT en el Perú. Ello se vio reflejado que posterior a la publicación de mencionado Plan, hubieron diferentes modificaciones que la entidad competente, MTC, realizó. Una de esas modificaciones se vio reflejado en el Decreto Supremo N°020-2017-MTC, el cual varía la cantidad de Territorios, ya que inicialmente se estaba considerando que el Perú esté dividido en 4 Territorios, dicho decreto anuncia que será considerado en 5 Territorios (MTC, 2017).

Las diferentes modificaciones que se pueda realizar al Plan Maestro, es con el fin de mejorar la implementación de la TDT en nuestro país y así lograr que este sistema llegue a todo el territorio peruano. Una de esas mejoras que se debe de considerar en mencionado Plan Maestro, es añadir estaciones isofrecuencias o conocido como redes SFN, todas vez que es un sistema idóneo para la expansión de la TDT en lugares conocidos como zona de sombra.

2.2.14. Servicios de radiodifusión.

Respecto a la definición del servicio de radiodifusión. Según las normas técnicas del servicio de radiodifusión del Ministerio de Trans-

portes y Comunicaciones (MTC), define a este servicio como accesible al público en general. Las emisiones, ya sea sonora o televisiva, son de señal abierta; es decir, basta con solo contar con un receptor fijo (radio o tv) para tener el acceso de manera gratuita a este servicio (MTC, 2003).

En relación con el servicio de radiodifusión por televisión. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), define a este servicio como uso exclusivo para una estación televisiva ya sea en la banda VHF o UHF, cuyo ancho de banda asignado para el mencionado servicio es de 6 MHz (MTC, 2003).

2.2.15. Servicios de radiodifusión televisiva en el departamento de Callao.

En la publicación Callao Compendio Estadístico (INEI, 2019), se expone estadísticamente el acceso a Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) de la población según lo recopilado por Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) y el Registro Nacional de Municipalidades.

Respecto con el acceso al servicio de televisión en los hogares de Callao, tomando como referencia el compendio estadístico antes mencionado, se observó la gran acogida por este servicio, ya que el 96.6 % de hogares tuvo al menos un televisor en su hogar durante el 2018, con ello percibimos que hay una extensa población capaz de acceder al servicio de televisión en señal abierta, ya sea analógica o digital.

En la tabla 2.3 se clasificó la evolución porcentual de hogares con acceso a tecnologías de la información y comunicación (TIC) desde el año 2009 al año 2018.

Tabla 2.3

Acceso a tecnologías de la información y comunicación en Callao.

Características	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hogares que tienen al menos un radio o equipo de sonido	83.7	83.8	81.1	82.5	80.0	79.9	78.6	76.8	75.7
Hogares que tienen al menos un televisor	96.4	96.7	96.1	97.2	96.9	96.3	96.8	96.8	96.6
Hogares que tienen al menos una computadora	31.4	33	41.8	42.4	49.3	44.2	49.3	44.9	51.4
Hogares que tienen teléfono fijo	51.8	51.9	50.5	51.2	49.1	45.6	44.9	42.9	37.6
Hogares con al menos un miembro que tiene celular	84.1	84.9	86.7	87.7	90.6	93.3	93.9	93.6	94.1
Hogares que acceden al de internet servicio	21.8	25.7	33.7	37.1	41.6	37.4	45.5	44.6	50.7

Fuente: INEI. 2019. Callao compendio estadístico.

Respecto al tipo de tecnologías de la información en el departamento de Callao se observa que durante los años 2009 a 2018, el servicio que estuvo más presente en los hogares fue el servicio de televisión con un 96.6 %, seguidamente de la telefonía celular el cual representó el 94.1 %.

En la figura 2.16 se muestra el tipo de acceso a tecnologías de la información y comunicación (TIC) que tuvieron los hogares de Callao

durante el 2018.

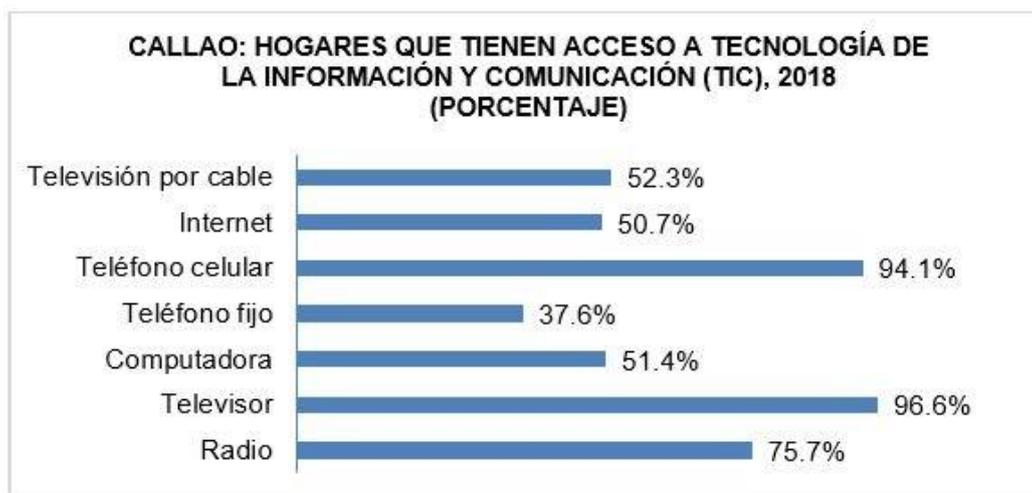


Figura 2.16. Tipos de tecnología de la información y comunicación en Callao.

Fuente: INEI. 2019. Callao compendio estadístico.

2.3. Definición de términos básicos

- **ASI:** Asynchronous Serial Interface o en su traducción al español interfaz serial asincrónica, interfaz usada para señales de televisión digital codificada.

- **Bit rate:** Es la cantidad de bits que se transmite en un determinado tiempo, su unidad es bps.

- **BTS:** Broadcast Transport Stream o en su traducción al español transmisión de flujo de transporte, es la señal digital abierta que sale al aire.

-
- **DEEC:** Doppler Enhanced Echo Cancellor o en su traducción al español Cancelador de eco mejorado Doppler, tecnología basada en atenuar señales distintas a la original.

 - **DTTB:** Digital Terrestrial Television Broadcasting o en español radiodifusión de televisión digital terrestre, Radiodifusión basada en las emisiones digitales en señal abierta para equipos como tv o dispositivos móviles.

 - **FEC:** Forward Error Correction o en su traducción al español corrección de errores hacia adelante, sistema de corrección de errores basado en añadir bits de redundancia en el mensaje original.

 - **Full-seg:** En su traducción al español segmento completo, contienen 12 segmentos donde se pueden transmitir vídeo en SD y HD.

 - **H.264:** Tecnología usado para codificación de vídeo MPEG-4.

 - **HD:** High Definition o en su traducción al español alta definición, sistema de vídeo, imagen y sonido con mayor resolución que la definición estándar, alcanzando hasta los 1440p.

 - **Intensidad de campo:** Es la energía de una onda electromag-

nética necesaria para proveer una recepción satisfactoria.

- **One-seg:** En su traducción al español un segmento, servicio de transmisión de TDT para dispositivos móviles, considerado de baja definición (LD).

- **RS:** : Reed-Solomon, tecnología basada en la corrección de datos que fueron alterados en el receptor.

- **SD:** Standard Definition o definición estándar en su traducción al español, tecnología basada en la conversión de imagen análoga a digital.

- **SDI:** : Serial digital interface o en su traducción al español interfaz digital en serie, interfaz que contiene alta cantidad de datos por lo cual es necesario comprimirse para su transmisión.

- **Segmento:** Unidad básica de la prestación del servicio de TDT, en ISDB-T que consta de 13 segmentos.

- **TS:** Transport Stream o en español flujo de transporte, protocolo de comunicación encarga de trasladar en un solo ducto múltiples programas a la vez.

CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

El presente trabajo de suficiencia profesional se implementó en la planta transmisora de la estación radiodifusora televisiva CH12 en Ventanilla durante el mes de febrero del 2021 con el fin de expandir la señal TDT 25.1, donde ya existe cerca de 10 canales digitales en señal abierta. En cuanto a la metodología empleada, se abordaron etapas de diseño, implementación de un Gap-Filler piloto y validación del sistema.

La implementación del sistema Gap-Filler tomó como factor principal la geografía del distrito de Ventanilla, la intensidad de señal en una ubicación asignada, accesibilidad de medios para la configuración del equipo reemisor de TDT entre otros. La implementación de la estación reemisora fue configurada en red SFN y el equipo Gap-Filler analizado en laboratorio mediante pruebas con diferentes instrumentos de medición con el fin de garantizar el cumplimiento riguroso del estándar ISDB-T. Posterior a las pruebas de laboratorio, el equipo Gap-Filler piloto fue instalado por el área de operaciones en la planta transmisora del CH12 ubicado en Cerro Los Perros del distrito de Ventanilla. Con el fin de garantizar una buena instalación y por ende lograr una óptima recepción al lugar de interés, primero se verificó la potencia directa y

reflejada mediante una opción del mismo Gap-Filler; por consiguiente, se procedió a monitorear la señal y ver hasta donde abarca su cobertura, dando por resultado que a una distancia aproximada de 7 Km respecto a la ubicación del Gap-Filler (Cerro Los Perros) se tiene una potencia receptiva de -44.18 dBm.

En relación con el contexto laboral, el área de Ingeniería de la Red Nacional de la empresa radiodifusora Asociación Cultural Bethel ACB-Bethel. Cumple con el estudio y análisis, implementación y ejecución de estaciones radiodifusoras sonora y/o televisiva en señal abierta a nivel nacional. Así como, la realización de proyectos técnicos de radiodifusión que posteriormente se presenta al MTC para diferentes trámites. Del mismo modo, el área se encarga de la implementación de estaciones de TDT en los diferentes territorios establecidos por el MTC.

3.1. Determinación y análisis del problema

Geográficamente, el Perú tiene una superficie muy accidentada y variada, obstáculos como cerros, montañas entre otros hacen que el servicio de radiodifusión tenga dificultad ya que mucho depende que exista línea de vista entre emisor y receptor. El acceso al servicio de broadcasting ya sea de radio, televisión o telefonía es indispensable para lograr la mundialidad mediática, para lograr este objetivo empresas como de telefonía optaron por instalar muchas estaciones bases, según el reporte de estas empresas al MTC, hasta el cierre del 2018 fueron necesarios instalar 7,014 antenas de telefonía en toda Lima.

En relación con la inexistencia de cobertura de TDT en el distrito de Ventanilla del departamento de Callao, la estación radiodifusora de televisión digital terrestre Bethel 25.1 optó por implementar un re-emisor de TDT, conocido como Gap-Filler, debido a que este canal solamente puede ser adquirido en dicho distrito por servicio de paga, como: Direct to Home (DTH), TV por Internet o Televisión por Cable (CATV). El sistema Gap-Filler implementado en red SFN proveerá la misma programación que emite el transmisor principal, 3 canales digitales en HD (25.1 Bethel HD, 25.2 Bethel + y 25.3 Bethel Radio) y el servicio one seg.; regenerando la señal del morro y amplificando a una intensidad de campo a 105 dBuV/m. Por otro lado, la institución que es sin fines de lucro tiene por finalidad difundir a través de los medios de comunicación, tales como radio o televisión; educación y cultura, los altos valores de vida de la doctrina cristiana así como brindar apoyo social; principios como: defensa de la persona humana y el respeto a la vida, rechazo a toda la forma de violencia, a todo lo que atente contra la desintegración familiar entre otros principios cuyo fin es formar una nación con valor y moral. Ante lo expuesto es indispensable el acceso a los medios de radiodifusión sonora o televisiva para que la institución cumpla con su misión.

Los sistemas Gap-Fillers están expuestos a sufrir posibles oscilaciones o comúnmente llamado realimentación puesto que emite en el mismo canal que recibe, por lo que se puede producir que la antena receptora del sistema reciba la señal amplificada que emite la antena emisora con la consiguiente realimentación. Para TRedess, em-

presa española dedicada a la fabricación de equipos broadcasting, y otras compañías dedicadas a este rubro, la solución al problema de realimentación es resuelto con una novedosa técnica tecnológica conocida como “Cancelador de Ecos”, el efecto que evita es parecido cuando acercamos un micrófono a un parlante, en consecuencia, el equipo reemisor de TDT a implementar será de la empresa mencionada ya que garantiza el excelente funcionamiento frente a oscilaciones, superando así la problemática de la realimentación.

3.1.1. Problema general

¿Cómo diseñar un sistema Gap-Filler para ampliar la cobertura de la estación radiodifusora de televisión digital terrestre (TDT) Bethel 25.1 en el distrito de Ventanilla?

3.1.2. Problemas específicos

1. No existe diseño disponible de sistema Gap-Filler, para expandir la cobertura de un canal TDT considerando parámetros importantes como la ubicación de la estación y el aislamiento entre antenas.
2. No existe implementación de un sistema Gap-Filler en modo de red SFN considerando los parámetros técnicos adecuados.
3. No existe método de validación del sistema Gap-Filler a través de la medición de potencia de recepción.

El ingeniero del área de Ingeniería en función de sus labores resuelve problemas técnicos acontecidos en la etapa de diseño, implemen-

tación y validación de servicios de radiodifusión sonora o televisiva. Ya sea con tecnología analógica (NTSC-M) o digital (ISDB-T).

3.2. Modelo de solución propuesto

El modelo de solución propuesto inició con el diseño del estudio de cobertura de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1. Tras el análisis de intensidad de campo en el distrito de Ventanilla se determinó la inexistencia de la señal de este canal digital por consecuente se debe de instalar un rellenedor de huecos o comúnmente llamado Gap-Filler. También se analizó en que red debería de operar el reemisor de TDT, optándose por red SFN como idónea para lograr cubrir dicha zona de sombra sin perder el canal de origen 25.1. La implementación del sistema Gap-Filler se realizó en dos (02) oportunidades, primero mediante pruebas de laboratorio evaluando así la eficiencia del equipo Gap-Filler, posterior a ello se instaló un Gap-Filler piloto en la planta mencionada del CH12 en Ventanilla. El flujo de solución propuesto finaliza con pruebas de validación del sistema Gap-Filler. Dichas pruebas constan de medir potencia de recepción en diferentes sitios de Ventanilla.

En la figura 3.1 se muestra el flujo de solución propuesto para la implementación del sistema Gap-Filler en modo de red SFN.

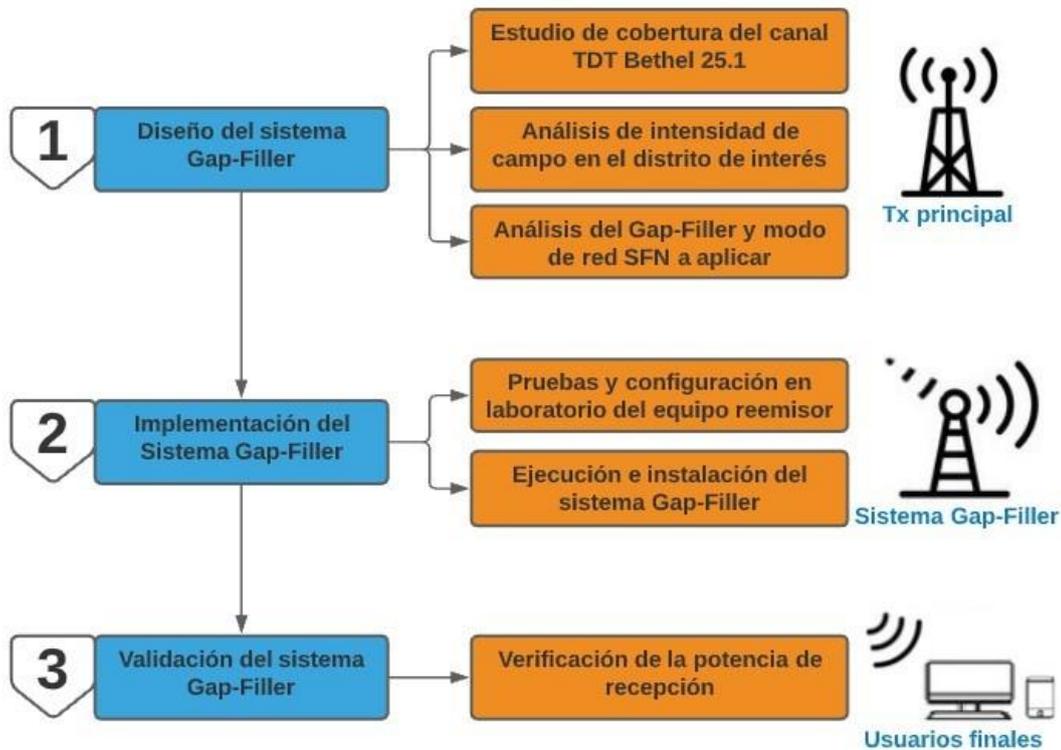


Figura 3.1. Flujo de implementación del Gap-Filler en modo de red SFN.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Estudio de cobertura del canal Bethel 25.1.

La implementación de solución propuesto ha tomado como base teórica los conceptos descritos en el capítulo 2, los criterios de diseño para el estándar ISDB-Tb se fundamentan en los parámetros técnicos publicadas por la ABNT, las normas técnicas ABNT NBR 15601 describe los diferentes parámetros del sistema de transmisión de TDT y redes SFN. Las normas técnicas ABNT NBR 15604 describe la sensibilidad de los receptores y selectividad. Respecto al modelo de propagación de la cobertura se fundamentan en las recomendaciones publicadas por la ITU, la recomendación ITU-R P.1546-6 describe

un modelo empírico pero es menos preciso; la recomendación ITU-R P.525-4 describe un modelo más determinista puesto que hacen uso de leyes de propagación de las ondas electromagnéticas, como: atenuación, difracción, reflexión, etc.; los resultados son más realistas ya que el proceso de información está vinculado a la elevación de la antena.

3.2.2. Análisis de los parámetros del estándar ISDB-Tb.

El inicio del planeamiento de un sistema Gap-Filler se realiza primero con el estudio de cobertura de la estación radiodifusora de TDT, para ello se debe analizar las diferentes etapas del sistema de transmisión del canal de interés. Motivo por el cual se visitó los estudios del canal ubicado en el distrito de La Victoria, así como la planta transmisora del canal Bethel 25.1 ubicado en el Cerro Marcavilca (Morro Solar), con el fin de determinar la viabilidad de esta implementación.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de bloques del sistema de transmisión de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1, como también los equipos implementados.

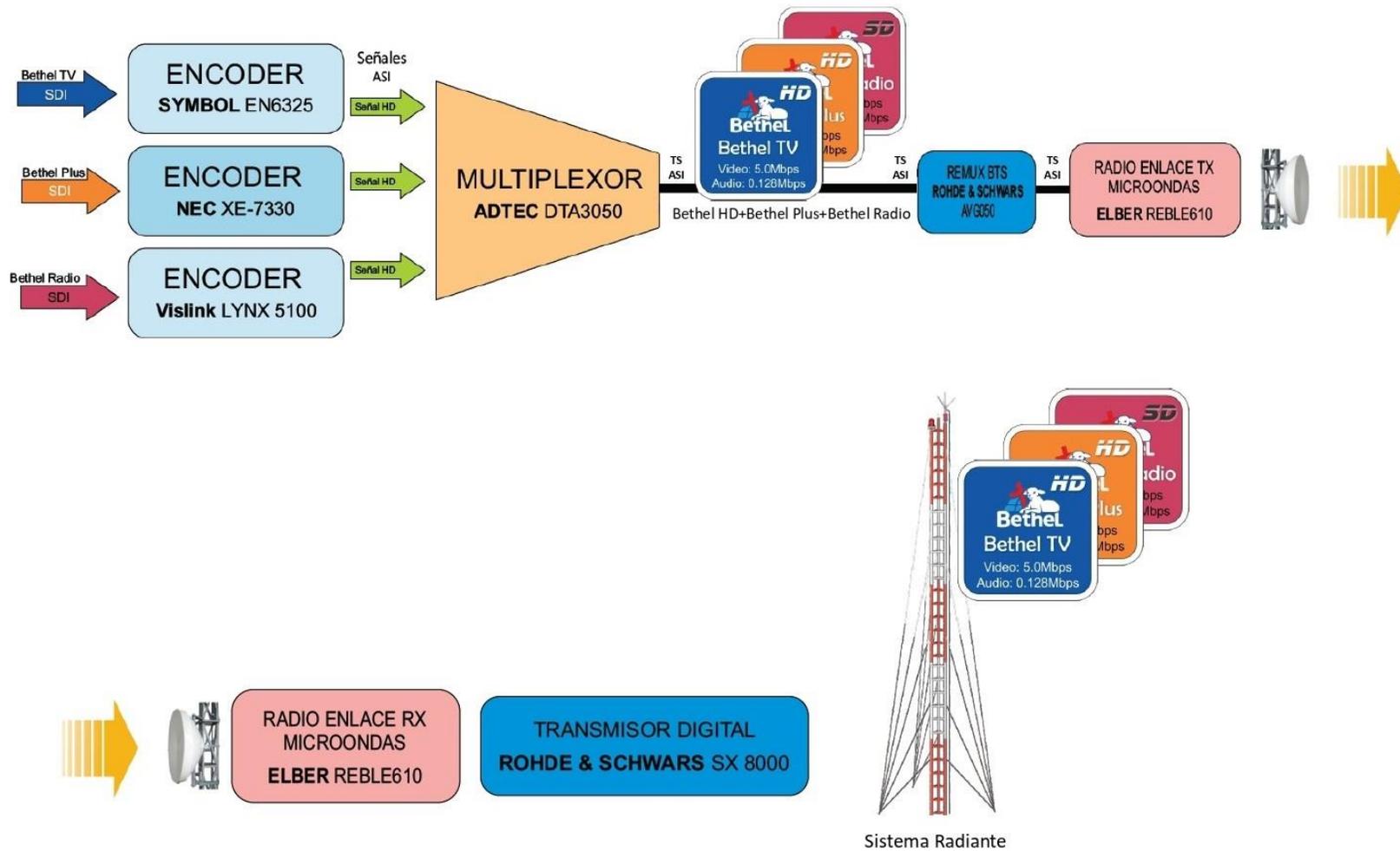


Figura 3.2. Diagrama de bloques del canal Bethel 25.1.
Fuente: Elaboración propia mediante el software CoreIDRAW.

Los estudios de la estación radiodifusora de televisión digital terrestre (TDT) Bethel 25.1 se encuentran ubicado en Av. 28 de Julio N° 1783, distrito de la Victoria, provincia y departamento de Lima, siendo la ubicación -12.061859, -77.023915.

En la figura 3.3 se muestra el frontis de los estudios del canal, los contenidos de la programación de Bethel se emite desde el edificio del Movimiento Misionero Mundial en La Victoria.



Figura 3.3. Frontis de los estudios del canal Bethel.

Fuente: Elaboración propia.

La estación en mención, cuya razón social es Asociación Cultural Bethel, emite su señal digital abierta desde el año 2012 con autorización mediante Resolución Directoral N°2092-2010-MTC/28 el cual se le asigna el canal 36 para la transmisión digital bajo el estándar ISDB-T. Con un ancho de banda de 6MHz logra transmitir 3 cana-

les en alta definición, 25.1 Bethel HD – canal principal, 25.2 Bethel+ – espacio musical y 25.3 Bethel Radio – espacio radial; y el servicio one-seg destinado para dispositivos móviles. Tal como se detalla en el capítulo 2 acerca de las etapas de transmisión del estándar ISDB-T, codificación, multiplexación, modulación, amplificación y sistema radiante; se analizará estas etapas de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1 a continuación.

1. Codificación.

El equipo usado para realizar el proceso de codificación es un Encoder, este equipo se encarga de comprimir las señales de entrada SDI de vídeo y audio que generan los equipos de producción de televisión digital en alta definición, como son las cámaras de estudio; y da formato a los datos dando como resultado el ES (Elementary Stream) para cada una de las tres (03) señales, luego se crean tramas de longitud variable PES (Packet Elementary Stream) y termina una primera etapa de multiplexación combinando el audio, video y datos para dar como resultante una sola señal de longitud constante conocido como transport stream (TS) ASI en formato MPEG-2, 188 bytes que es el TS de un solo programa. El proceso de la codificación debe estar sujeto al formato de comprensión H.264 según las normas de la ABNT NBR 15602 – Codificación de video.

Para la codificación de los tres canales (25.1, 25.2 y 25.3) se usan tres (03) Encoder, puesto que éstos son usados uno para cada canal; de acuerdo a la calidad del vídeo resultante que deseamos se asig-

nará la tasa de vídeo y una determinada resolución, para el caso de los tres (03) canales en HD se consideró una calidad de 16:9 o sea una resolución de 1080i (1920x1080) Full HD. Para el caso de la señal one-seg se considerará una resolución de 320x180 LD, ésta señal se generará gracias a la pronta adquisición de un (01) Encoder de la marca Envivio 4Caster puesto que este equipo aparte de generar una señal de salida en HD para el canal principal (25.1 - Bethel HD) tiene otra salida de vídeo que genera señal one-seg.

En la tabla 3.1 se muestran los diferentes Encoder usados para cada canal como también los valores asignados para cada uno de ellos: resolución, tasa de vídeo y bit rate.

Tabla 3.1
Parámetros asignados a cada Encoder.

EQUIPOS	CANAL	RESOLUCIÓN	VIDEO RATE	BIT RATE
Encoder – Symbol EN6325	25.1 - Bethel HD	1080i – Full HD	5.0Mbps	5.128Mbps
Encoder - Nec XE-7330	25.2 - Bethel+	1080i – Full HD	4.0Mbps	4.128Mbps
Encoder – Vislink LYNX 5100	25.3 - Bethel Radio	1080i – Full HD	3.0Mbps	3.128Mbps
Encoder – Envivio A 4Caster	Bethel 1 seg	180i – LD HD	0.3Mbps	0.032Mbps

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla descrita se está considerando también el bit rate del servicio one-seg, esto es con el fin de tener el bit rate total y con ello tener un panorama completo del sistema. Para el caso del canal principal 25.1 el bit rate es 5.128 Mbps, a esto se añade 1.072 Mbps por tema de datos, dando un total de 6.2 Mbps; se debe considerar que para cada canal el espacio asignado por tema de datos es variable, con esto quedaría así:

- Bethel HD 25.1, bit rate de 6.2 Mbps
- Bethel+ 25.2, bit rate de 4.5 Mbps
- Bethel Radio 25.3, bit rate de 3.1 Mbps
- Bethel 1 seg, bit rate de 0.332 Mbps

Para los servicios con HD se tiene un bit rate total 13.8 Mbps y para el servicio de LD se tiene un bit rate de 0.332 Mbps.

En la figura 3.4 se muestran los equipos Encoder Symbol, Nec y Vislink, usados para la codificación o comprensión de vídeo de los diferentes canales: 25.1, 25.2, 25.3.



Figura 3.4. Equipos Encoder Symbol, Nec y Vislink.
Fuente: Elaboración propia.

2. Multiplexación y re-multiplexación.

El equipo encargado de la multiplexación de varios programas en un TS es un Multiplexor ADTEC DTA3050, para realizar este proceso se usa un segundo nivel de multiplexación, consiste en multiplexar canales en HD, SD o one-seg. Este equipo recibe los diferentes TS generados por los Encoder de cada canal (25.1, 25.2 y 25.3) con el

fin de transmitirla en un solo TS.

En la figura 3.5 se muestra la función del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050, recibe las diferentes señales TS ASI de cada Encoder para dar como resultado un solo TS.

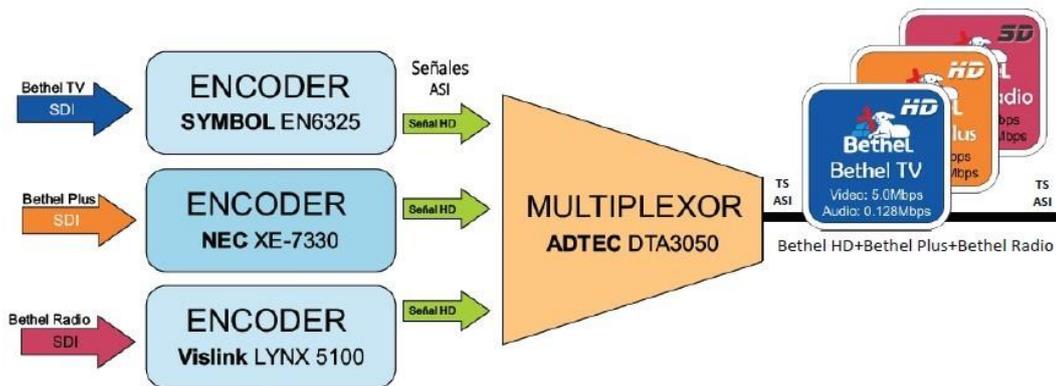


Figura 3.5. Función del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.
Fuente: Elaboración propia mediante el software CorelDRAW.

En la figura 3.6 se muestra la parte posterior del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.

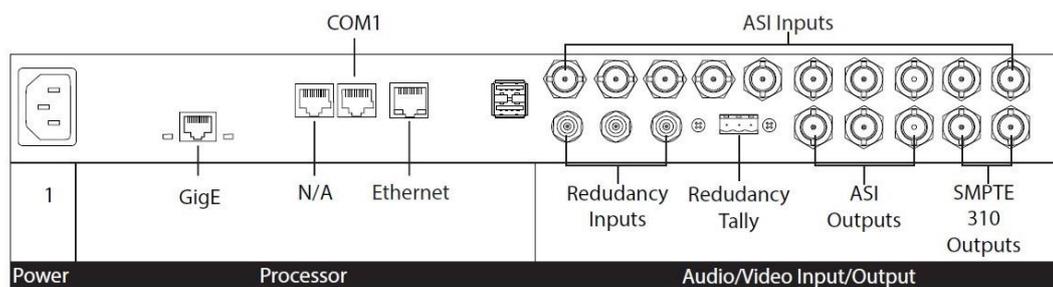


Figura 3.6. Parte posterior del equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.
Fuente: www.tonercable.com.

En la figura 3.7 se muestra el equipo Multiplexor ADTEC DTA3050, usado para la multiplexación de los diferentes canales (25.1, 25.2, 25.3) y generar la TS.



Figura 3.7. Equipo Multiplexor ADTEC DTA3050.

Fuente: Elaboración propia.

La señal TS en formato MPEG-2 generado por el Multiplexor ahora debe pasar a una etapa de re-multiplexación, este proceso consiste en combinar los TS de entrada y dar como salida un flujo binario llamado broadcasting transport stream (BTS) y con ello hace posible la transmisión en capas jerárquicas y recepción parcial.

En la figura 3.8 se muestra como se genera el BTS; el re-multiplexor recibe los TS de cada canal, en este proceso se agrega los 16 bytes.

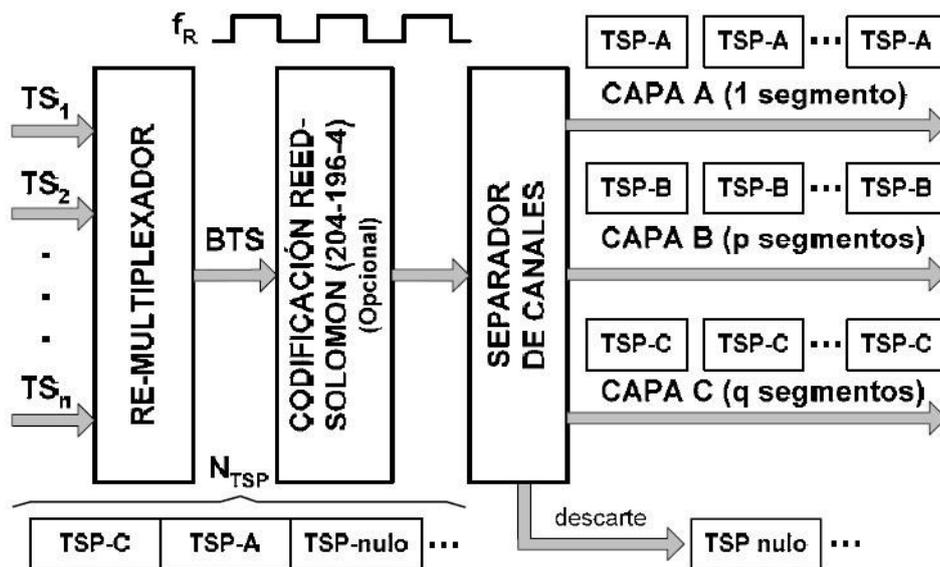


Figura 3.8. Proceso para generar el BTS.

Fuente: Pisciotta. 2010. Sistema ISDB-Tb (Primera parte).

El equipo encargado para realizar la re-multiplexación es un Ré-

mux BTS Rohde & Schwars AVG050 (ver anexo 3.3), este equipo es usado para generar el BTS. Así como, es el encargado de asignar los diferentes parámetros que debe de tener cada capa jerárquica para su óptima funcionalidad.

En la figura 3.9 se muestra el equipo Rémux BTS Rohde & Schwars AVG050.

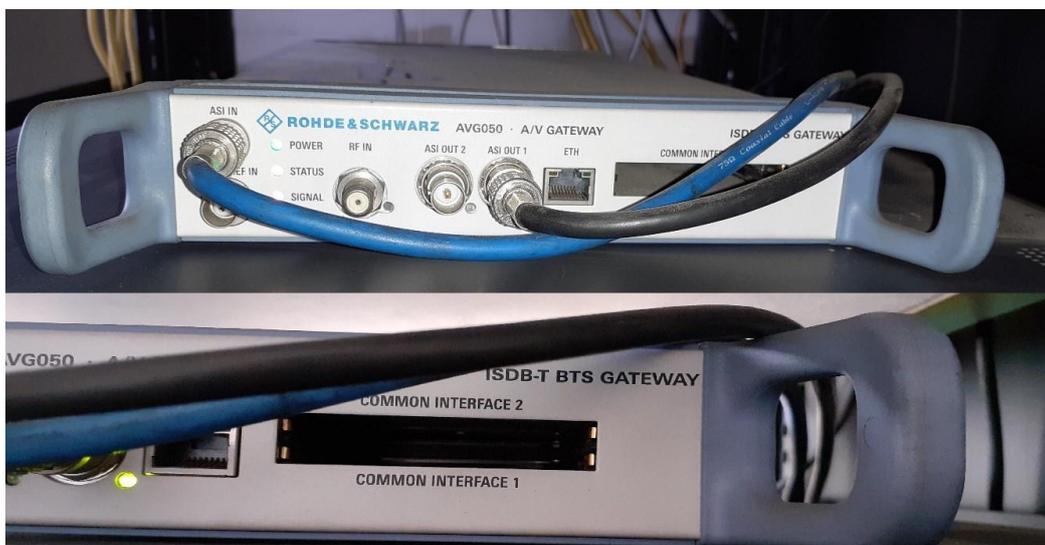


Figura 3.9. Equipo Rémux BTS Rohde & Schwars AVG050.
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las capas jerárquicas (13 segmentos) que usa el canal de TDT Bethel 25.1, la capa jerárquica A será asignado para el servicio one-seg (1 segmento) con una modulación QPSK, al ser este servicio de LD se emplea una baja tasa de datos con un código convolucional (FEC) de alta redundancia 2/3, esto le hace posible ser una señal robusta; la capa jerárquica B es asignado para el servicio de full-seg (12 segmentos) con una modulación 64QAM, al ser este servicio de HD para los tres (03) canales (25.1, 25.2 y 25.3) se emplea una alta tasa de datos y un código convolucional de baja redundancia

3/4, obteniendo una señal poco robusta; la capa jerárquica C no usa.

Para poder hallar la tasa de datos (bit rate) permitido a cada servicio, se debe considerar parámetros, como: Coeficiente Reed Solomon (K_0), FEC (K_1), cantidad de bits transmitidos de acorde al tipo de modulación (bp), número de segmentos asignados (N_c) a cada capa jerárquica entre otros; se debe considerar también que el sistema ISDB-Tb para el canal de TDT Bethel 25.1 está configurado en Modo 3(8k) con un intervalo de guarda de 1/16. El cálculo de tasa de datos se realizó mediante la ecuación 3.1, para el servicio full-seg de los tres (03) canales en HD (25.1, 25.2 y 25.3) la tasa de datos obtenida fue de 17.843 Mbps, tal como se muestra en la ecuación 3.2 y ello se contrastó con la suma total de tasa de datos recogido de los Encoder, siendo 13.8 Mbps, observándose que está dentro del umbral.

$$R_{(bps)} = K_0 * K_1 * ((b_P * N_C * L_D)/T_S) \quad (3.1)$$

$$R_{(bps)} = 188/204 * 3/4 * ((6 * 12 * 384)/(1071 * 10^{-6})) = 17,843 \text{ Mbps} \quad (3.2)$$

En la figura 3.10 se muestra el bit rate obtenido para cada capa jerárquica como también los parámetros usados; la capa A asignado para el servicio one-seg con un bit rate de 0.441 Mbps, viable para ese servicio al ser LD, la capa B asignado para el servicio full-seg con un bit rate de 17.843 Mbps, viable para ese servicio al ser HD.

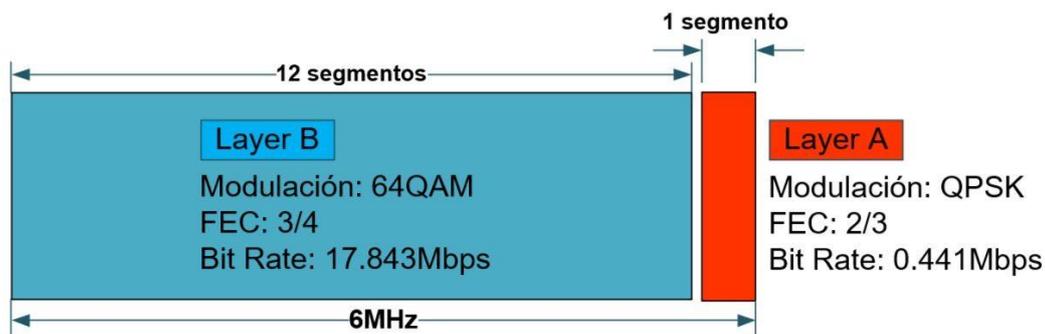


Figura 3.10. Tasa de datos obtenido para las capa A y B.
Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Visio.

3. Radioenlace.

Luego de generar el BTS, esta información se debe trasladar desde los estudios del canal Bethel, Av. 28 de Julio N° 1783 - distrito de la Victoria, hasta el lugar donde está la planta transmisora, Cerro Marcavilca (Morro Solar), para ello se optó destinar enlaces de microondas; mediante Resolución Directoral N° 0227-2007-MTC/28 el MTC aprobó al canal 25 Bethel un enlace de microondas en el rango de frecuencia de 12.7 GHz a 13.2 GHz (ver anexo 0.2). Por consiguiente también se le dio derecho un enlace microondas al canal 25.1 Bethel HD.

Para este enlace se asignó un equipo radio enlace microondas Elber Reble310. Con 32 dBm de potencia en la etapa de Tx (ver anexo 0.3) es posible que el BTS viaje los 13 Km aproximadamente que es la distancia de los estudios a la planta transmisora.

En la figura 3.11 se presenta las características técnicas del equipo radio enlace microondas Elber Reble310.

General

Configuración:	Conversión Directa de Frecuencia
Frecuencia centrale:	5.0 - 5.5 GHz 5.8 - 7.2 GHz 7.2 - 7.8 GHz 9.5 - 10.8 GHz 10.7-11.8 GHz 12.7 - 13.2 GHz 14.0-15.3 GHz
Resolución de Frecuencia:	250 kHz
Estabilidad de Frecuencia:	± 2.5 ppm

Módulo transmisor

Potencia de Salida RF @ 1dB c.p.:	5:	+34dBm
	6L:	+34dBm
	6U:	+34dBm
	7:	+34dBm
	10:	+32dBm
	11:	+32dBm
	13:	+32dBm
	14:	+32dBm

Figura 3.11. Ficha técnica del equipo Elber Reble310.

Fuente: www.elber.it.

En la figura 3.12 se muestra el equipo radio enlace microondas Elber Reble310, se aprecia el enlace microondas tx el cual opera a 10.835 GHz con potencia de 32 dBm.



Figura 3.12. Equipo radio enlace microondas Elber Reble310.

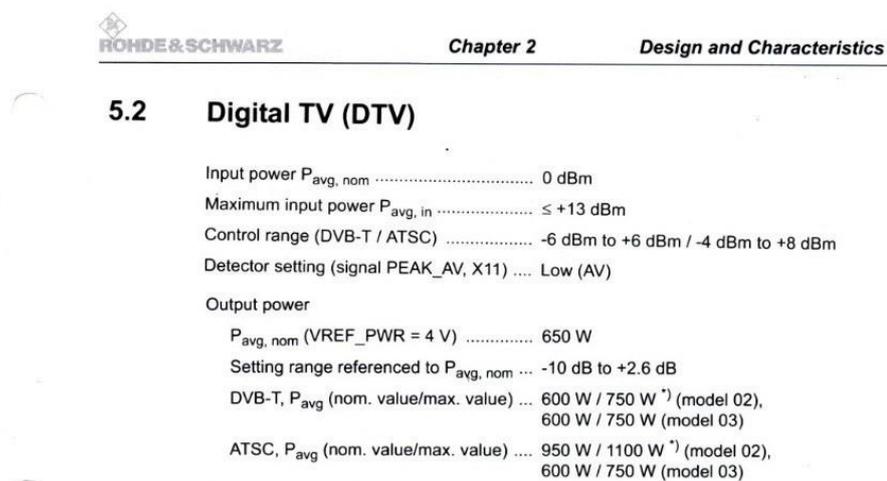
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros de la antena tx son: azimut 181.2° y elevación 0.5°. De la antena rx son: azimut 1.2° y elevación -0.7°.

4. Modulación y amplificación.

Luego de haber recibido el BTS en el Rx del enlace microondas, esta señal pasa a una etapa de modulación OFDM, es en este proceso donde se produce las miles de portadoras, posterior a ello pasa la señal a la etapa de amplificación donde se asigna la potencia el cual operará. El equipo encargado de realizar estos procesos es un Transmisor Digital de la empresa alemana Rohde & Schwarz SX8000, con 6 KW de potencia directa y realizando los diferentes parámetros asignados por el Remux, hace posible que la señal BTS pase a la última etapa para su posterior propagación.

En la figura 3.13 se presenta las características técnicas del módulo Amplificador R&S VH8600A1, el cual es uno de los componentes que lleva el transmisor. Con 10 módulos del amplificador hace posible emitir 6 KW. Puesto que cada módulo tiene una potencia de 600 W.



The image shows a technical specification sheet for the Rohde & Schwarz VH8600A1 amplifier module. The document is titled '5.2 Digital TV (DTV)' and includes the Rohde & Schwarz logo and 'Chapter 2 Design and Characteristics'. The specifications are as follows:

Parameter	Value
Input power $P_{avg, nom}$	0 dBm
Maximum input power $P_{avg, in}$	$\leq +13$ dBm
Control range (DVB-T / ATSC)	-6 dBm to +6 dBm / -4 dBm to +8 dBm
Detector setting (signal PEAK_AV, X11)	Low (AV)
Output power	
$P_{avg, nom}$ (VREF_PWR = 4 V)	650 W
Setting range referenced to $P_{avg, nom}$	-10 dB to +2.6 dB
DVB-T, P_{avg} (nom. value/max. value)	600 W / 750 W ^{*)} (model 02), 600 W / 750 W (model 03)
ATSC, P_{avg} (nom. value/max. value)	950 W / 1100 W ^{*)} (model 02), 600 W / 750 W (model 03)

Figura 3.13. Ficha técnica del módulo Amplificador Rohde & Schwarz

VH8600A1.

Fuente: Extraído de: www.rohde-schwarz.com/nl/product/nv8600-productstartpage-63493-9338.html.

En la figura 3.14 se muestra el Transmisor Digital Rohde & Schwarz SX8000, este transmisor es compacto y está compuesto por 10 módulos de amplificación, otro de excitación entre otros componentes.



Figura 3.14. Equipo Transmisor Digital R&S SX8000.
Fuente: Elaboración propia.

5. Sistema radiante.

En relación con el sistema radiante o configuración de antenas instaladas, que es la etapa final para la difusión de la señal ISDB-T, se usaron 18 paneles de 4 dipolos de la marca Sira que son orientados de la siguiente manera: 10 paneles a azimut 0° y 8 paneles a azimut 115° , todas están montadas en la torre con criterios técnicos por la misma empresa Sira (ver anexo 0.4). Con este arreglo de antenas permite cubrir en su mayor parte a Lima y Callao.

En la figura 3.15 se muestra el patrón de radiación horizontal del sistema radiante del canal TDT Bethel 25.1 usando el software ASWin.

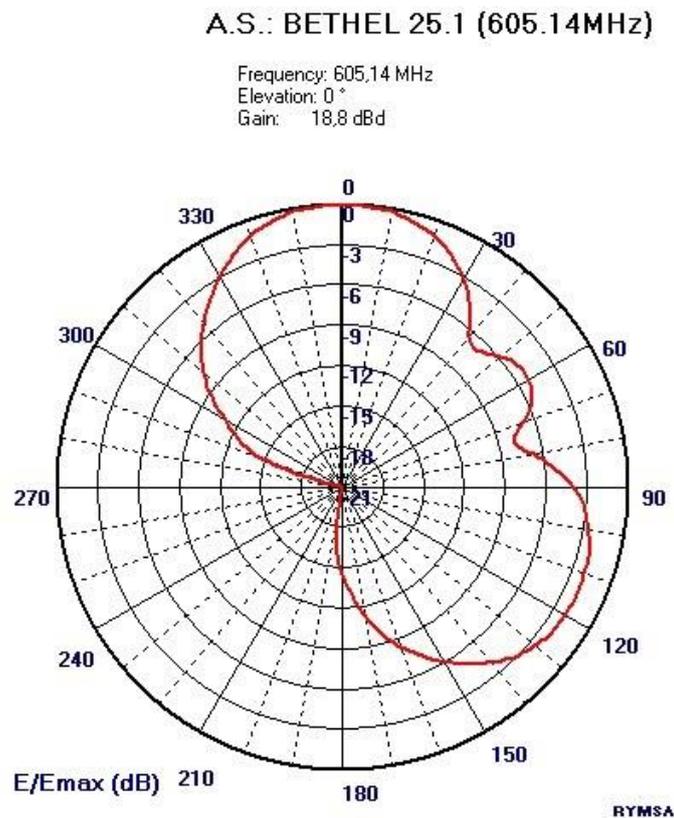


Figura 3.15. Patrón de radiación del sistema radiante canal Bethel 25.1.

Fuente: Elaboración propia mediante el software ASWin.

En la figura 3.16 se muestra el arreglo del sistema radiante instalado en la torre auto soportada del canal Bethel 25.1 en el morro Solar (Cerro Marcavilca), distrito de Chorrillos.



Figura 3.16. Sistema radiante del canal Bethel 25.1.
Fuente: Elaboración propia.

Otra importante característica de este tipo de panel, es que su rango de frecuencia de operación es de banda ancha 470 - 860 MHz, para la frecuencia del canal 36 bajo el estándar ISDB-T es 605.14 MHz (605.00 MHz + 1/7 MHz, frecuencia de portadora central); respecto a la ganancia del panel, ésta varía de acuerdo a las diferentes configuraciones (ver anexo 0.5). Para el caso del sistema radiante del canal Bethel 25.1 su ganancia es de 18.8 dBd.

3.2.3. Cálculo de la ERP de la estación radiodifusora televisiva.

Se define como ERP a la potencia efectiva radiada, es la potencia útil emitida en la dirección de máxima ganancia de una antena dipolo. La ERP es expresada en unidad Watt y el cálculo fue hallado mediante la ecuación 2.1. Considerando las pérdidas de línea de transmisión 3.21 dB (1.71 dB (atenuación en cable heliax de 55 m) + 1.5 dB (pérdidas en conectores, latiguillos y distribuidor)) y realizando la conversión de la potencia del transmisor de Watt a dBK mediante la ecuación 3.3, se procede a determina la ERP de la estación de televisión digital terrestre Bethel 25.1, el cual es 217.35 KW tal como muestra la ecuación 3.4

$$P_{tx}(dBK) = 10 * \log((P_{tx}(W))/1000) = 10 * \log(6000/1000) = 7,78 \text{ dBK} \quad (3.3)$$

$$ERP(W) = 7,78 \text{ dBK} + 18,8 \text{ dBd} - 3,21 \text{ dB} = 23,37 \text{ dBK} = 217,35 \text{ KW} \quad (3.4)$$

Para la localidad radioeléctrica de Lima, el MTC establece que las estaciones de televisión digital terrestre (TDT) pueden operar hasta una máxima ERP de 240 KW, lo cual el canal Bethel 25.1 estaría cumpliendo con lo establecido.

3.2.4. Software utilizado para generación de cobertura.

El software que se va a utilizar para simular la cobertura es Radio Mobile, éste es un software libre usado para cálculos de radio enlaces de larga distancia en terreno variable; para lo cual emplea el contorno geográfico combinados con la información de la estación radiodifusora (potencia del transmisor, ganancia del sistema radiante, pérdidas de línea de transmisión, etc.) que quieren simularse.

Posterior al diseño realizado que implicó criterios técnicos con el fin de cumplir rigurosamente las normas de la ABNT NBR 15601 - Sistema de transmisión ISDB-Tb. El siguiente paso fue llevar estos cálculos hacia el software Radio Mobile. Este software usa el modelo de propagación Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión de radio sobre terreno variable en enlaces de largo o medio alcance; permite a demás trabajar con frecuencias entre los 20 MHz y 40 GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

En la figura 3.17 se muestra la información de las coordenadas geográficas de la planta transmisora del canal Bethel 25.1 en el Cerro Marcavilca, en esta opción se registra las ubicaciones tanto del emisor (planta transmisora) y receptor (punto céntrico del distrito de Ventanilla), las coordenadas geográficas ingresadas están en cuadrícula grados, minutos y segundos, en datum WGS 84 (World Geodetic System 1984).



Figura 3.17. Coordenadas geográficas Emisor y Receptor.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

En la figura 3.18 se muestra la configuración de las propiedades de redes de transmisión, en esta opción se debe añadir los parámetros considerados en la ERP del sistema ISDB-T. Dichos parámetros son la ganancia del arreglo de los paneles Sira el cual es 18.8 dBd, pérdidas de línea de transmisión el cual es 3.21 dB. Así como, la altura de la torre considerado 50 m. Respecto a la potencia del transmisor, 6 KW en digital es equivalente a 18 KW en analógico y éste valor se considerará puesto que el software trabaja con esta tecnológica, analógica.

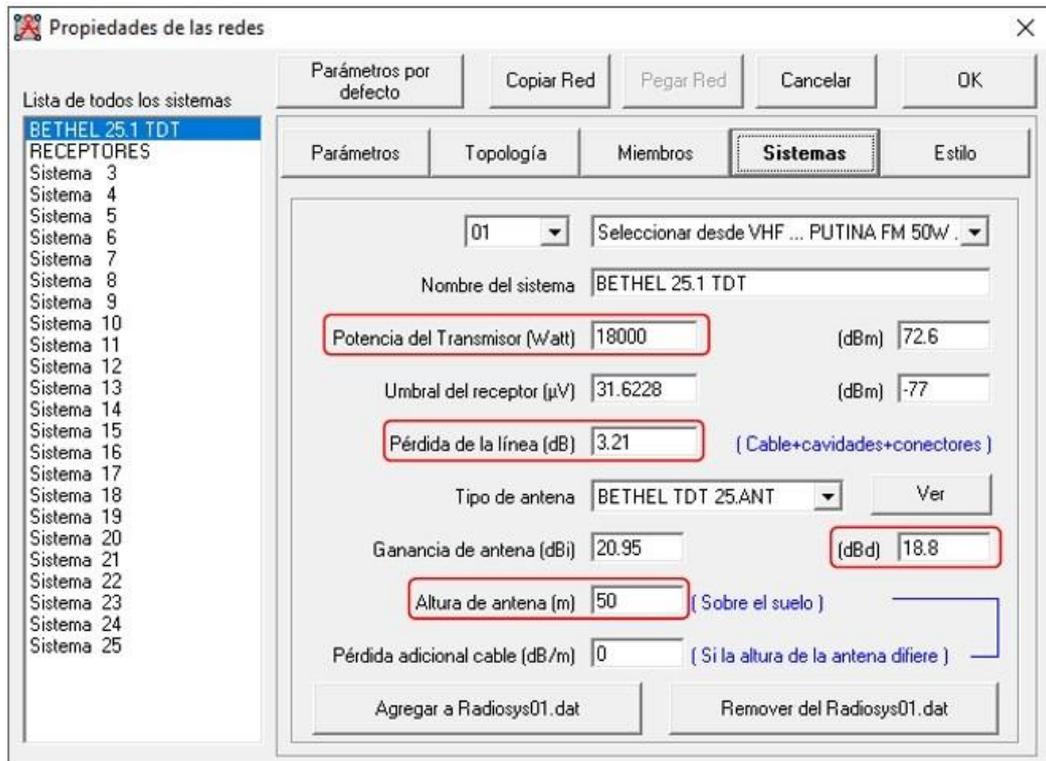


Figura 3.18. Configuración de propiedades de redes de transmisión.
Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

Respecto al patrón de radiación del sistema radiante Bethel 25.1 visto en el programa de simulación Radio Mobile. En el cuadro anterior en la opción tipo de antena se elige el sistema radiante, dicha configuración es posible gracias a una extensión ant. del software ASWin.

En la figura 3.19 se muestra la configuración de las propiedades de redes de recepción, considerando las normas técnicas ABNT NBR 15604 donde describe la sensibilidad de los receptores, se estima que el nivel mínimo de señal de recepción es -77 dBm; se añade al software una antena omnidireccional de 3 dBi con una altura de la antena promedio de dos (02) metros.

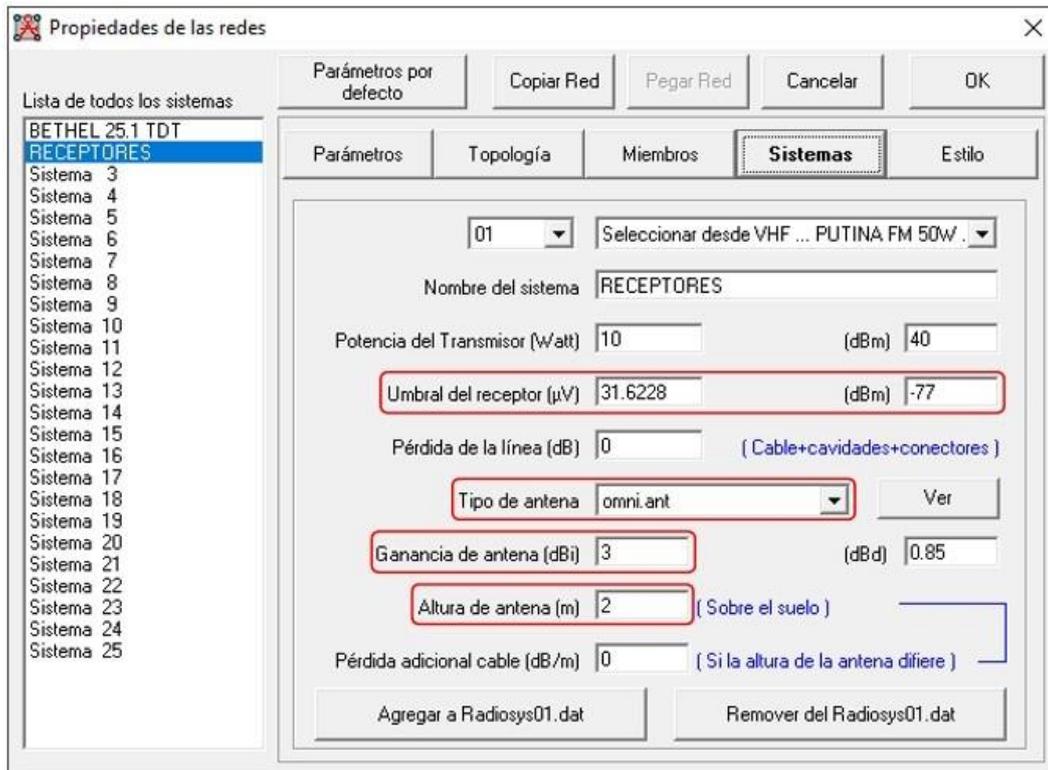


Figura 3.19. Configuración de propiedades de redes de recepción.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

Respecto a la configuración cartográfica, este modelado digital del terreno describe cada píxel con su altitud respecto al nivel del mar, en nuestro caso usamos 2000*2000 píxeles para una mayor precisión y la dimensión de 100*100 Km, está considerada como punto céntrico la del emisor.

En la figura 3.20 se muestra el mapa cartográfico de altitud simulado en resolución media, esta resolución describe el terreno con una precisión entre los 10 y 50 metros. Como se podrá apreciar, se muestra el Cerro Marcavilca "Morro Solar" lugar donde está instalado la planta transmisora del canal de TDT Bethel 25.1.

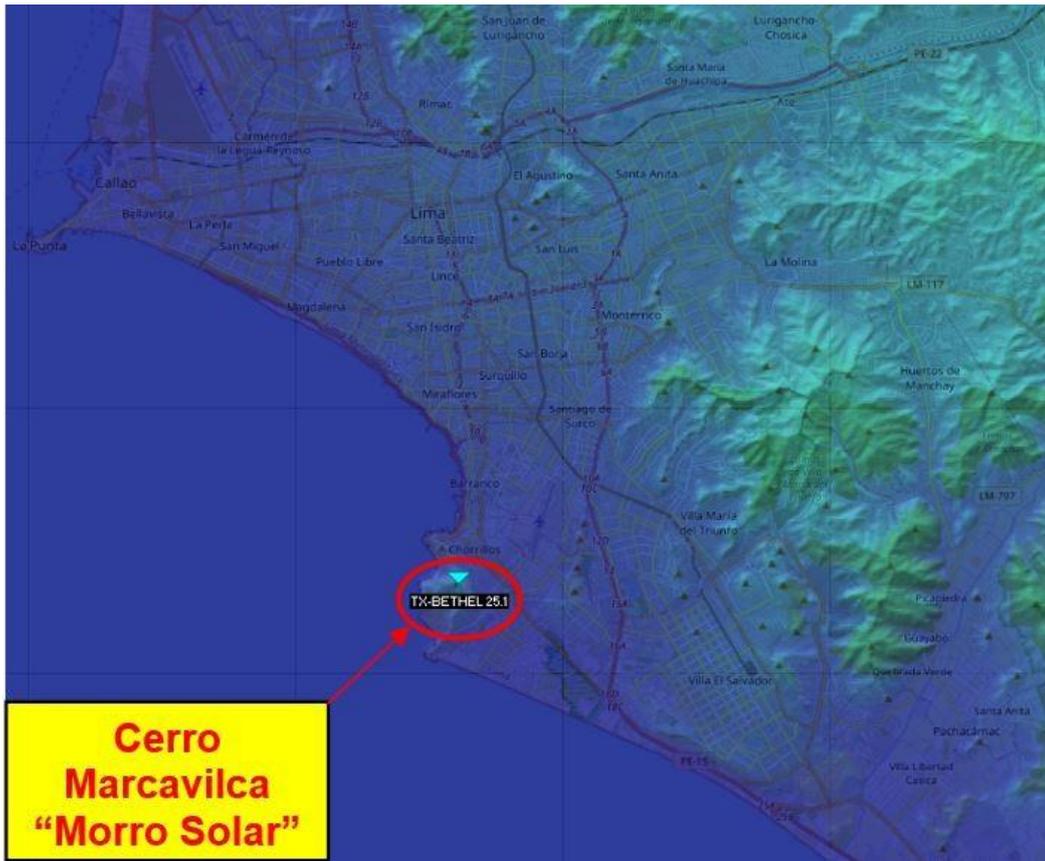


Figura 3.20. Mapa cartográfico de altitud.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

En cuanto a la configuración para poder generar la cobertura de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1. Se asignó los valores de niveles de intensidad de campo desde los 70 dBuV/m hasta los 30 dBuV/m. Si el nivel de intensidad de campo es baja, podríamos estar hablando de una zona de sombra existente.

En la figura 3.21 se muestra el nivel de intensidad de campo de la señal abierta digital de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1 vista en el software de simulación Radio Mobile.

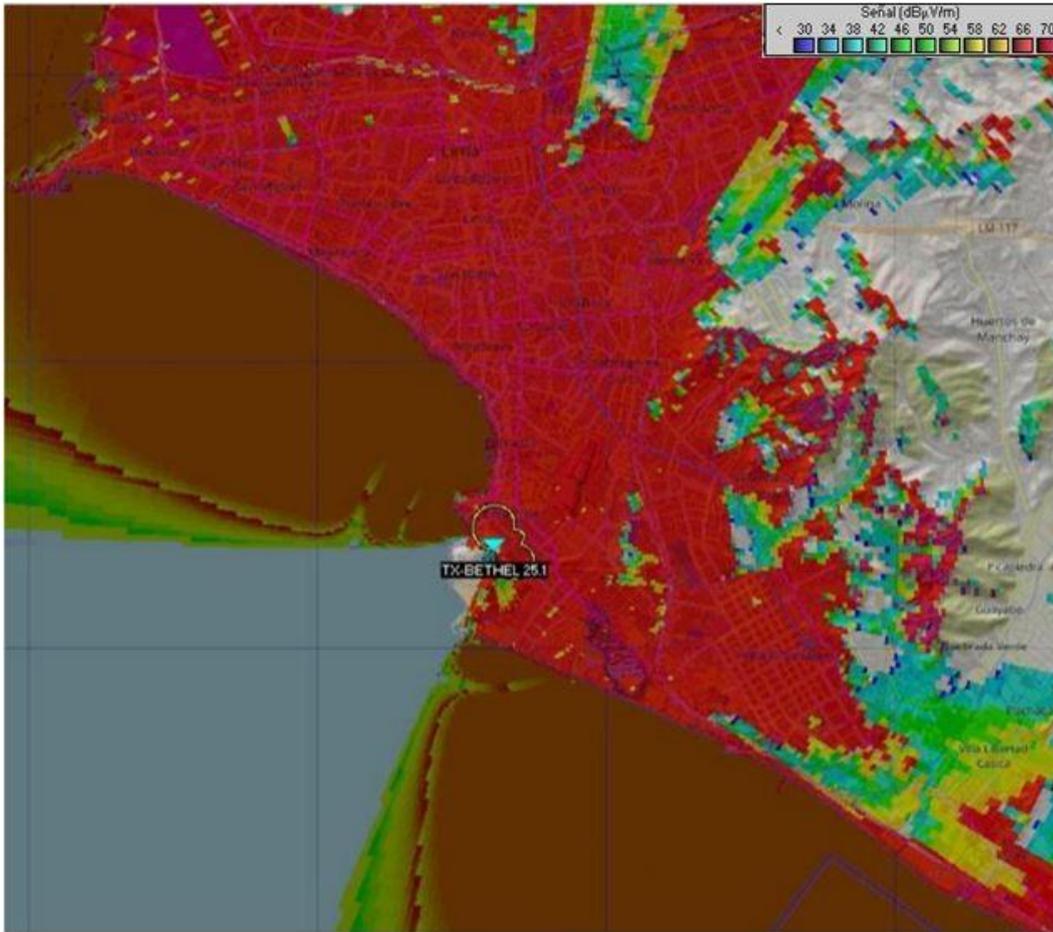


Figura 3.21. Nivel de intensidad de campo de la señal del canal Bethel 25.1 vista en mapa cartográfico.
Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

Como se podrá apreciar, la cobertura de la estación de TDT Bethel 25.1 tiene un buen nivel de señal en Lima metropolitana y distritos alrededor, con una intensidad de campo de 70 dBuV/m, pero hay distritos donde no tienen una buena intensidad de campo receptiva, en estos casos estaríamos hablando de lugares conocido como zona de sombra, y esto es producido por la inexistencia de línea de vista entre el receptor y el transmisor ocasionado comúnmente por cerros o montañas.

3.2.5. Cobertura TDT Bethel 25.1.

El diagrama de cobertura es un instrumento esencial para la planificación de proyectos, con la representación gráfica es posible pronosticar con certeza los niveles de intensidad de campo emitidos en diferentes puntos. El modelo de propagación idóneo para este tipo de estudio es el ITU-R P.525-4, modelo determinista puesto que considera los diferentes efectos de las ondas electromagnéticas, como: difracción, atenuación, reflexión, refracción, etc.

Una vez obtenido la cobertura con el software Radio Mobile, tenemos que llevar esta simulación al programa Google Earth para el respectivo análisis materia de estudio, y esto es posible gracias a una extensión que el software Radio Mobile brinda, que es un archivo kml. Google Earth es un programa informático que a través de un globo terráqueo virtual muestra múltiples cartografías basado en imágenes satelitales, con esta dinámica del programa nos permite que el estudio sea más viable.

En la figura 3.22 se muestra la cobertura de la estación radiodifusora de TDT Bethel 25.1 vista en el programa Google Earth.

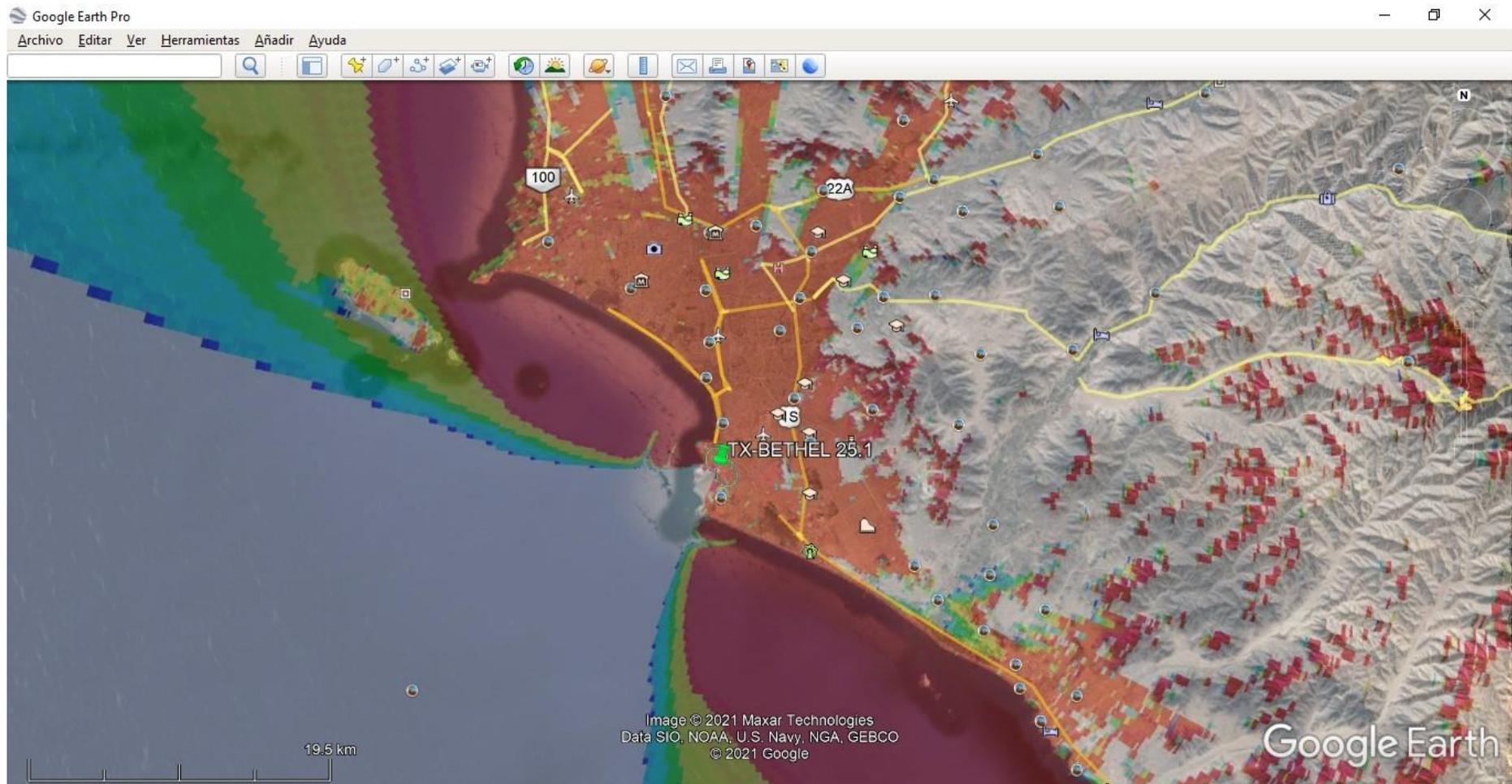


Figura 3.22. Cobertura TDT Bethel 25.1.

Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

El problema de cobertura mencionado abarca no solo a la estación de TDT Bethel 25.1, sino a todas las estaciones instaladas en el Cerro Marcavilca (Morro Solar), cerca de 13 estaciones TDT están operando en dicho cerro, todas éstas presentan el mismo problema de inexistencia de su señal en distritos lejanos rodeados de cerros.

En la figura 3.23 se muestra la cobertura de todas las estaciones radiodifusora de TDT instaladas en el Cerro Marcavilca (MorroSolar) según estudio del MTC.



Figura 3.23. Cobertura TDT de todas las estaciones.
Fuente: www.tdt.pe.

3.2.6. Análisis de intensidad de campo en el distrito de Ventanilla.

El distrito de Ventanilla es uno de los siete (07) que conforman la provincia constitucional del Callao, con una población estimada de 441,860 habitantes el cual representa el 31.7 % de la población total del Callao. Este distrito está situado en un territorio montañoso, por lo que le convierte en una zona de sombra el cual conlleva a la inexistencia de la señal de TDT, por lo cual el distrito de Ventanilla es un territorio ideal para realizar este estudio. Las coordenadas geográficas que se consideró para el análisis de intensidad de campo de señal en el distrito de Ventanilla fueron el punto céntrico de dicha localidad, las cuales son $S11^{\circ} 52' 41.85''W77^{\circ} 7' 35.63''WGS-84$, y se encuentra situada a 16 msnm.

En la figura 3.24 se muestra el nivel de intensidad de campo que está recibiendo el punto céntrico de Ventanilla.

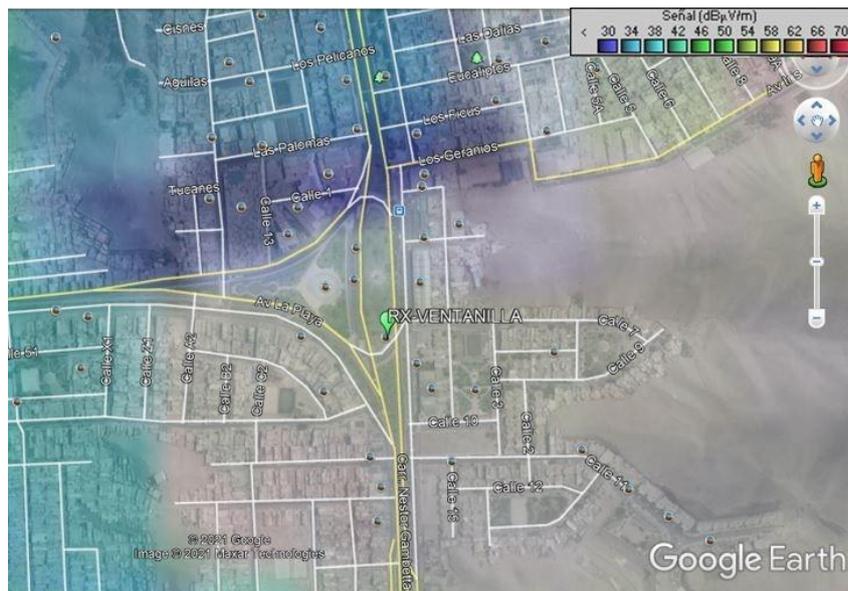


Figura 3.24. Nivel de intensidad de campo en Ventanilla.
Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

Observando que dicho punto, a través de la vista gráfica de colores que representa la intensidad de campo de señal, no obtiene ni aun el nivel mínimo de señal (-77 dBm) para lograr una recepción; se procederá a analizar los diferentes factores que conllevan a esta problemática, tales como pérdida en espacio libre, obstrucciones, línea de vista, entre otros, los cuales conllevan a la pérdida de señal en mencionado punto, todos estos factores lo veremos a través del software Radio Mobile.

En la figura 3.25 se muestra el perfil de enlace al punto céntrico de Ventanilla. Al lado izquierdo (A), se aprecia la ventana de Radio Mobile con la zona de Fresnel del enlace; así como, los cálculos de los diferentes factores que conllevan a la pérdida de señal en dicho distrito. Al lado derecho (B), se aprecia la vista del nivel de intensidad de campo de la señal en el plano cartográfico del software.

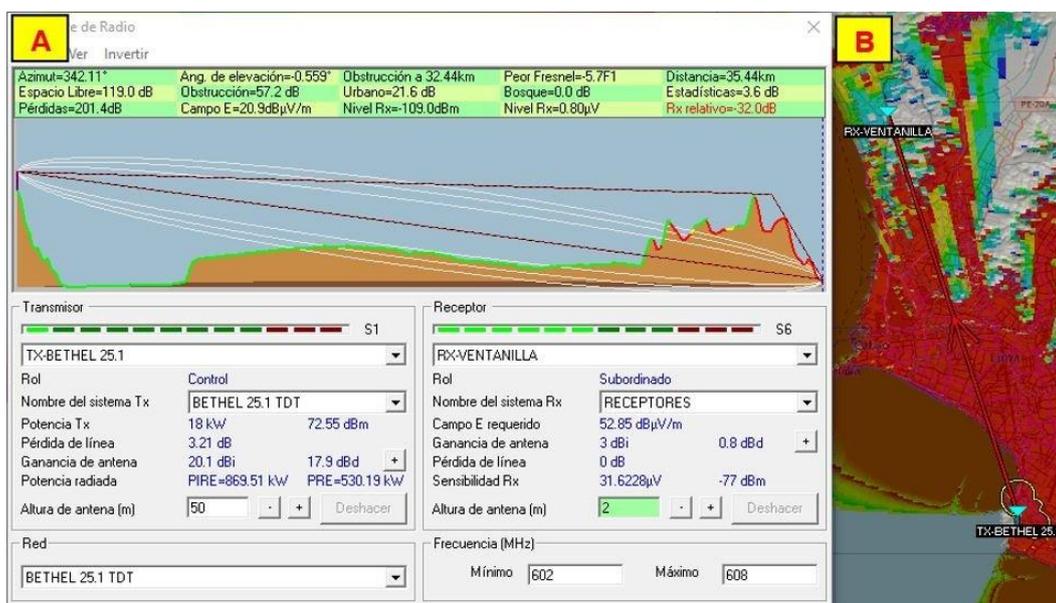


Figura 3.25. Perfil de enlace al distrito de Ventanilla.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

Como se podrá apreciar, existe una mayor pérdida en espacio libre y ello lo determinaremos usando la ecuación 3.5, el cual está mencionado en la recomendación ITU-R P.525-4 pérdida básica de transmisión en el espacio libre. Considerando la frecuencia central del canal 36 (605 MHz) y la distancia que existe entre la planta transmisora y el punto céntrico de Ventanilla el cual es 35.44 Km, se obtiene la pérdida en espacio libre de 119.02 dB, tal como se muestra en la ecuación 3.6. Con ello se contrastó con los cálculos obtenidos en el software Radio Mobile observándose que tienen similitudes.

$$L_{bf} = 32,4 + 20 * \log f + 20 * \log d \quad (3.5)$$

$$L_{bf} = 32,4 + 20 * \log 605 + 20 * \log 35,44 = 119,02 \text{ dB} \quad (3.6)$$

Seguida de la pérdida en espacio libre hay una por obstrucción, el cual se encuentra a los 32.44 Km del Cerro Marcavilca. Se observa que el obstáculo es el Cerro Blanco cuyo nivel de elevación es 269 msnm.

En la figura 3.26 se muestra el perfil de elevación al punto céntrico de Ventanilla, el cual se aprecia al Cerro Blanco como obstáculo.



Figura 3.26. Perfil de elevación al distrito de Ventanilla.
 Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

A parte de las pérdidas mencionadas anteriormente, el software Radio Mobile menciona otras, como: urbano, bosques y estadísticas, todas estas pérdidas suman un total de 201.4 dB, dando por consiguiente que en dicho punto obtenga un nivel de recepción negativa de -32 dB (-109 dBm -(-77 dBm)), lo cual se traduce que en determinado punto o zona la señal digital del canal Bethel 25.1 (canal asignado 36) será nula ya que el nivel de intensidad de campo de la señal es de 20.9 dBuV/m.

Por consiguiente y al realizar el análisis respectivo en el punto céntrico de Ventanilla, se concluye que el mencionado distrito es una zona de sombra no solamente para la señal del canal de TDT Bethel 25.1 sino también para las otras estaciones radiodifusoras. El MTC al percatarse de estos problemas de inexistencia de señal TDT en Ventanilla y otros distritos, realizó un estudio en el año 2011 dando por consiguiente la apertura de instalación de retransmisoras o Gap-Filler

en tres (03) distritos primeramente con su respectivo lugar de ubicación:

- La Molina, en el Cerro Huaquerone
- Comas, Puente Piedra y Carabayllo, en el Cerro Shangrilla
- Ventanilla, en el Cerro Los Perros

3.2.7. Análisis del Sistema Gap-Filler.

La implementación de un sistema Gap-Filler para el mencionado distrito materia de estudio tiene como fin llegar a cubrir la zona de sombra existente en Ventanilla, y con ello lograr la ampliación de la cobertura de la señal principal del canal de TDT Bethel 25.1 emitido desde el Cerro Marcavilca (Morro Solar).

El análisis de esta etapa de implementación del sistema Gap-Filler inicia con el estudio de intensidad de campo de la señal en determinado lugar, Cerro Los Perros; para poder lograr una buena calidad de recepción se debe considerar detalles técnicos ya mencionados en la norma ABNT NBR 15604, la sensibilidad debe ser menor o igual que -20 dBm y mayor o igual que -77 dBm.

También se debe de considerar la distancia que hay entre el Cerro Marcavilca hasta el Cerro Los Perros, ello se hace con el fin de garantizar una mínima latencia respecto a la señal, ya que la señal que emitirá el Gap-Filler será la misma que recibe del Cerro Marcavilca pero con un retardo leve. Para poder lograr ello se debe de considerar el tiempo de guarda adecuado. En las normas técnicas ABNT

NBR 15601 se aprecia que el tiempo de guarda intermedio en ISDB-Tb para modo 3 es de 126 us, con este dato se procederá a calcular la distancia que viajaría la señal reflejada para determinado tiempo de retardo. Usamos la ecuación 3.7.

$$d = t_r * c \quad (3.7)$$

$$d = 126 * 10^{-6}s * 3 * 10^8m/s = 37,8 Km \quad (3.8)$$

Con este resultado se tiene un umbral respecto a la distancia que debe de considerarse para la ubicación del Gap-Filler para poder evitar un rompimiento de sincronía, o sea que la distancia máxima entre la planta transmisora del canal de TDT Bethel 25.1 y el Gap-Filler no debe superar los 37.8 Km, tal como se muestra en la ecuación 3.8. Por consiguiente, se calculó la distancia entre emisor y receptor dando 34.34 Km, ello significa que estamos dentro de lo permitido por lo cual se percibe una óptima operatividad.

En la figura 3.27 se muestra el nivel de intensidad de campo que está recibiendo el denominado cerro, lugar donde se implementará el Gap-Filler; como se podrá apreciar a través de la gráfica de colores, dicho punto recibe un óptimo nivel de intensidad de campo que aproximadamente es de 70 dBuV/m.



Figura 3.27. Nivel de intensidad de campo en Cerro Los Perros.
 Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

En la figura 3.28 se muestra el perfil de enlace al Gap-Filler ubicado en Cerro Los Perros - Ventanilla. Al lado izquierdo (A), se aprecia la ventana de Radio Mobile con la zona de Fresnel del enlace; así como, los cálculos de los diferentes factores el cual conllevan a una óptima recepción en mencionado cerro. Al lado derecho (B), se aprecia la vista del nivel de intensidad de campo de la señal en el plano cartográfico del software.

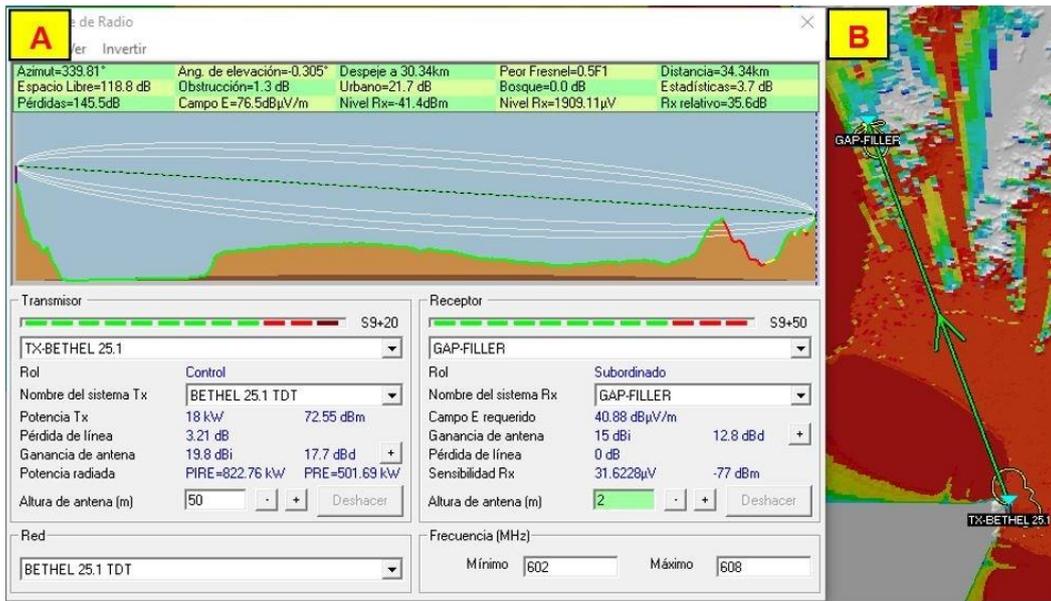


Figura 3.28. Perfil del enlace al Gap-Filler.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

Los resultados obtenidos a través del software Radio Mobile nos muestran un panorama más amplio, se evidencia que el nivel de intensidad de campo en determinado cerro es de 76.5 dBuV/m, el cual es un buen nivel de recepción.

Para el sistema Gap-Filler a implementar se está considerando como antena receptora una antena yagui multicanal VHF-UHF con una ganancia de 15 dBi (ver anexo 0.6), con esto se estima que la potencia de señal recibida tiene -41.4 dBm, valor aceptable según las normas ABNT NBR 15604 respecto a la sensibilidad de los receptores. Ya por último se aprecia que el software nos da el cálculo de recepción relativa (diferencia entre la potencia recibida y el umbral de recepción) de 35.6 dB, éste valor se interpreta de acuerdo al signo del dato numérico, si el signo fuera negativo se estima una recepción mala o pésima y si el signo fuera positivo se estima una recepción aceptable y óptima.

Con el análisis y cálculos realizados en el Cerro Los Perros, se aprecia que dicho cerro cuenta con los criterios técnicos aceptables para poder iniciar con la implementación de un sistema Gap-Filler.

3.2.8. Diseño de la Red de Frecuencia Única (SFN).

El tipo de red SFN como bien se habló en el capítulo 2, consiste en la funcionalidad de varios transmisores que emiten de forma simultánea la misma señal en un determinado canal. Para nuestro caso materia de estudio lo interpretamos de la siguiente manera: La planta transmisora del canal de TDT Bethel 25.1 está ubicado en el Cerro Marcavilca, desde este lugar irradia su señal digital para poder cubrir toda Lima Metropolitana y distritos alrededores, esta cobertura lo conocemos como la señal principal, puesto que el transmisor opera con una potencia alta; es esta señal la que recepcionará los diferentes reemisores de TDT ubicados en lugares estratégicos mencionados anteriormente, para nuestro caso es el Cerro Los Perros, ahora bien, la señal que irradiará desde el mencionado cerro a través del Gap-Filler será llamada señal secundaria, ya que la potencia del equipo será baja; con lo mencionado se aprecia la funcionalidad de varios transmisores, en nuestro caso dos (02), emitiendo de forma simultánea el mismo canal, 25.1.

La ITU también recomienda este tipo de implementación de reemisores en modo de red SFN para poder proporcionar una amplia cobertura de una determinada estación radiodifusora usando una única frecuencia, este método es muy idóneo para lugares donde carece de

señal TDT, conocidos como zonas se sombra.

El logro de una óptima operatividad del sistema Gap-Filler en modo de red SFN se da cuando consideramos criterios técnicos adecuados, pero también y sobre todo en la etapa de aislamiento de la antena receptora y la antena emisora, ya que la antena receptora no solamente recibirá la señal primaria sino también la señal secundaria, este efecto es llamado retroalimentación, y si no se toma en cuenta estos detalles el Gap-Filler podría oscilar; la solución a esto es con un método novedoso conocido como Cancelador de Ecos, estos detalles lo estaremos desarrollando más adelante. El diseño del Gap-Filler en modo de red SFN, será analizado en diferentes etapas de la siguiente manera:

1. Ubicación.

El diseño empieza con la definición de la ubicación donde será instalado el Gap-Filler el cual será en el Cerro Los Perros, y para ello contamos con un convenio con la estación radiodifusora televisiva CH12 autorizado por el MTC mediante Resolución Viceministerial N° 393-2008-MTC/03 para operar en mencionado cerro.

En la figura 3.29 se muestra las coordenadas geográficas donde será instalado el Gap-Filler, como se aprecia a través del programa Google Earth se visualiza la silueta de la estación CH12.

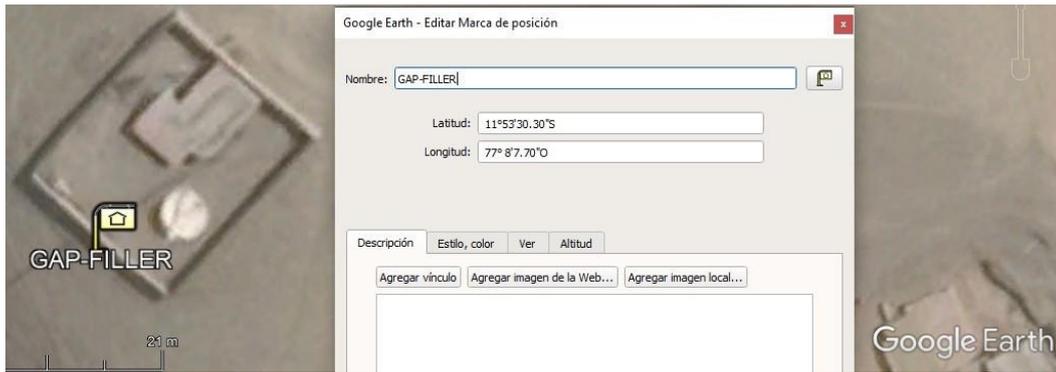


Figura 3.29. Coordenadas geográficas del Gap-Filler.

Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

Al contar con una infraestructura ya hecha de la estación canal CH12, o sea existe: caseta, suministro eléctrico, torre ventada entre otros; procederemos con detalles técnicos que debe de contar la antena receptora.

2. Antena receptora.

La antena receptora para nuestro sistema Gap-Filler será una antena yagui multicanal VHF-UHF, ésta debe estar orientada a azimut 160° y elevación a 0° ; la elección de este tipo de antena es debido a su arquitectura diseñada, a diferencia de una antena yagui convencional, ésta posee reflectores tanto arriba como abajo, de tal manera que hace que el patrón de radiación de elevación sea más aislado respecto a la antena emisora. También tiene una directividad adecuada para poder recibir la señal que viene del Cerro Marcavilca con el objetivo de recibir una potencia de recepción óptima. Y esto es debido a que estamos considerando temas climatológicos, ya que en temporada de lluvia la señal se verá afectada y ello conllevará que la señal tenga más atenuación que la de un clima cálido.

En la figura 3.30 se muestra el patrón de radiación horizontal polar de la antena receptora antena yagui multicanal VHF-UHF orientada al Cerro Marcavilca.

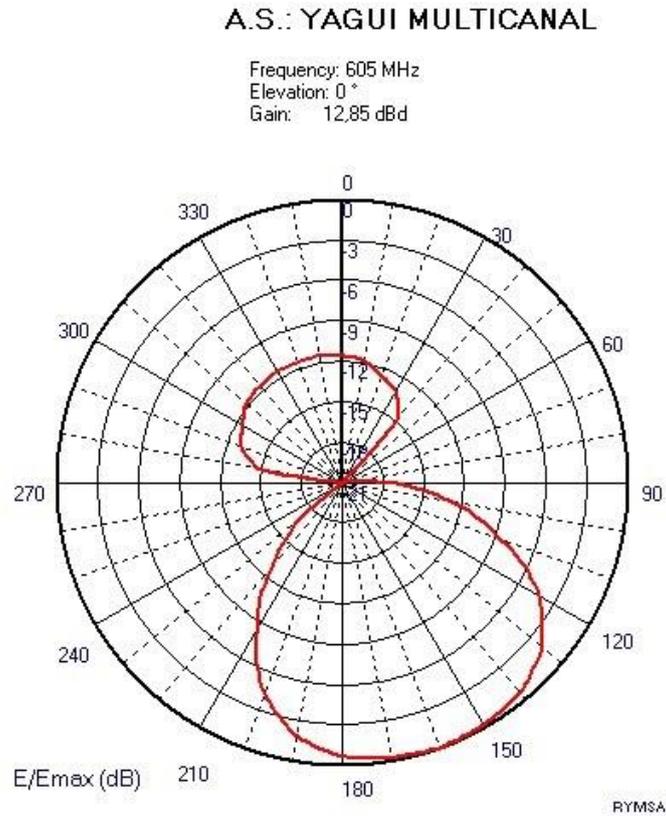


Figura 3.30. Patrón de radiación de la antena receptora yagui.

Fuente: Elaboración propia mediante el software ASWin.

3. Equipo reemisor de TDT.

Respecto al equipo Gap-Filler a adquirir será de la empresa TRe-dess, el cual actualmente ofrece equipos de baja potencia de la gama cuarta serie con novedosas innovaciones, como el método llamado Cancelador de Ecos - Doppler Enhanced Echo Canceller (DEEC) - que es la solución a los problemas que presentan las redes SFN, también cubre distintos estándares del mercado, como: DVB-T/T2, ATSC

3.0, ISDB-T y DTMB, en cuanto al manejo de la configuración del equipo, muy dinámica, y entre otras novedades más se optó por esta empresa.

En la figura 3.31 se muestra el equipo Gap-Filler Fourth Series 2HU, este modelo tiene una potencia de salida hasta 150 W.



Figura 3.31. Equipo Gap-Filler Fourth Series 2HU.

Fuente: Manual de sistema de la gama Fourth Series TRedess. 2010.

Para el buen funcionamiento del equipo se debe considerar los detalles técnicos de la tensión y corriente, hasta 250 V y 10 A puede soportar el equipo, valores mayores a esto simplemente se corta el fluido eléctrico gracias al fusible que tiene; para poder asegurar el óptimo funcionamiento se está considerando un sistema de protección eléctrico para evitar posibles cortes, equipos como: UPS y estabilizador; en cuanto a la potencia con el cual operará se verá en la etapa de aislamiento de las antenas.

El procedimiento para poder realizar las diferentes configuraciones en el Gap-Filler, como el nivel de entrada y ajuste en canal 36 se hará en laboratorio; respecto al Cancelador de Eco DEEC se hará de manera in situ, ya que de esa manera podremos tener un panorama más amplio; la problemática principalmente que presenta este tipo de

red SFN es en el acoplo de las antenas receptora y emisora ya que transmitirá y recibirá la misma frecuencia o canal, y si esto no se toma en cuenta con criterios técnicos el equipo oscilaría; esto se soluciona separando ambas antenas lo máximo que se pueda, y para ello ayudará la torre ventada de 30 m ya instalada de la estación CH12.

4. Antena emisora.

Analizando donde existe la mayor densidad poblacional en el distrito de Ventanilla, se optó por un sistema radiante compuesto de un (01) panel de 4 dipolos de la marca Kathrein (ver anexo 0.7), el cual estará orientado a azimut 20° . En la figura 3.32 se muestra el patrón de radiación horizontal polar de la antena emisora orientada a Ventanilla.

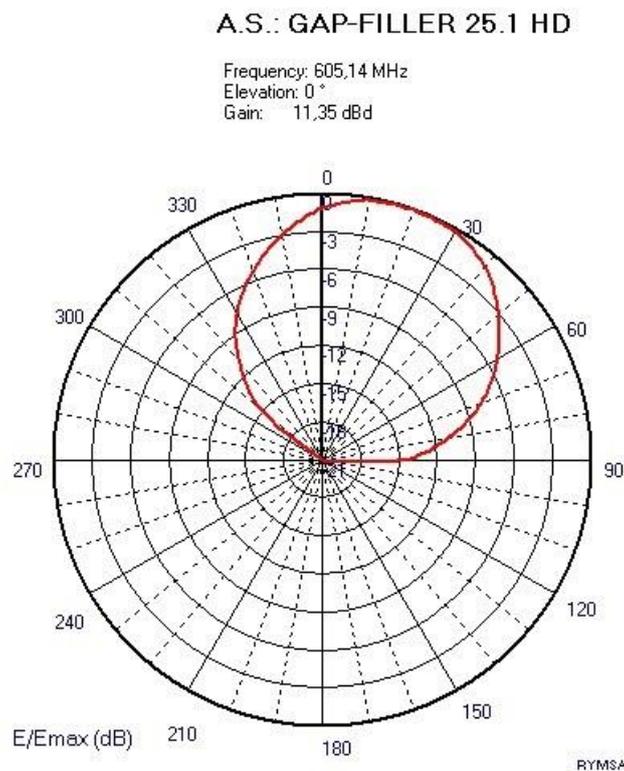


Figura 3.32. Patrón de radiación de la antena emisora.

Fuente: Elaboración propia mediante el software ASWin.

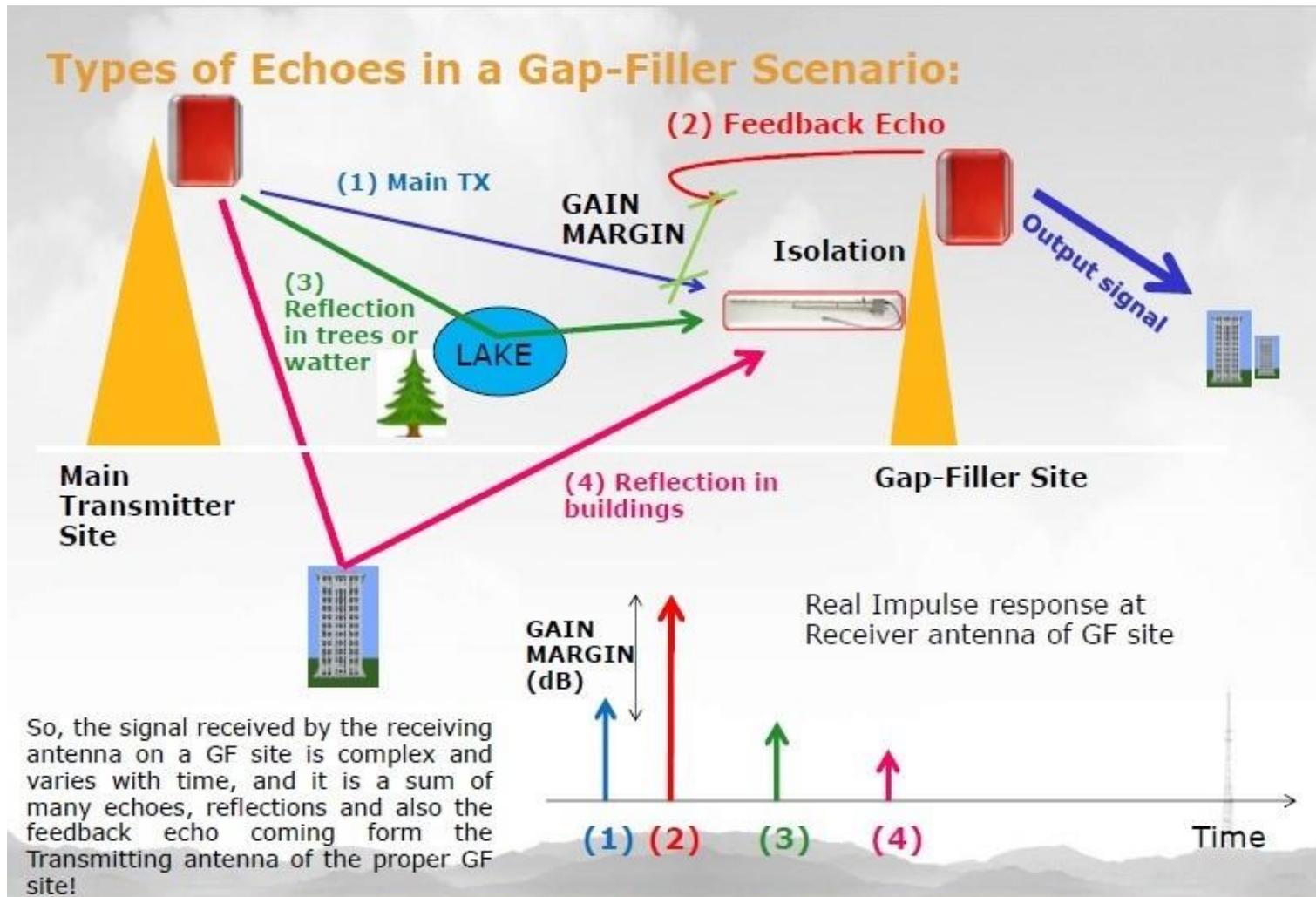


Figura 3.33. Escenario de las diferentes señales que ingresan al Gap-Filler.

Fuente: www.tredess.com.

Como se aprecia en la figura anterior, la señal que ingresará con más potencia en la antena receptora del Gap-Filler será de la antena emisora del mismo sistema, ello se conoce como retroalimentación o eco; el equipo Gap-Filler a adquirir tiene la tecnología DEEC para solucionar el problema mencionado, puede corregir hasta 20 dB de margen de ganancia respecto a la señal del eco de retroalimentación (ver anexo 0.8).

5. Aislamiento.

La potencia con el cual operará el Gap-Filler debe ir de acorde al aislamiento de las antenas: receptora y emisora; considerar una potencia inadecuada ocasionará que el equipo oscile a pesar que tenga la tecnología DEEC puesto que éste método tiene un margen para corregir los ecos. Mediante la ecuación comúnmente usada para hallar el umbral del nivel de aislamiento, el cual se considera que la ganancia del sistema debe ser menor que la diferencia del aislamiento con el número 10 ($G < \beta - 10$). El factor -10 es un dato numérico añadido en pruebas de laboratorio, éste factor se puede mejorar siempre y cuando se tomen criterios técnicos adecuados en la instalación del sistema Gap-Filler, tales como:

- La antena receptora debe ser de alta ganancia
- Dicha antena receptora debe tener rejillas para tener un mayor aislamiento respecto a la antena emisora
- Las antenas, receptora y emisora, deben estar direccionadas aproximadamente en lados contrarios

Como se podrá apreciar, dichos criterios técnicos mencionados son los que cumple nuestro sistema Gap-Filler. Por consiguiente tendríamos la siguiente ecuación 3.9. Con esta ecuación se procede a realizar el cálculo respectivo. Se está estimando configurar el Gap-Filler con potencia a 75 W (48.75 dBm), donde se determina que el aislamiento mínimo del sistema deberá ser mayor a 85.15 dB, tal como se muestra en la ecuación 3.10.

$$G < B + 5 \quad (3.9)$$

$$G = P_{TX} - P_{RX}; G = 48,75 - (-41,4) = 90,15 \text{ dB}; 85,15 \text{ dB} < B \quad (3.10)$$

Ahora se debe de determinar el valor del aislamiento, para ello vamos a calcular la atenuación total del sistema; con la ecuación de pérdida básica de transmisión en el espacio libre tenemos 54.06 dB, considerando la separación entre antena receptora y emisora a 20 m. A esta pérdida en espacio libre se debe de añadir factores de ambas antenas, toda vez que existe cierta incidencia de los patrones de radiación en el azimut 70°; realizando el análisis respectivo con el factor adelante y atrás del panel Kathrein, tenemos 15 dB más de atenuación, con ello nuestro aislamiento sería un total de 69.06 dB (54.06 dB + 15 dB).

Con los resultados obtenidos tendríamos un escenario en la cual el Gap-Filler oscilaría, puesto que el valor del aislamiento está por deba-

jo del umbral permitido. La solución a ello es añadir a nuestro sistema Gap-Filler un Cancelador de Ecos, el cual el equipo a adquirir de la empresa TRedess tiene esa tecnología DEEC, con esto tendríamos 17 dB más de atenuación respecto a la señal eco de retroalimentación; por consiguiente tendríamos un aislamiento de 86.06 dB (69.06 dB + 17 dB), lo cual es mayor al umbral permitido; con esto tendríamos la certeza que nuestro sistema Gap-Filler operaría con eficiencia.

6. ERP de nuestra estación reemisora de TDT.

Para la localidad de Ventanilla tenemos una ERP permitida para la banda VHF con la tecnología NTSC-M (analógica) de 1 KW, en cuanto a la tecnología ISDB-T (digital) el MTC no ha establecido una ERP permitida para esta localidad; sin embargo, se está considerando no sobrepasar el límite del 60 % de 1 KW. Estimando el Gap-Filler con potencia a 75 W, ganancia de la antena emisora a 11.35 dBd y las pérdidas que existe en 35 m de cable hélix marca Andrew LDF4-50A con sus respectivos conectores, dan de atenuación 2.44 dB. Nuestra ERP sería 584 W.

7. Cobertura del Gap-Filler.

Para la cobertura se usó el software ya mencionado anteriormente, Radio Mobile, y para un análisis más viable lo visualizamos en el software Google Earth.

En la figura 3.34 se muestra la cobertura de nuestro sistema Gap-Filler vista en el programa Google Earth.

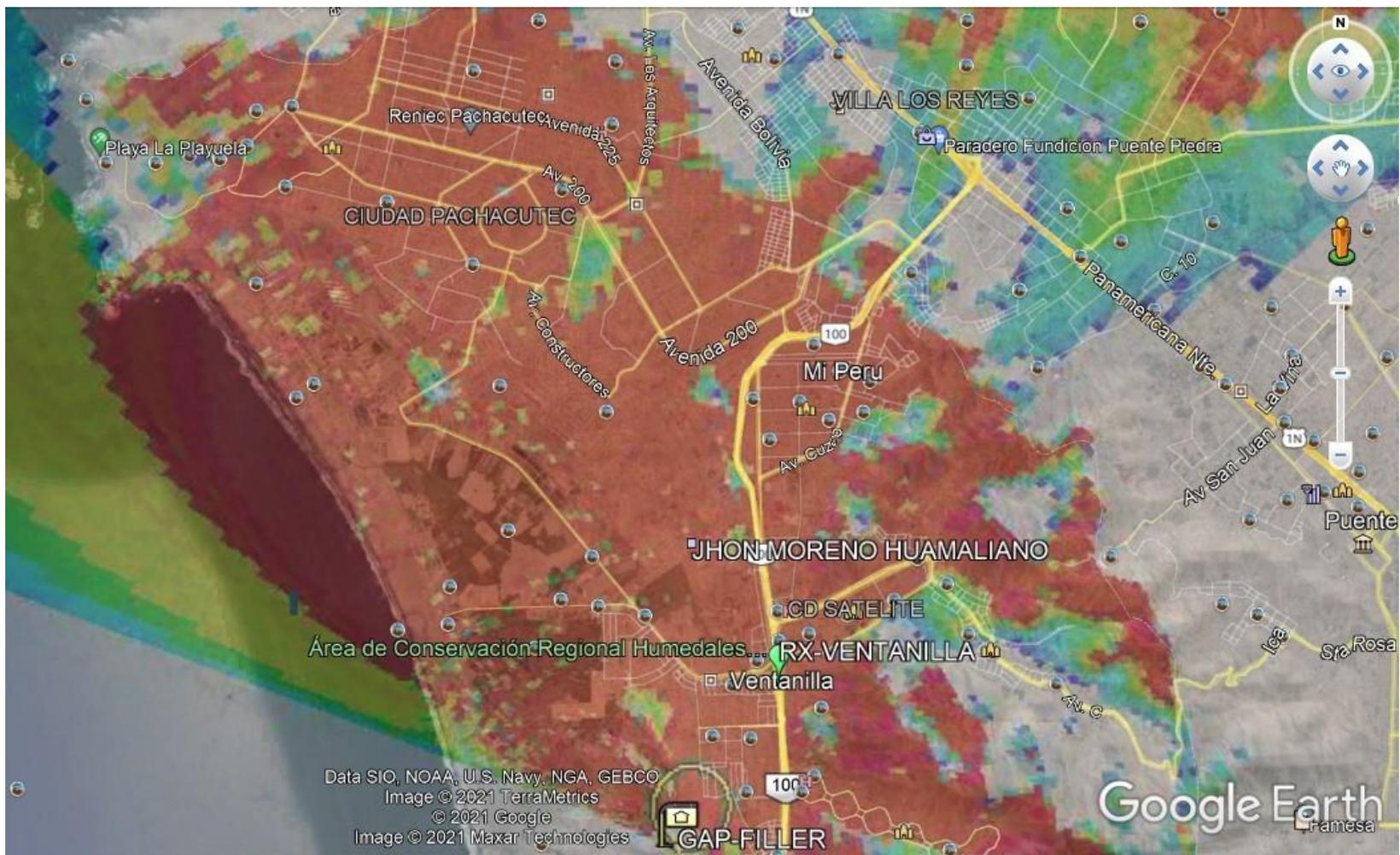


Figura 3.34. Cobertura de Gap-Filler 25.1.
Fuente: Elaboración propia mediante el programa Google Earth.

Como se podrá apreciar, la ubicación que anteriormente no tenía cobertura alguna según el gráfico de colores, ahora vemos que si tiene cobertura, y no solamente este punto sino cerca del 70 % de la población de Ventanilla tiene cobertura del canal Bethel 25.1.

En la figura 3.35 se muestra el perfil del enlace Gap-Filler al punto céntrico de Ventanilla. Al lado izquierdo (A), se aprecia la ventana de Radio Mobile con la zona de Fresnel del enlace; así como, los cálculos de los diferentes factores el cual conllevan a que mencionado punto tiene una excelente y óptima cobertura del canal 25.1. Al lado derecho (B), se aprecia la vista del nivel de intensidad de campo de la señal en el plano cartográfico del software.

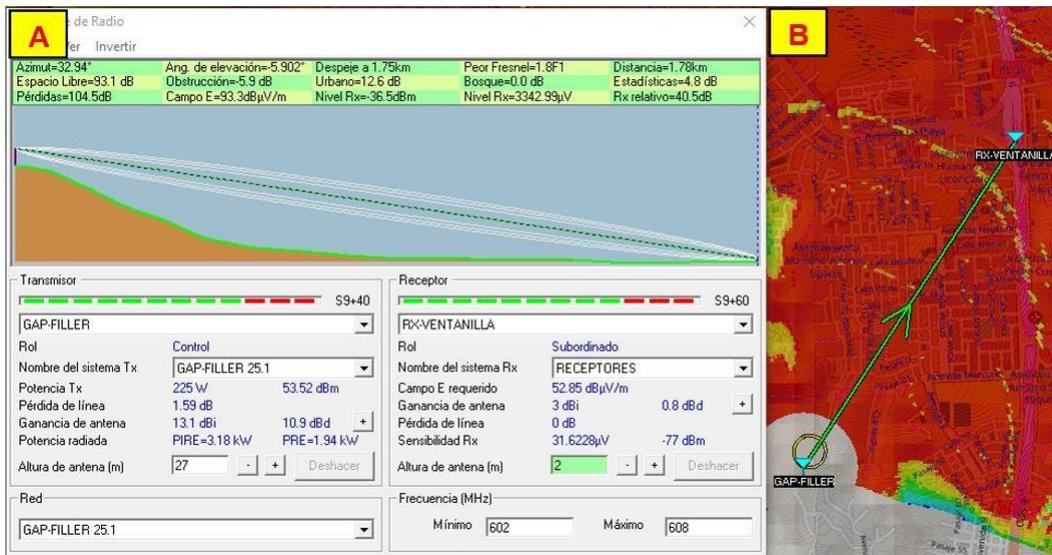


Figura 3.35. Perfil del enlace Gap-Filler a punto céntrico de Ventanilla.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Radio Mobile.

En la tabla 3.2 se muestra los diferentes niveles de intensidad de campo que está llegando a distintos sectores del distrito de Ventanilla, se aprecia que la cobertura es óptima para sectores cuya distancia está a 7.12 Km e incluso podría abarcar a más lugares, y ello lo sa-

bremos con las mediciones in situ.

Tabla 3.2

Intensidad de campo en distintos sectores de Ventanilla con Radio Mobile.

LUGAR	COORDENADAS	DISTANCIA	INTENSIDAD DE CAMPO
Punto céntrico de Ventanilla	S11°52'41.85" W77° 7'35.63"	1.78km	93.3dBuV/m
Parque Industrial de Ventanilla	S11°51'49.58" W77° 8'23.21"	3.14km	85.1dBuV/m
AA.HH. Mi Perú	S11°50'53.33" W77° 7'8.76"	5.16km	79.9dBuV/m
AA.HH. Pachacutec	S11°49'48.18" W77° 9'10.78"	7.12km	73.2dBuV/m

Fuente: Elaboración propia.

3.2.9. Presupuesto de la implementación.

El sistema Gap-Filler viene hacer una manera muy novedosa de ampliar la cobertura de un canal TDT, por ello también el nombre de reemisor de TDT, debido a su bajo coste y complejidad reducida, puesto que su equipamiento lo podemos obtener con proveedores de Lima y en cuanto a su instalación no es muy complicado siempre y cuando se tenga los criterios técnicos ya mencionados.

Para la implementación del sistema Gap-Filler una prioridad es la adquisición del equipo reemisor de TDT, para ello la empresa TRe-dess cuenta con un distribuidor en Perú; la empresa Elogic, bajo la responsabilidad del ing. Luis Cuadrado, esta empresa se encuentra ubicada en Av. Los Yupanqui 313 Urb. Zárate, Lima – Perú, no solo se encarga de la venta de equipos de radiodifusión sino también da el sostenimiento técnicos si en caso llegara a presentar fallas los diferentes equipos. Respecto a los demás equipos para la implementación, todas se adquirieron de distribuidores en Lima, a excepción de

la antena panel Kathrein puesto que Bethel contaba con un panel en el almacén del área de Logística, de todas maneras se está considerando el precio de este panel en el presupuesto.

En la tabla 3.3 se muestra la cotización de los diferentes equipos necesarios para la instalación de la implementación del Gap-Filler.

Tabla 3.3

Presupuesto de implementación de sistema Gap-Filler.

EQUIPOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Gap-Filler Fourth de Series 2HU 150W	1 und.	\$6,450.00	\$6,450.00
Antena Yagui multicanal	1 und.	\$57.14	\$57.14
Cable RG6 más conectores F	15 mt.	S/1.00	\$4.29
Cinta aislante 3M	3 und.	S/9.30	\$2.66
Silicona roja Abro	1 und.	S/9.00	\$2.57
Conector N macho con salida F hembra	1 und.	S/35.00	\$10.00
Conector DIN y N macho de 1/2"	2 und.	S/60.00	\$17.14
Cable hélix de 1/2" Andrew LDF4-50A	35 mt.	S/507.50	\$145.00
Panel de banda ancha UHF Kathrein	1 und.	734.00	\$838.86
UPS Pertel-3KVA	1 und.	\$1,100.00	\$1,100.00
Total			\$8,627.66

Fuente: Elaboración propia.

3.2.10. Ejecución del Sistema Gap-Filler.

La ejecución del sistema Gap-Filler está dividido en dos (02) partes:

- La primera se basa en la configuración del equipo reemisor en laboratorio, se verificará que el equipo cumpla con criterios técnicos establecidos por el estándar ISDB-T, tales como: potencia directa del equipo, ancho de banda, frecuencia asignada del ca-

nal 36 entre otros, todo ello se hace para poder evitar futuras interferencias con otros canales de TDT.

- La segunda parte se basa en la instalación del sistema Gap-Filler piloto en campo, esto es en la estación radiodifusora televisiva del CH12 ubicado en Cerro Los Perros, se priorizará la etapa de aislamiento entre la antena yagui multicanal VHF-UHF con la antena emisora panel Kathrein, toda vez que es en esta etapa donde el equipo podría oscilar si no se toma los criterios técnicos adecuados, es en esta etapa donde se configurará el Cancelador de Ecos DEEC con el valor adecuado.

En la figura 3.36 se presenta el diagrama de las actividades durante la etapa de instalación que compete al área de Operaciones e Ingeniería.

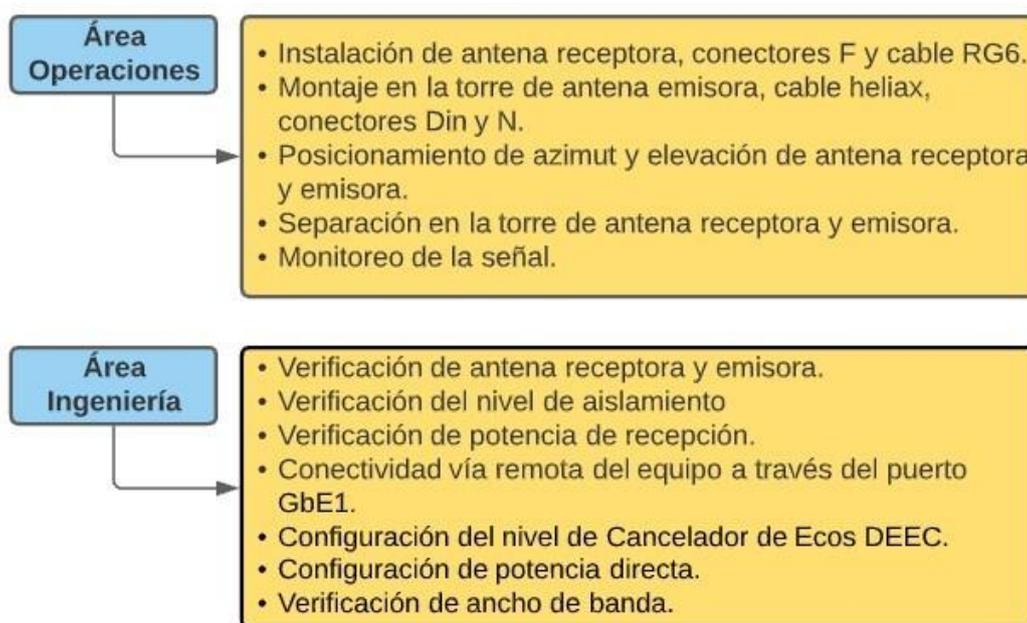


Figura 3.36. Actividades en la etapa de instalación.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.11. Pruebas y configuración en laboratorio del Gap-Filler.

Iniciamos este proceso con el armado del sistema Gap-Filler en laboratorio, esto es solo un prototipo puesto que para la antena emisora usaremos una carga fantasma de 50 ohm que soporta 2.5 KW de potencia, lo cual no requiere ver la etapa de aislamiento con la antena receptora. Este armado nos servirá para configurar en el Gap-Filler parámetros, como: potencia directa del equipo que debe estar en 75 W, ancho de banda de 6 MHz, frecuencia del canal 36 que es 602 a 608 MHz, estándar adoptado por Perú ISDB-T y un valor referencial para el DEEC puesto que en la instalación en campo se verá el valor exacto para este parámetro. Para un mejor panorama acerca del funcionamiento del equipo, se dejó prendido durante tres (03) horas aproximadamente, durante ese lapso se hizo la verificación si presenta fallas para poder contactarnos con fábrica y corregir ello. La actividad mencionada se encarga tanto el área de Laboratorio como Ingeniería, en esta oportunidad Ingeniería con el apoyo del ing. Iñaki, asistente de soporte técnico de la empresa TRedess en España, realizó las configuraciones pertinentes dando como resultado que el equipo Gap-Filler se encuentra en óptimas condiciones para ser instalado en campo.

En la figura 3.37 se muestra el armado del Sistema Gap-Filler en Laboratorio, recalcar que esto es solo un prototipo.

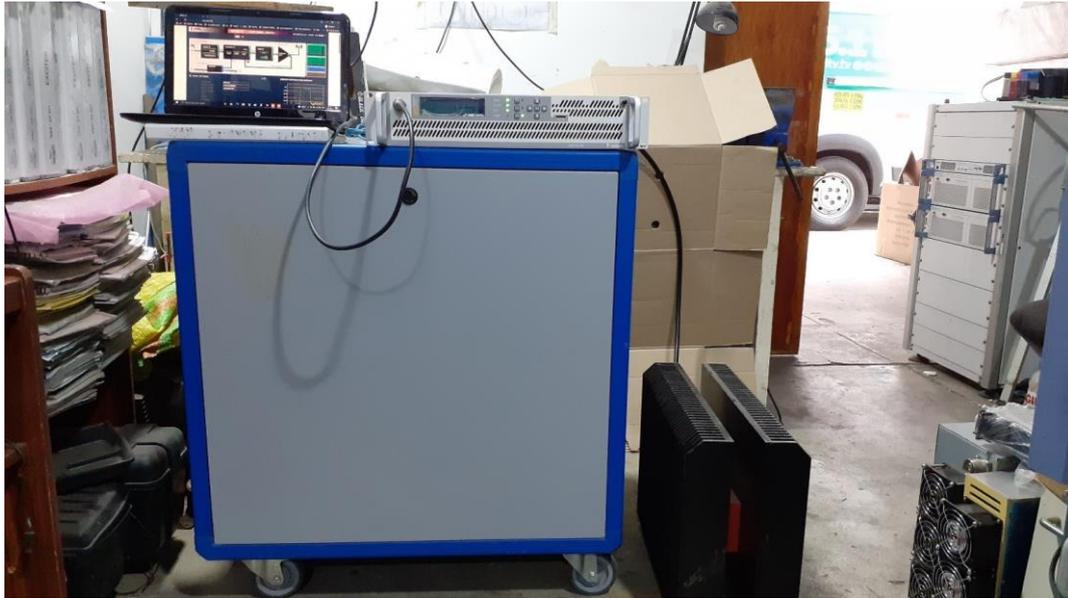


Figura 3.37. Prototipo del Sistema Gap-Filler.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.12. Resultados de la prueba de laboratorio

A través del puerto GbE1 del Gap-Filler se realizó la conexión con una laptop para las diferentes configuraciones vía remota, el nivel de recepción es de -51 dBm el cual es óptimo desde este punto, toda vez que estamos a 12 Km del Cerro Marcavilca, ubicación donde irradia la señal principal de Bethel 25.1. El analizador de espectros que usaremos para la medición es de la marca Siglent SSA 3021X, estando el equipo con vídeo, o sea con señal de entrada se realizó las diferentes configuraciones, se aprecia las miles de portadoras de la señal OFDM ocupando los 6 MHz de ancho de banda permitido según las normas de la ISDB-T, como también se mostró la frecuencia central del canal 36 (605 MHz), se observó que el comportamiento de la señal de salida fue estable en el lapso de las tres (03) horas de prueba, con el cual nos garantiza el buen funcionamiento en campo.

En la figura 3.38 se muestra las diferentes configuraciones realizadas al Gap-Filler vía remoto en pruebas de laboratorio; se asignó la frecuencia central del canal 36, o sea a 605 MHz, como también el ancho de banda permitido de 6 MHz, el estándar ISDB-T y la potencia directa que es de 75 W, el cual varía de ± 0.2 W.

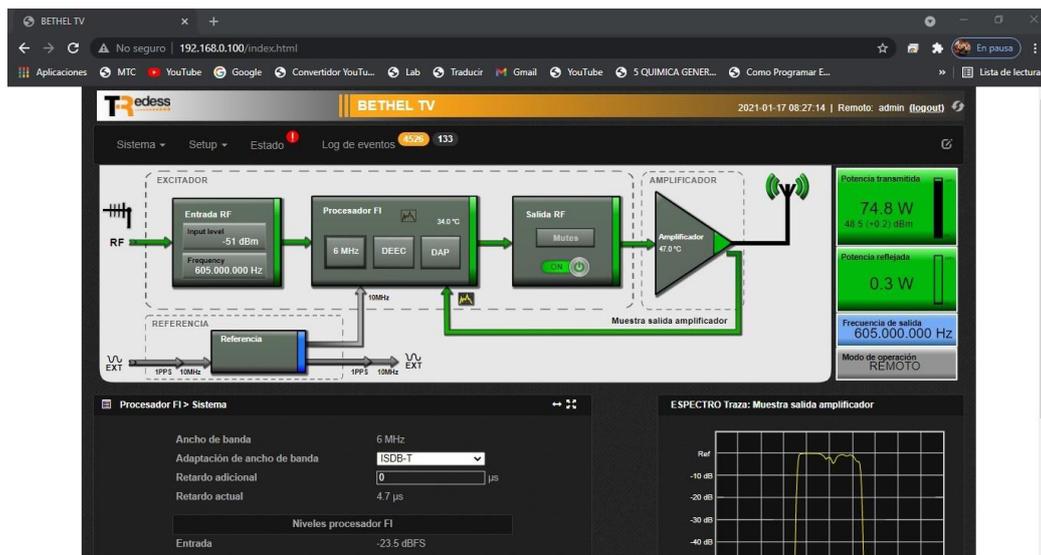


Figura 3.38. Configuración vía remoto al Gap-Filler en pruebas de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.39 se muestra la medición de la señal RF en el analizador de espectros Siglent SSA 3021X en pruebas de laboratorio, registrándose que el Gap-Filler cumple con los parámetros estandarizados para la norma ISDB-T.

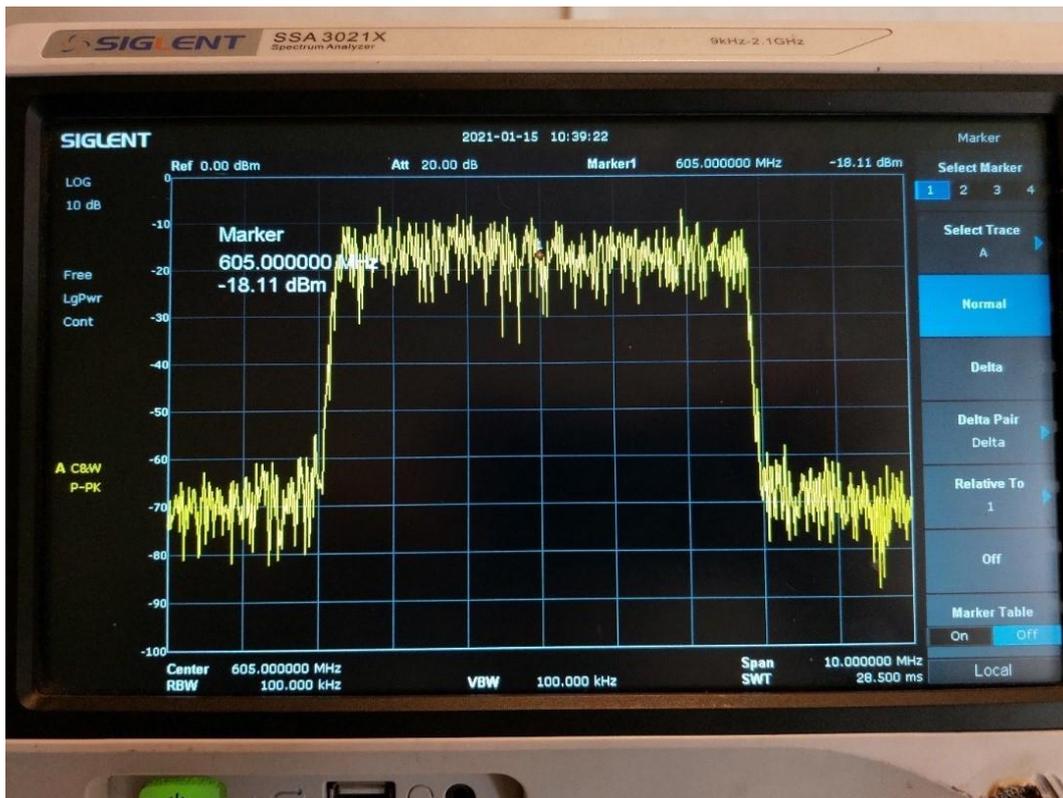


Figura 3.39. Mediciones con analizador de espectros en laboratorio.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.13. Instalación del Sistema Gap-Filler piloto en modo de prueba.

La instalación del sistema Gap-Filler piloto se realizó en la estación radiodifusora televisiva de Ventanilla CH12. Con el apoyo del área de Operaciones e Ingeniería se efectuaron las diferentes actividades descritas en la figura 3.36. La ejecución de la instalación se llevó de manera ordenada de acuerdo a los pasos descritos a continuación:

1. Verificación de antena receptora.

En la instalación de la antena receptora en la torre ventada de 30 m, se tomaron en cuenta los detalles técnicos los cuales fueron descritos en la figura 51. Así como, el adecuado montaje en la parte de las conexiones, esto es con el fin de prevenir que humedad se intro-

duzca en la línea de recepción (cable RG-6) y así evitar futuras fallas en el equipo Gap-Filler. El lugar en mención está a 206 msnm (metros sobre el nivel del mar), esto lo interpretamos que dicho sitio es más propenso a la neblina y vientos, por esta razón el área de Operaciones tomó las medidas del caso realizando un buen ensamblaje tanto en la torre y conexiones de la antena. La antena receptora quedó instalado a una altura de 8 m respecto al suelo, o sea que su cota es de 214 msnm (206 + 8). Se quiso instalar a una altura menor para poder tener una mayor separación respecto a la antena emisora, pero por tema de infraestructura de la caseta ya que había una especie de armazón metálico el cual es para nuestro caso una obstrucción de línea de vista, se instaló a dicha altura de 8 m superando dicho obstáculo. Una vez instalado la antena yagui multicanal VHF-UHF en la torre, se procedió a verificar que el azimut esté orientado al ángulo de 160° , así como la elevación a 0° . Posterior a ello se verificó que el cable RG-6 no tenga algún deterioro, como rotura o doblez. Así como, cerciorarse que el conector F esté sellado con cinta aislante. Aunque la instalación del Gap-Filler piloto será por unos días, se está considerando todas las medidas de seguridad para cada etapa de este sistema, y así tener un panorama más real.

En la figura 3.40 se muestra el montaje de la antena receptora yagui multicanal VHF-UHF en la torre ventada, así como los parámetros asignados.



Figura 3.40. Montaje de la antena yagui multicanal VHF-UHF en la torre ventada.
Fuente: Elaboración propia.

2. Verificación de potencia de recepción.

Respecto a la potencia de recepción se consideró la norma técnica de la ABNT NBR 15604. El cual aprecia el rango de potencia receptiva para tener una buena calidad de un canal de TDT, está estimado que dicha potencia receptiva debe ser menor o igual que -20 dBm y mayor o igual que -77 dBm. Tener una potencia receptiva de -80 dBm hará que simplemente no muestre nada a través de nuestra pantalla de tv. Eso se entiende por el efecto llamado Cliff Digital, el cual a diferencia de la señal analógica donde sí es posible visualizar a una potencia receptiva baja, en digital hay esa brusca ruptura que pasa de ver un programa a no ver nada. La potencia de recepción representa un factor determinante en la parte inicial del sistema Gap-Filler, puesto que es esta señal la que ingresará al equipo para su respectivo tratamiento; que consta de demodularla, regenerarla y amplificarla. El valor de

la potencia de recepción no será estable, ya que la señal que recibirán será la señal abierta de TDT del canal 25.1. Esta señal abierta estará expuesta a factores climáticos adversos, el cual en temporada de neblina o lluvia se verá afectada. Es por ello que en esta etapa se debe considerar el nivel de potencia receptiva a la mitad del rango establecido en la norma de ABNT NBR 15604. Aproximadamente a -48 dBm tendríamos el umbral adecuado para que nuestro sistema Gap-Filler pueda funcionar satisfactoriamente.

En la figura 3.41 se muestra la medición de potencia de recepción de la señal de TDT Bethel 25.1 con el analizador de espectros.

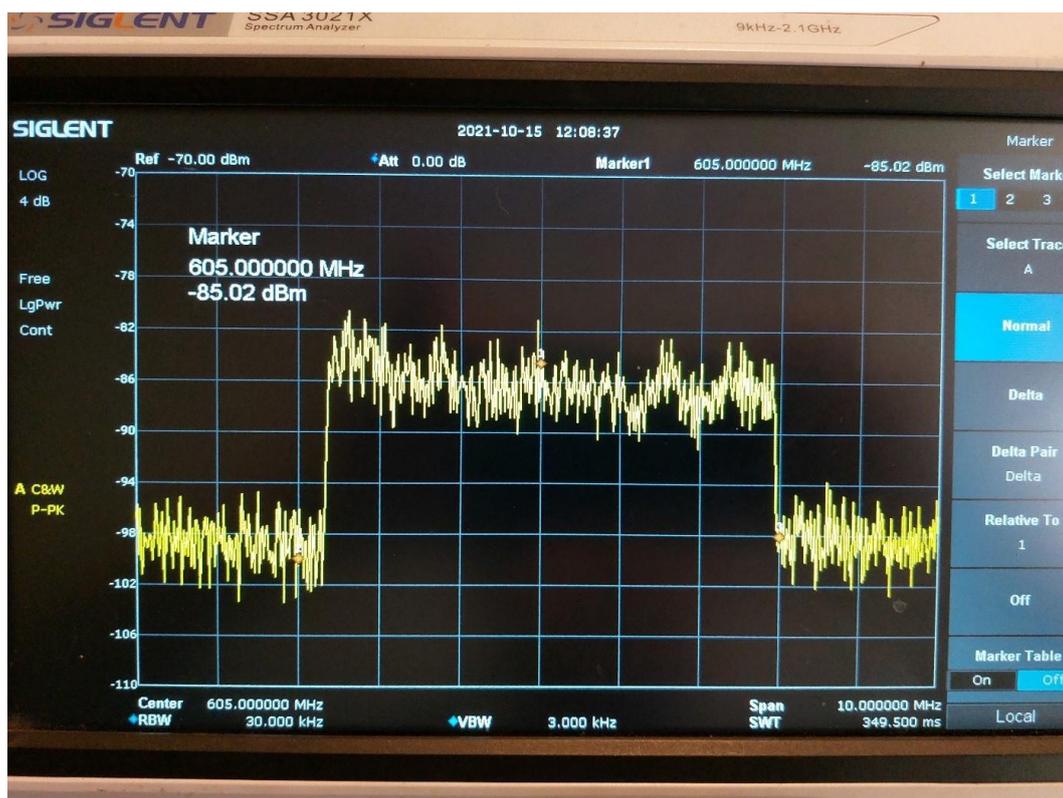


Figura 3.41. Medición de potencia de recepción de la señal TDT 25.1.
Fuente: Elaboración propia.

El analizador de espectros fue configurado con un span de 10 MHz, referencia de -70 dBm, escala a 4 dB y frecuencia central de 605 MHz.

Como se podrá apreciar la medición del canal 36 (Bethel 25.1) en el equipo; el ancho de banda que ocupa el canal en mención es de 6 MHz. Así como, se observa la medición de potencia a la frecuencia asignada de 605 MHz, el cual es de -85.02 dBm. Este valor es la medición de la señal abierta de TDT del canal 25.1 en determinado punto, cerro Los Perros. Ahora bien, mencionado valor que muestra el analizador de espectros está dado por la recepción de la antena yagui multicanal VHF-UHF, o sea este valor está dado por un elemento pasivo. El cual para poder describir la potencia de recepción real se debe de estimar una potencia emitida del mismo equipo. Tal como lo hacen los equipos de medición, emiten cierta potencia para poder captar la señal de radiofrecuencia y así captar la potencia de recepción existente. Por consiguiente, al valor que nos brinda el analizador de espectros se debe de añadir un valor de potencia emitida el cual es de 40 dBm (10 W). Con este valor sumado a la medición que nos brinda el analizador de espectros, tendríamos el valor real de la potencia receptiva, el cual es de -45.02 dBm ($-85.02 \text{ dBm} + 40 \text{ dBm}$).

3. Verificación de antena emisora.

La instalación de la antena emisora fue realizada en la torre ventada de 30 m, lo cual se tomaron en cuenta los detalles técnicos que fueron descritos en la figura 53. De la misma manera que se consideró criterios para evitar humedad dentro de la línea de recepción en la antena yagui multicanal VHF-UHF, así se tomaron las medidas del caso en esta etapa de instalación de la antena emisora, pero con un cierto grado mayor de seguridad. Tal como la conexión del panel

Kathrein con el cable héliax de 1/2" (línea de transmisión), a parte del encintado aislante que se realizó entre el conector DIN hembra (entrada del panel) y el conector DIN macho (conector de cable héliax), se añadió silicona roja para una mayor seguridad ante ingreso de humedad. El énfasis en el sellado es debido a la experiencia vista en otros montajes de sistema radiante, no solo basta con cinta aislante para tener una conexión impecable ante humedad, es necesario añadir cierto elemento que selle esta unión entre la antena y línea de transmisión. La antena emisora quedó instalado a una altura de 23m respecto al suelo, o sea que su cota es de 229 msnm (206 + 23). Se quiso instalar a una altura superior para tener una mayor separación respecto a la antena receptora, pero por tema de su sistema radiante del canal 12 de Ventanilla el cual está compuesto por dos (02) paneles de doble dipolo el cual actualmente está en mantenimiento, por consiguiente no se pudo instalar a mayor altura pues dichas antenas del mencionado canal están a 28 m respecto al suelo. Una vez instalado el panel Kathrein en la torre, se procedió a verificar que el azimut esté orientado al ángulo de 20° , así como la elevación a 0° . Posterior a ello se verificó que el cable héliax no tenga algún deterioro, como rotura o doblez.

En la figura 3.42 se muestra el montaje de la antena emisora Kathrein en la torre ventada, así como los parámetros asignados.



Figura 3.42. Montaje del panel Kathrein en la torre ventada.
Fuente: Elaboración propia.

4. Verificación del nivel de aislamiento.

El nivel del aislamiento tiene como finalidad minimizar el efecto de retroalimentación, el cual es ocasionado cuando la señal emitida de la antena emisora (señal secundaria) es receptionada por la antena receptora del mismo sistema Gap-Filler. Técnicamente y visto en la imagen 54, muy aparte de la señal directa del canal de TDT Bethel 25.1 emitida del Cerro Marcavilca (Morro Solar) y las señales con efecto de multitrayecto, la señal con más potencia que receptionará nuestra antena yagui multicanal VHF-UHF será la del panel Kathrein. Este

problema presentado es comúnmente visto en las redes SFN, puesto que la señal emitida (señal secundaria) es la misma que la señal de origen (señal primaria), pero con un mínimo retardo.

La verificación del nivel de aislamiento se da antes del montaje de la antena yagui multicanal VHF-UHF y panel Kathrein en la torre ventada de 30 m. Estas antenas antes de ser instaladas por el técnico de campo del área de Operaciones, a recibido parámetros técnicos facilitados por el área de Ingeniería. Dichos parámetros son: considerar una separación de antenas a 20 m, antena receptora orientada a azimut 160° y elevación 0° , antena emisora orientada a azimut 20° y elevación 0° y el nivel del Cancelador de Ecos DEEC considerado a 17 dB de acuerdo a nuestro diseño. Con estas disposiciones nuestro sistema Gap-Filler operaría sin ningún inconveniente. El área de ingeniería es la encargada de realizar el diseño así como verificar que el técnico de campo haya cumplido rigurosamente los parámetros ya mencionados. Como se vio párrafos arriba, se constató las diferentes orientaciones y elevaciones que cumplen ambas antenas. Con ello y de acuerdo a las características de cada antena respecto a su patrón de radiación, tendríamos 15 dB añadido a nuestro nivel de aislamiento. En cuanto a pérdida básica de transmisión en el espacio libre, se verificó que la antena yagui multicanal VHF-UHF se sitúa a una cota de 214 msnm y la antena emisora Kathrein a 229 msnm. Con esto tendríamos una separación de 15 m ($229 - 214$) y por consiguiente nuestra pérdida por espacio libre sería de 51.56 dB. Sumando nuestro Cancelador de Ecos DEEC tendríamos un nivel de aislamiento de

83.56 dB.

En la figura 3.43 se muestra el montaje de la antena receptora yagui multicanal VHF-UHF y panel Kathrein en la torre ventada de 30 m.



Figura 3.43. Montaje de la antena yagui y Kathrein en la torre ventada.

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de aislamiento depende de tres (03) parámetros importan-

tes: pérdida básica de transmisión en el espacio libre, ganancia de acorde al patrón de radiación de cada antena y el Cancelador de Ecos DEEC. Como se podrá apreciar, las pérdidas en el espacio libre aportan un buen nivel de ganancia para nuestro aislamiento. Y este parámetro depende de la separación de ambas antenas, mientras más separadas estén, se tendrá mayor ganancia y viceversa. Si bien es cierto que se estimó en nuestro diseño una separación de 20 m, pero por detalles descritos anteriores no es posible; sin embargo, con la separación de 15 m tendríamos de la misma manera un aislamiento apropiado para nuestro sistema.

5. Verificación de potencia directa y reflejada.

Como bien se habló en la etapa de diseño, nuestro equipo Gap-Filler Fourth Series 2HU puede llegar a operar hasta su potencia nominal de 150 W, pero para nuestro caso será configurado a una potencia directa de 75 W. En cuanto al umbral de la potencia reflejada, ésta no debe superar los 5 W de acorde a experiencias que se obtuvo en otras instalaciones a una potencia directa menor a 100 W. Antes de poder prender nuestro Gap-Filler, se optó por un equipo que sirva de sistema de protección eléctrica para evitar fallas en cuanto a la tensión. Para esto se consideró un UPS de la marca Pertel de capacidad 3 KVA (ver anexo 0.9), lo cual es óptimo para nuestro Gap-Filler puesto que solo requiere 665 VA de acorde al manual técnico del Gap-Filler Fourth Series 2HU de la empresa TRedess (ver anexo 0.10).

Una vez que se ha realizado los pasos descritos, el área de inge-

nería es la encargada de iniciar con el prendido del equipo Gap-Filler, no sin antes poder dar una última revisión a las conexiones de entrada (cable RG-6) y salida (cable héliax). Estando el equipo prendido se procederá a realizar la conexión vía local a través del puerto GbE1 del Gap-Filler, para ello se usó un cable de red directo.

En la figura 3.44 se muestra la parte trasera del Gap-Filler, así como la conexión del cable de red al puerto GbE1 del equipo.



Figura 3.44. Conexión de cable de red con puerto GbE1 del Gap-Filler.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.45 se muestra la IP para poder acceder al Gap-Filler vía local. Dicha dirección IP viene ya establecida por fábrica, el cual para el equipo es de 192.168.001.001. El dato numérico ID último puede estar en el rango de 2 hasta 255. Para nuestro caso usamos la ID 23.

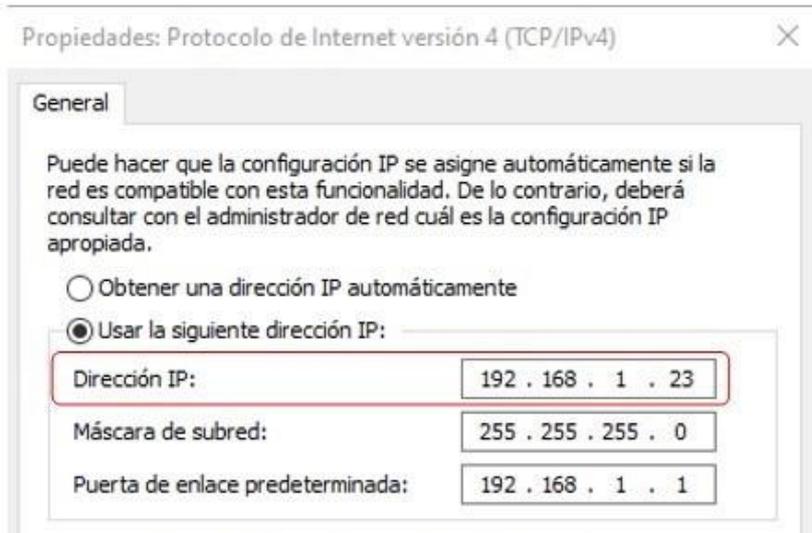


Figura 3.45. Dirección IP para tener acceso al Gap-Filler.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.46 se muestra el acceso exitoso a la plataforma dinámica del Gap-Filler. Mediante el navegador Google Chrome se anotó la IP 192.168.001.001 el cual se logró establecer conexión. Antes de poder ingresar a la plataforma se debe de ingresar el usuario y contraseña que por defecto de fábrica es admin.

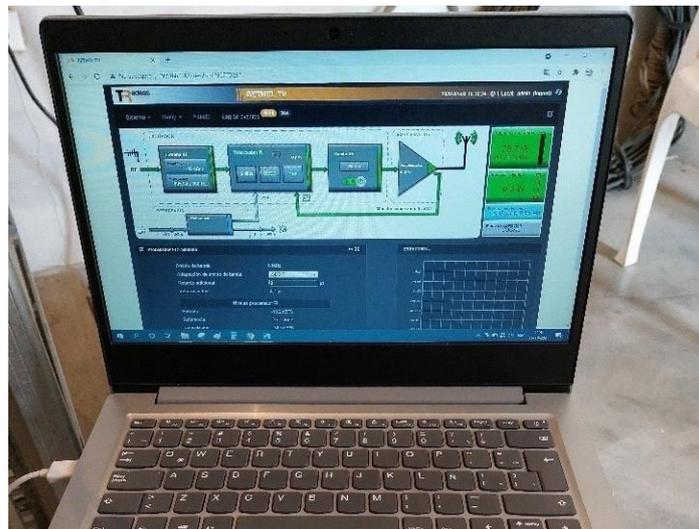


Figura 3.46. Acceso a la plataforma dinámica del Gap-Filler.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.47 se muestra la configuración de potencia directa a través de la plataforma mencionada. Así como, se observa los demás parámetros ya establecidos en pruebas de laboratorio. Visto que todo esté conforme se procedió a poner en marcha el Gap-Filler, emitiendo potencia directa a 75 W. Después de ello se observó que la potencia de retorno o reflejada está dentro del umbral establecido. Con ello estamos reiterando la buena instalación realizada por el área de Operaciones.

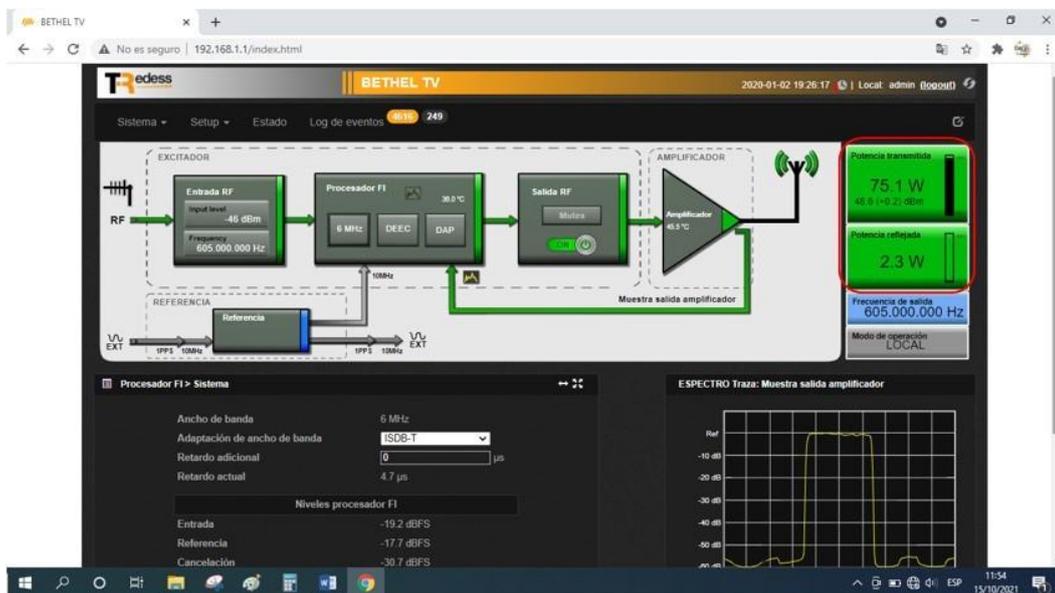


Figura 3.47. Configuración de potencia directa a través de la plataforma del Gap-Filler.

Fuente: Elaboración propia.

6. Verificación de ancho de banda.

El ancho de banda asignado para la radiodifusión televisiva según el MTC, ya sea analógica o digital, es de 6 MHz. Dicho parámetro es un factor clave para evitar interferencias entre los canales. Por ende es de importancia poder cumplir determinado espacio asignado. Bethel 25.1 HD tiene asignado el canal 36 para realizar la emisión

de su señal TDT, es decir que en el rango de frecuencia de los 602 MHz hasta 608 MHz debe realizar su transmisión digital. Para poder realizar la verificación del ancho de banda de la señal RF de salida, existen dos (02) maneras de poder realizar dicha comprobación.

La primera es a través de la plataforma del Gap-Filler, el cual mediante la opción del Procesador FI se puede apreciar ello. Así como, se puede asignar diferentes estándares puesto que dicho equipo tiene la capacidad de operar en cualquiera de ellos. Para nuestro caso es el estándar ISDB-T con un ancho de banda asignado de 6 MHz. El área de Ingeniería es la encargada de realizar las diferentes configuraciones mencionadas y de ese modo poder dar el resultado de la óptima operatividad del equipo. El área en mención comprobó a través de una gráfica que simula un analizador de espectros en la plataforma del Gap-Filler, el cual se observa que mediante un span de 20 MHz el espectro de la señal ocupa tres (03) cuadros aproximadamente. Considerando que existen 10 cuadros, cada cuadro tiene un espacio de 2 MHz, por consiguiente los 3 cuadros que muestra nuestra señal RF es de 6 MHz (3 cuadros*2 MHz).

En la figura 3.48 se muestra la gráfica que simula un analizador de espectros en la plataforma del Gap-Filler, también se observa el estándar ISDB-T asignado así como el ancho de banda de 6 MHz. Como se podrá apreciar en la imagen, dicho espectro de la señal RF de nuestro equipo Gap-Filler cumple con el espacio asignado de 6 MHz, en consecuencia se puede estipular que la operatividad del ca-

nal 25.1 Bethel HD en el distrito materia de estudio (Ventanilla) no causaría algún inconveniente técnico o interferencia alguna.

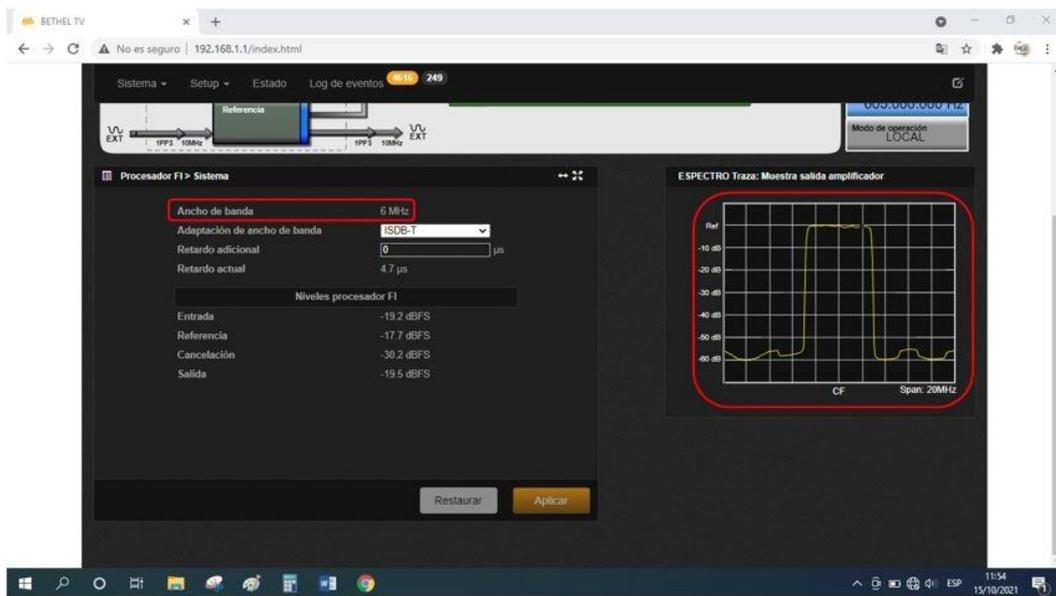


Figura 3.48. Ancho de banda vista por plataforma del Gap-Filler.

Fuente: Elaboración propia.

La segunda manera de verificar que nuestro sistema Gap-Filler cumpla con el ancho de banda asignado de 6 MHz es a través de un analizador de espectros. Para ello contamos con un analizador de espectros de la marca Siglent SSA 3021X. Con la ayuda de un pequeño cable coaxial el cual está compuesto de un extremo con un conector RF macho y el otro extremo un conector N macho. El Gap-Filler tiene un conector RF hembra de salida, el cual se conecta un extremo de nuestro cable coaxial; el otro extremo se conecta en el conector N hembra que tiene nuestro analizador Siglent SSA 3021X. Con las conexiones hechas se procedió a prender el analizador de espectros. Configurando el span a 10 MHz, nivel de potencia de referencia a 0 dBm y a una escala de 10 dB, es posible visualizar el espectro de nuestra señal RF. También se realizó con la opción Marker de nues-

tro analizador la configuración para tres (03) frecuencias, el cual es la frecuencia central, la frecuencia inferior y superior del canal 36. Con ello el panorama de nuestra señal RF del canal 36 es más amplio. En el espacio de dos (02) horas se verificó en el analizador espectros la óptima funcionalidad del Gap-Filler. No mostrando algún corrimiento de frecuencia, sino por el contrario la estabilidad del ancho de banda.

En la figura 3.49 se muestra la participación del personal del área de Ingeniería realizando la configuración del analizador de espectros Siglent SSA 3021X. Dicha configuración se realizó con los parámetros ya mencionados



Figura 3.49. Configurando el analizador de espectros Siglent SSA 3021X.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.50 se muestra el espectro de nuestra señal RF del Gap-Filler a través de nuestro analizador de espectros Siglent SSA

3021X. Se observa el cumplimiento del ancho de banda de 6 MHz asignado para el canal de TDT Bethel 25.1.



Figura 3.50. Medición de la señal RF del Gap-Filler con analizador.
Fuente: Elaboración propia.

7. Verificación del nivel de Cancelador de Ecos.

El nivel de cancelador de Ecos DEEC es añadido al sistema Gap-Filler para poder brindar el adecuado aislamiento y así evitar que el equipo oscile. Este parámetro es de suma importancia ya que con esta técnica novedosa es posible cancelar el eco de retroalimentación. Como hemos visto en la figura 3.33, el eco o señal con más potencia que ingresa a nuestro sistema Gap-Filler es proveniente de la antena emisora del mismo sistema, o sea proviene del panel Kathrein. La atenuación de este eco o señal lo realiza nuestro Gap-Filler a través de este método novedoso Cancelador de Ecos DEEC. El área de Ingeniería se encargada de realizar la configuración adecuada y así

verificar que nuestro sistema Gap-Filler esté en óptimas condiciones técnicas. A través de la plataforma del Gap-Filler se realizaron las diferentes configuraciones. Como se vio en la etapa de diseño, el nivel adecuado para que nuestro sistema Gap-Filler opere sin ningún inconveniente era estimando el valor del DEEC a 17 dB. En la práctica se estipuló configurar este valor del DEEC a 11.3 dB, como nivel inicial para nuestra prueba. Por el plazo de dos (02) horas se verificó la óptima operatividad de nuestro sistema sin causar algún desperfecto en el equipo Gap-Filler o que pueda oscilar. Por consiguiente y viendo el escenario de funcionamiento de nuestro sistema, el valor del DEEC se dejó en 11.3 dB.

En la figura 3.51 se muestra el nivel de Cancelador de Ecos DEEC al cual fue configurado. Como se podrá apreciar en la ventana de respuesta al impulso - Ventanas de cancelación, en la sección de entrada se visualiza las diferentes señales que ingresan a nuestro sistema. El cual se puede deducir que la señal con más potencia es proveniente de la antena emisora panel Kathrein. Con la técnica novedosa de Cancelador de ecos DEEC es posible atenuar este eco de retroalimentación y dar como resultado que nuestro sistema Gap-Filler opere sin ningún inconveniente.

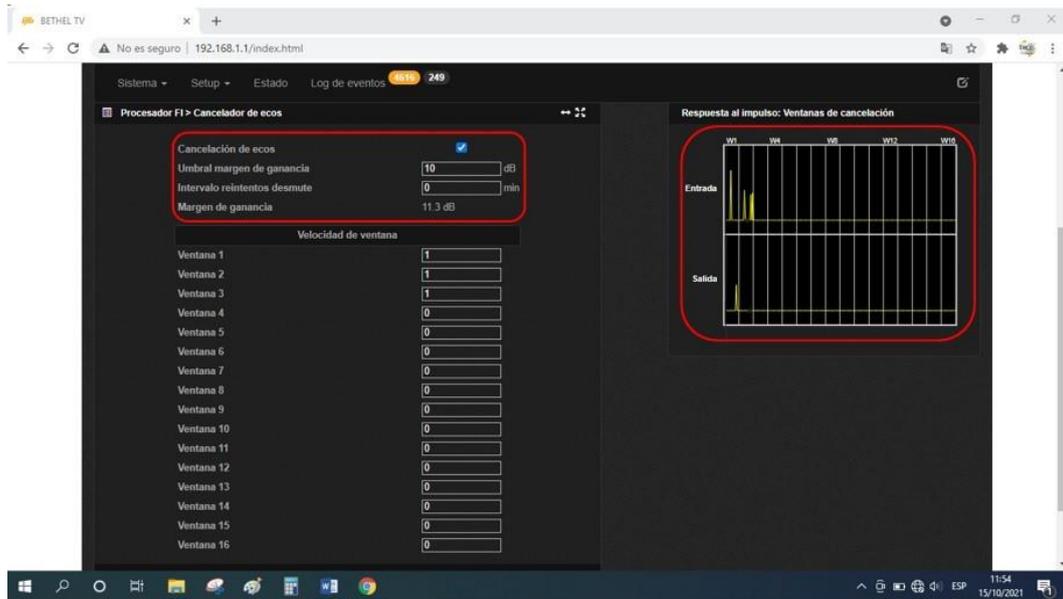


Figura 3.51. Nivel de Cancelador de Ecos DEEC.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.52 se muestra el escenario del Cancelador de Ecos DEEC, el cual el equipo Gap-Filler emitiendo a una potencia de 75.1 W no está presentando fallas técnicas. Si bien es cierto que el nivel del cancelador de ecos DEEC se podría estimar a un mayor valor de hasta 20 dB, pero para el escenario presentado ya no es necesario; de ese modo estaríamos configurando el nivel del cancelador de ecos DEEC a un valor del 56.5 % de su capacidad total.

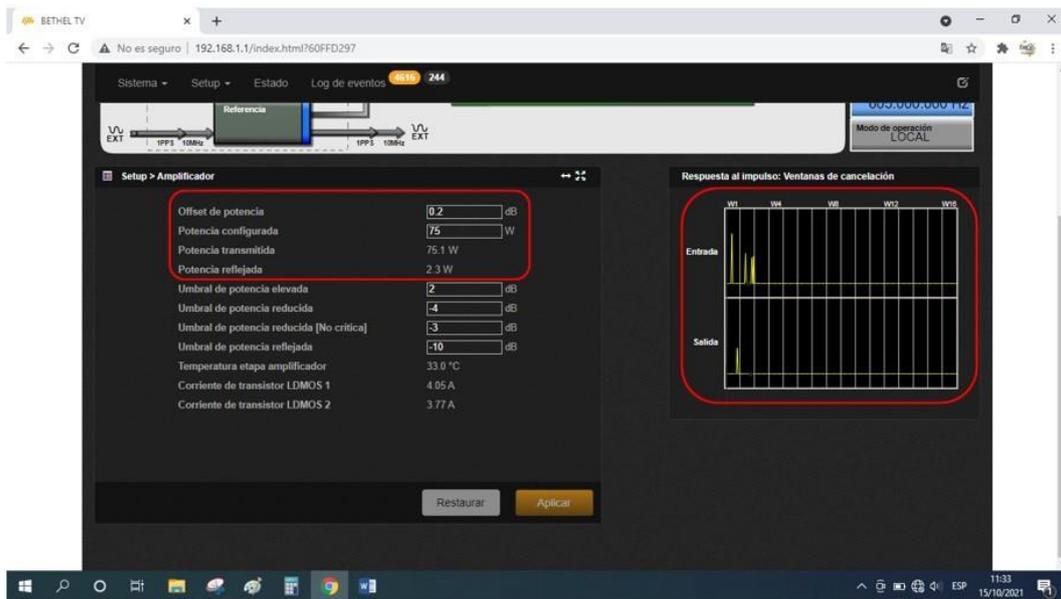


Figura 3.52. Operatividad óptima con el DEEC adecuado.
Fuente: Elaboración propia.

Después de haber realizado la instalación del Gap-Filler piloto, y verificando la óptima funcionalidad en cada etapa del proceso. Se certifica que el sistema Gap-Filler está en óptimas condiciones para que pueda estar instalado y opere sin ningún problema. Pero por tema del MTC el cual en el Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú no incluye a las redes SFN, no es posible dejar operando nuestro sistema Gap-Filler. Sin embargo, y viendo los escenarios de diferentes países el cual la misma ITU recomienda la inclusión de las redes SFN para un sistema de TDT. Se está a la espera que dicha norma de las redes SFN pueda ser publicado por el ente rector encargado de las telecomunicaciones en Perú, MTC.

Es conveniente añadir que aún existen ciertas brechas para llegar a un avance con la TDT en Perú. Por consiguiente se espera el interés de parte del MTC la promulgación de las redes SFN o isofrecuencial,

el cual puedan estar incluidas para el Territorio 1 (Lima y Callao).

En la figura 3.53 se muestra la instalación finalizada del sistema Gap-Filler piloto en la torre ventada de la planta transmisora del canal de radiodifusión televisiva CH12 de Ventanilla, ubicado en Cerro Los Perros.



Figura 3.53. Instalación del Sistema Gap-Filler piloto en Cerro Los Perros, Ventanilla.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.54 se muestra la instalación finalizada del sistema Gap-Filler piloto en la caseta de la planta transmisora del canal de radiodifusión televisiva CH12 de Ventanilla, ubicado en Cerro Los Perros.



Figura 3.54. Instalación en caseta del sistema Gap-Filler piloto.
Fuente: Elaboración propia.

3.3. Resultados

Mediante mediciones de potencia receptiva en diferentes puntos del distrito de Ventanilla se hizo la validación de la señal de TDT Bethel 25.1 HD de nuestro sistema Gap-Filler. Es decir, las mediciones deben estar en el rango de -20 dBm a -77 dBm para considerar una óptima recepción, según las normas de la ABNT NBR 15604 - Receptores. El tipo de prueba consiste en medir el nivel de potencia receptiva con la

ayuda del analizador de espectros Siglent SSA 3021X, 3 m de cable RG-6 con sus respectivos conectores F macho y una antena yagui de 10 elementos (ver anexo 0.11). La metodología realizada será la misma que se usó para medir la potencia receptiva de nuestra antena yagui multicanal VHF-UHF.

Por otro lado, también se verificará la frecuencia central asignada del canal 36 (605 MHz). Así como, el ancho de banda de 6 MHz normalizado para la radiodifusión de TDT. Al tratarse de mediciones de la señal digital abierta se debe considerar que ante la presencia de algún obstáculo como alguna casa de edificación que interpone la línea de vista entre la ubicación del receptor y la ubicación del Gap-Filler (Cerro Los Perros). La antena receptora debe estar situado en la azotea de dicho inmueble, si el caso fuera un receptor fijo. Así como, la orientación de dicha antena debe ser hacia el mencionado cerro. Se debe tratar lo más que se pueda que la antena receptora tenga línea de vista hacia dicho cerro.

En la figura 3.55 se muestra la medición de potencia receptiva en Pachacutec, dicha ubicación del predio está a casi 6.5 Km del Cerro Los Perros. Como se podrá apreciar, existe una distorsión de la señal RF y esto es debido a una vivienda que tenía una mayor altitud. Pero esto no quita la óptima recepción de la señal del canal 36. Estando configurado el analizador de espectros a span 10 MHz, potencia de referencia a -73.8 dBm y a una escala de 2 dB, se aprecia que la señal RF del canal 36 está cumpliendo con el ancho de banda asignado de 6

MHz. En cuanto a la potencia medida, es de -84.18 dBm; pero como hemos visto en el análisis de potencia receptiva de la antena yagui multicanal VHF-UHF, a este valor se debe de sumar 40 dBm (10 W). Con ello estaríamos considerando que en determinado lugar la señal RF del canal Bethel 25.1 HD tiene una potencia receptiva de -44.18 dBm.

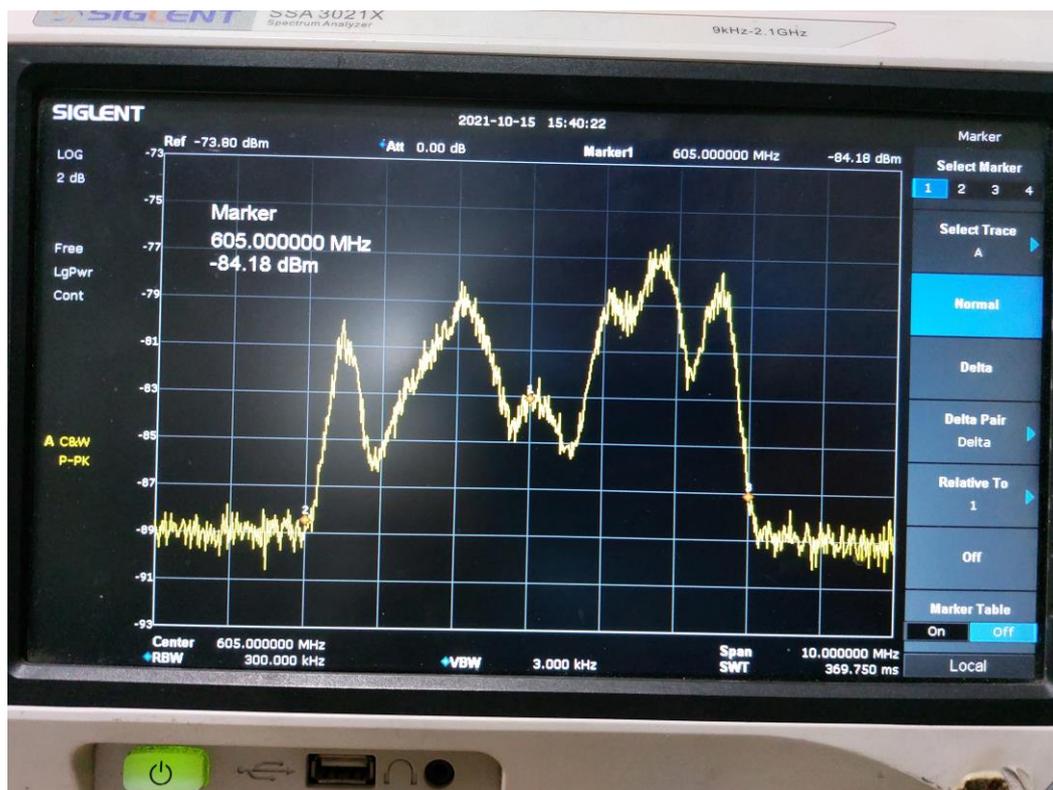


Figura 3.55. Medición de potencia receptiva en Pachacutec.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.4 se muestra las mediciones de potencia de recepción hechas en diferentes sitios pertenecientes al distrito de Ventanilla. Como se podrá ver, la RF del canal Bethel 25.1 el cual emite el Gap-Filler, llega a cubrir a una población considerable del distrito materia de estudio. Se puede concluir que la señal abierta digital del canal Bethel 25.1 HD tiene un alcance favorable, toda vez que las mediciones de potencia de recepción realizadas están en el rango aceptable según

las normas de la ABNT NBR 15604 - Receptores.

Tabla 3.4

Potencia de recepción en distintos lugares de Ventanilla.

LUGAR	COORDENADAS	DISTANCIA	POTENCIA CON ANALIZADOR	POTENCIA DE RECEPCIÓN
Satélite	S11°52'22.45" W77° 7'15.52"	2.6km	-74.02dBm	-34.02dBm
Mi Perú	S11°51'22.34" W77° 7'41.61"	4km	-79.15dBm	-39.15dBm
Oasis	S11°51'10.83" W77° 8'50.46"	4.5km	-84.41dBm	-44.41dBm
José Olaya	S11°50'20.29" W77° 7'32.82"	5.9km	-81.42dBm	-41.42dBm
Pachacutec	S11°49'59.62" W77° 8'42.43"	6.6km	-84.18dBm	-44.18dBm
Sector E	S11°50'16.15" W77° 9'45.33"	6.7km	-89.34dBm	-49.34dBm

Fuente: Elaboración propia.

El sistema Gap-Filler piloto estuvo operando por el espacio de una semana en el distrito de Ventanilla sin causar inconveniente alguno a otras estaciones de radiodifusión televisiva, ya sea analógica o digital. La instalación de este sistema en modo de prueba era necesario para poder tener un escenario más real. Así como, se pudo constatar lo viable y óptimo que sería el funcionamiento de este sistema una vez operando. Por lo tanto, es de mucho aporte para el canal de TDT Bethel 25.1, el cual desea ampliar su cobertura. No solamente al distrito materia de estudio, sino a otros lugares que carecen de señal digital abierta. Con los valores obtenidos en el cuadro anterior se garantiza un correcto rendimiento y capacidad requerida al servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre para su pronta operatividad. Por tal motivo dicha propuesta de instalación de un sistema Gap-Filler cumple con los estándares requeridos para que las redes SFN o isofrecuencial pueda ser normalizado por el ente encargado de la radiodifusión, MTC.

Conclusiones

- En el diseño del sistema Gap-Filler se verificó tanto en teoría como en práctica lo óptimo que es el Cerro Los Perros-Ventanilla, puesto que mencionado sitio recibe una potencia receptiva de -45.02 dBm de la señal RF Bethel 25.1. Así como, se estimó el nivel de separación que debe de tener la antena receptora y emisora del sistema, el cual es de 15 m; con ello se tiene un aislamiento apropiado para el buen rendimiento del Gap-Filler.
- De la implementación realizada del sistema Gap-Filler en modo de red SFN, se puede concluir que existe una mínima diferencia respecto a los valores estipulados de los cálculos teóricos como en la práctica, lo cual es beneficioso y con ello hace que este sistema pueda ser replicado en otros sitios que carecen de señal de TDT. Siempre y cuando se consideren los parámetros adecuados que fueron descritos en el presente trabajo.
- De las pruebas realizadas para poder validar el rendimiento del sistema Gap-Filler, se puede apreciar que la señal digital abierta puede llegar hasta 6.6 Km obteniendo una potencia receptiva de -44.18 dBm. Por tan razón, este novedoso sistema es lo más factible para poder ampliar la cobertura de un canal TDT.

Recomendaciones

- Para que los usuarios portátiles puedan tener también acceso a la señal digital abierta en Ventanilla, se recomienda la pronta adquisición del Encoder Envivio A 4Caster, puesto que este equipo a parte de generar una señal de salida en HD para el servicio full-seg, también genera una señal de salida para el servicio one-seg.
- Se recomienda añadir un panel más al sistema radiante del Gap-Filler, esto es con el fin de poder abarcar a una mayor población del distrito de Ventanilla.
- Para poder realizar pruebas de señal abierta es conveniente que se pueda adquirir un medidor de campo de la marca Promax Ranger Neo4, puesto que este equipo a parte de poder medir la potencia de recepción, muestra un panorama más amplio de la señal RF.

Bibliografía

- ABNT (2007). Televisión digital terrestre - sistema de transmisión isdb-tb.
- Beutler, R. (2011). *The digital dividend of terrestrial broadcasting*. Springer Science & Business Media.
- Cardama, Á., Jofre, L., Rius, J. M., Romeu, J., Blanch, S., and Ferrando, M. (2002). Antenas. *Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Chen, M., Xiao, X., Yu, J., Li, F., Huang, Z. R., and Zhou, H. (2016). Demonstration of software-reconfigurable real-time fec-enabled 4/16/64-qam-ofdm signal transmission in an x-band rof system. *IEEE Photonics Journal*, 8(2):1–8.
- Esperante, P. G., Akamine, C., and Bedicks, G. (2016). Comparison of terrestrial dtv systems: Isdb-tb and dvb-t2 in 6 mhz. *IEEE Latin America Transactions*, 14(1):45–56.
- Furht, B. and Ahson, S. A. (2008). *Handbook of mobile broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, and mediaflo*. CRC Press.
- INEI (2019). Compendio estadístico: Provincia constitucional del callao 2019.

ITU (2016). Handbook on digital terrestrial television broadcasting networks and systems implementation.

ITU-R P.1546 (2019). Recomendación uit-r p.1546-6 - métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 4000 mhz.

ITU-R P.525 (2019). Recomendación uit-r p.525-4 - cálculo de la atenuación en el espacio libre.

Kumar, A. and Weiss, S. M. (2012). *Implementing Mobile TV: ATSC Mobile DTV, MediaFLO, DVB-H/SH, DMB, WiMAX, 3G Systems, and Rich Media Applications*. Routledge.

Laban, J. L. and Berrios, J. G. (2015). Diseño de una cabecera satelital dvb-s2 en la ciudad de lima orientada la retransmisión nacional de la señal emitida por los canales locales de tdt de bajo presupuesto.

Marianov, V. and Eiselt, H. A. (2012). Transmitter location for maximum coverage and constructive–destructive interference management. *Computers & Operations Research*, 39(7):1441–1449.

Matamoros, R. A. (2011). Análisis técnico y de mercado para una infraestructura de tdt propuesta para lima metropolitana bajo sbtvd.

Mayorga, M. A. (2013). La televisión digital terrestre en el Perú: contexto actual y políticas públicas para su desarrollo.

MTC (2003). Resolución ministerial n°358-2003-mtc/03.

MTC (2010). Decreto supremo n°017-2010-mtc/03.

MTC (2017). Decreto supremo n° 020-2017-mtc.

MTC (2020). Decreto supremo nº 006-2020-mtc.

OCDE (2016). *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: un manual para la economía digital*. OECD Publishing.

Ortuño, P. A. H., Villada, P. A. R., and Romera, C. S. N. (2009). *La televisión digital terrestre en Murcia: informe técnico sobre la situación y oportunidades de implantación de la televisión digital terrestre en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*, volume 11. Comunicación Social.

Palomares, J. A. (2017). Estudio de factibilidad de los parámetros necesarios para la implementación de un canal de televisión para la universidad católica de santa maría.

Ponce, L. B. (2015). Estudio de ingeniería para implementar el servicio de televisión digital terrestre en las zonas periféricas de la ciudad de lima.

Ramírez, R. (2005). *Sistemas de radiocomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, SA.

Richardson, I. E. (2011). *The H. 264 advanced video compression standard*. John Wiley & Sons.

Ruiz (2002). Televisión digital y por satélite - tecnología de los receptores de televisión digitales y digitalizados.

Shoji, Y., Choi, C.-S., and Ohta, H. (2010). 60-ghz repeater link for an isdb-t gap-filler system based on self-heterodyne technique applying an adaptive distortion suppression technique. *IEEE transactions on microwave theory and techniques*, 58(2):340–347.

Tomási, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. cuarta edición. *DeVry Institute of Technology, Phoenix, Arizona*.

Anexos

0.1. Anexo 1

Características ISDB-T del Remux BTS R&S AVG050.

Version 09.00, July 2017

ISDB-T parameters

Transmission		
Transmission mode		mode 1 (8k); mode 2 (4k); mode 3 (2k)
Guard interval		1/4; 1/8; 1/16; 1/32
Modulation		QPSK; 16QAM; 64QAM
FEC rate		1/2; 2/3; 3/4; 5/6; 7/8
Time interleaving		off, approx. 100 ms (4/2/1), approx. 200 ms (8/4/2), approx. 400 ms (16/8/4)
Hierarchical transmission	for partial reception of 1seg/SD/HD	layer A; layer A+B; layer A+B+C
Number of segments		1 to 13
Generation of IIP	ISDB-T information packet	automatic

PSI/SI generation			
PSI/SI	configurable PSI/SI table generation and table repetition cycle	PAT, PMT, NIT, SDT, BIT, TOT	
PAT parameters	PID	fixed (0x00)	
PMT parameters	PID	configurable	
	program loop descriptor bypass	configurable bypass of all descriptors in program info loop from PMT of user selectable input service	
	ES loop descriptor bypass	configurable bypass of all descriptors in ES info loop from PMT of input service (user configurable per elementary stream)	
	descriptors	stream identifier descriptor (0x52) generated for all stream types (with user selectable component lag) data component descriptor (0xFD) generated for captioning (0x06) only AAC audio descriptor (0x7C) generated for MPEG-4 AAC audio (0x11) only	
NIT parameters	PID	fixed (0x10)	
	descriptors	network name descriptor (0x40) system management descriptor (0xFE) TS information descriptor (0xCD) service list descriptor (0x41) partial reception descriptor (0xFB) terrestrial delivery system descriptor (0xFA)	
	SDT parameters	PID	fixed (0x11)
	descriptors	service descriptor (0x48) only	
	BIT parameters	PID	fixed (0x24)
descriptors	SI parameter descriptor (0x27), service list descriptor descriptor (0x41), extended broadcast descriptor (0xCE) and broadcaster name descriptor (0xD8) only		
TOT parameters	PID	fixed (0x14)	
	descriptors	local time offset descriptor (0x58)	
	reference time	selectable from UTC -12 to UTC +12 in one hour increments	
TOT UTC time	option to use external NTP server for high accuracy		

0.2. Anexo 2

R.D. N°0227-2007-MTC/28, aprueba a Bethel un enlace microondas terrestre.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

R.D. N° 0227 -2007-MTC/28

ANEXO

Descripción de las estaciones a que se refiere el informe N° 0455 - 2007 -MTC/28

EMPRESA	: ASOCIACION CULTURAL BETHEL S.A.C.	
SERVICIO	: Fijo Terrestre (Enlace Auxiliar a la Radiodifusión)	
I ESTACION	: FX	
UBICACION	: TX: AV. 28 DE JULIO N° 1781 LA VICTORIA, LIMA, LIMA L.O.: 077W0126,40 L.S.: 12S0343,40 RX: CERRO MARCAVILCA (MORRO SOLAR) CHORRILLOS, LIMA, LIMA L.O.: 077W0135,20 L.S.: 12S1054,60	
INDICATIVO	: OCHB-71	
FRECUENCIA(S) (MHz)	: TX: 12 887,500	
H. OPERACION	: 00:00-24:00 Hrs.	
POTENCIA	: 30 dBm	
TIPO DE EMISION	: 7M00C3F	
EQUIPO:	ESTUDIO (Transmisor)	
C. HOMOLOG.	: TRTV10735	---
MARCA	: ELBER	ELBER
MODELO	: TMC 1000/13	TMC R/13
SERIE	: ---	---
POTENCIA	: +30 dBm ± 1dB	
RANGO DE FREC.	: 12700 MHz - 13200 MHz	12 700 MHz - 13 200 MHz
SIST. IRRADIANTE:		
TIPO ANTENA	: Antena parabolica	Antena parabolica
MARCA	: ANDREW	ANDREW
MODELO	: 1.2M (P4-122D)	1.2M (P4-122D)
GANANCIA (dBi)	: 41.9	41.9
ALTURA(S) (mts)	: TORRE : 50	TORRE : 50
	EDIFICIO : 0	EDIFICIO : 0
APROBADO PARA	: RENOVACION, CAMBIO DE EQUIPO	




1/1

0.3. Anexo 3

Especificaciones técnicas del equipo Elber Reble310.

ESPECIFICACIONES

General

Configuración:	Conversión Directa de Frecuencia
Frecuencia central:	5.0 - 5.5 GHz 5.8 - 7.2 GHz 7.2 - 7.8 GHz 9.5 - 10.8 GHz 10.7-11.8 GHz 12.7 - 13.2 GHz 14.0-15.3 GHz
Resolución de Frecuencia:	250 kHz
Estabilidad de Frecuencia:	± 2.5 ppm
Conectores RF:	5 N(f) 6L N(f) /IEC UER 70 6U N(f) /IEC UER 70 7 N(f) 10 IEC UBR 120 11 IEC UBR 120 13 IEC UBR 120 14 IEC UBR 140
RF Return Loss:	> 26 dB
Conectores Data:	ASI/BTS BNC hembra ASI/BTS aux SMB STM-1 BNC hembra E1 BNC hembra 1+1 RJ-45 GbE RJ-45

Módulo transmisor

Potencia de Salida RF @ 1dB c.p.:	5: +34dBm 6L: +34dBm 6U: +34dBm 7: +34dBm 10: +32dBm 11: +32dBm 13: +32dBm 14: +32dBm
Conector RF de Salida:	SMA hembra
Nivel señales espurias:	< -65 dBc

Módulo Booster

Potencia de Salida RF @ 1dB c.p.:	5: +39 dBm 6L: +39 dBm 6U: +39 dBm 7: +39 dBm 10: +38 dBm 11: +38 dBm 13: +38 dBm
Potencia de Salida RF para STM-1:	30 dBm ± 1 dB
Nivel señales espurias:	< -65 dBc

Módulo Receptor

Conector de Entrada RF:	SMA hembra
RF Return loss de Entrada:	> 26 dB
Factor de Ruido:	< 4 dB

Módulo Modem

Baud Rate:	hasta 30 Mbaud
Net Data Rate:	hasta 200 Mbit/s
Modulación:	QPSK; 16-32-64-128-256QAM
Ancho de Banda:	hasta 40 MHz
Protección:	Reed-Solomon con K = 6 to 255, t = 0 a 16 Concatenated convolutional, trellis or block convolutional inner code with variable rates; 1/2 to 13/14 Interleaver Interno configurable
Ecualesadores:	24-tap T/2 spaced Feed Forward Filter (FFF) 3-tap Decision Feedback Filter (DFF)
Adquisición portadora:	± 10% baud rate del canal

Módulos de Interfaces Datos

- Diferentes módulos son disponibles:
- 2xASI/BTS + 1xE1 + 1xSTM-1
 - 2xASI/BTS + 1xE1 + 1xGbE
 - 4xASI/BTS + 1xE1

1+1 capacidad para configuraciones FD y hot-standby.

Controles

Panel Frontal (Pantalla TFT con touchscreen; Teclado)
SNMP
Web browser

Eléctrico

Voltaje Alimentación:	AC 90-260V 50/60Hz DC 22V - 65V
Consumo Máximo:	100W

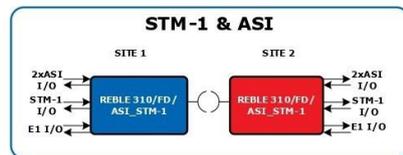
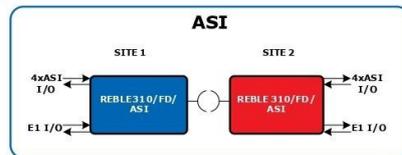
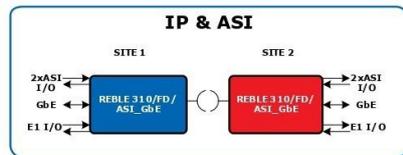
Mecánico

Gabinete:	19" 1U Rack
Dimensiones:	Ancho 482 mm Altura 44 mm Profundidad 480 mm
Peso:	6.5 Kg

Ambiental

Rango de temperatura de operación:	-10 a 65°C
Humedad relativa:	0 hasta 95%, sin condensación

APLICACIONES



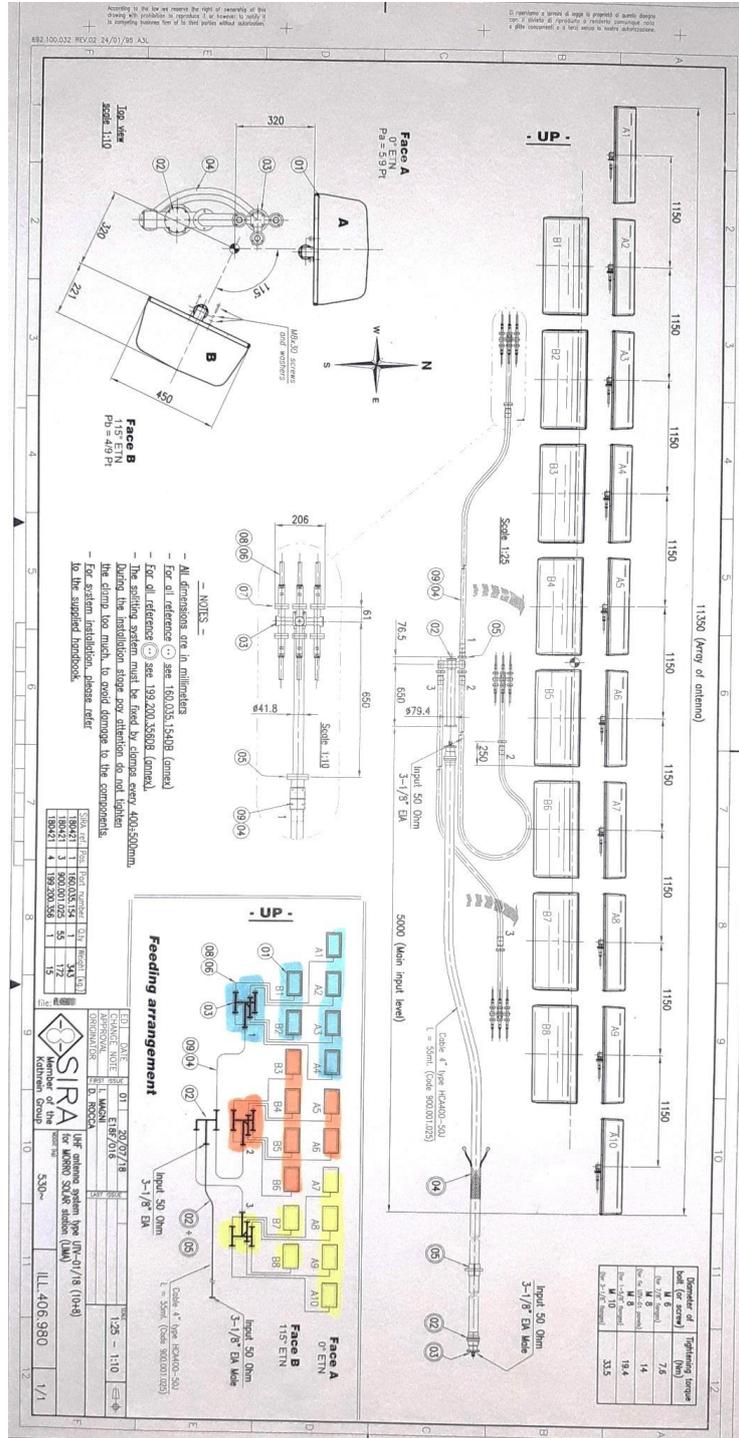
Elber reserva el derecho de cambiar las especificaciones de los productos descritos en esta ficha técnica in cualquier momento sin obligación de notificar en ninguna manera.



ELBER Srl. Via Pontevecchio, 42W - 16042 Carasco (GE) Italy
Phone +39.0185.351333 fax +39.0185.351300
www.elber.com - elber@elber.it

0.4. Anexo 4

Ficha técnica montaje en torre de los 18 paneles Empresa Sira.



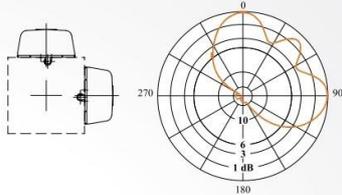
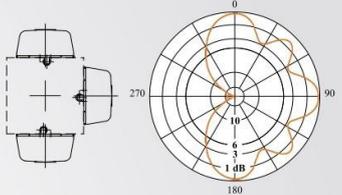
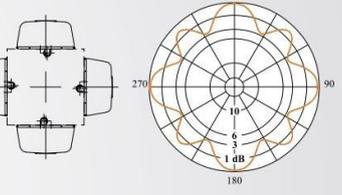
0.5. Anexo 5

Configuraciones de los diferentes arreglos antenna Sira.

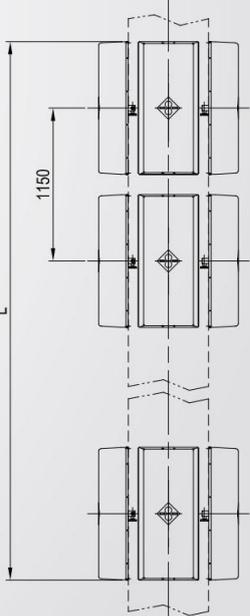
UTV-01

UHF PANEL ANTENNA

HORIZONTAL PATTERNS WITH 2, 3 AND 4 FACES AT 666 MHz

TECHNICAL DATA							
NUMBER OF BAYS	PANELS PER BAY	GAIN dB (1)	GAIN TIMES (1)	WEIGHT (2) kg (lb)	ANTENNA HEIGHT L m (ft)	WIND LOAD (3) kN (lbf)	WIND LOAD (4) kN (lbf)
2	1	15.1	32.4	38 (84)		1.98 (445)	5.66 (1272)
	2	12.2	16.6	84 (185)	2.15	4.34 (976)	8.03 (1805)
	3	10.3	10.7	122 (269)	(7.05)	5.38 (1209)	9.06 (2037)
	4	9.1	8.2	168 (370)		5.23 (1176)	8.92 (2005)
4	1	18.3	67.6	84 (185)		4.08 (917)	7.77 (1747)
	2	15.3	34	168 (370)	4.45	8.98 (2019)	12.67 (2848)
	3	13.5	22.4	281 (619)	(14.6)	10.68 (2401)	14.37 (3231)
	4	12.3	17	340 (750)		10.37 (2331)	14.06 (3161)
6	1	20	100	122 (269)		6.29 (1414)	9.97 (2241)
	2	17	50.1	281 (619)	6.75	13.65 (3069)	17.33 (3896)
	3	15.3	34	378 (833)	(22.15)	16.16 (3633)	19.85 (4462)
	4	14	25.2	460 (1014)		15.71 (3532)	19.40 (4361)
8	1	21.3	134.8	168 (370)		8.31 (1868)	12.00 (2698)
	2	18.3	67.6	340 (750)	9.05	18.27 (4107)	21.95 (4935)
	3	16.6	45.7	460 (1014)	(29.69)	21.67 (4872)	25.36 (5701)
	4	15.3	34	583 (1285)		21.04 (4730)	24.73 (5560)
10	1	22.3	169.8	224 (494)		10.42 (2343)	14.10 (3170)
	2	19.3	85.1	418 (922)	11.35	21.09 (4741)	24.78 (5571)
	3	17.6	57.5	672 (1481)	(37.24)	27.14 (6101)	30.83 (6931)
	4	16.3	42.6	896 (1975)		26.36 (5926)	30.04 (6753)
12	1	23	199.5	281 (619)		12.54 (2819)	16.23 (3649)
	2	20.1	102.3	460 (1014)	13.65	27.54 (6191)	31.23 (7021)
	3	18.3	67.6	843 (1858)	(44.78)	31.97 (7187)	35.65 (8014)
	4	17.1	51.2	992 (2187)		32.08 (7212)	35.77 (8041)
16	1	24.3	269.2	340 (750)		16.75 (3766)	20.44 (4595)
	2	21.3	134.8	583 (1285)	18.25	36.78 (8268)	40.47 (9098)
	3	19.6	91.2	992 (2187)	(59.88)	43.14 (9698)	46.83 (10528)
	4	18.4	69.2	1263 (2784)		44.16 (9928)	47.85 (10757)



(1) referred to half wave dipole. Losses of power distribution network not included.
 (2) without mounting hardware
 (3) Without top mast, v= 160 km/h (100 mph) (4) With top mast, v= 160 km/h (100 mph)



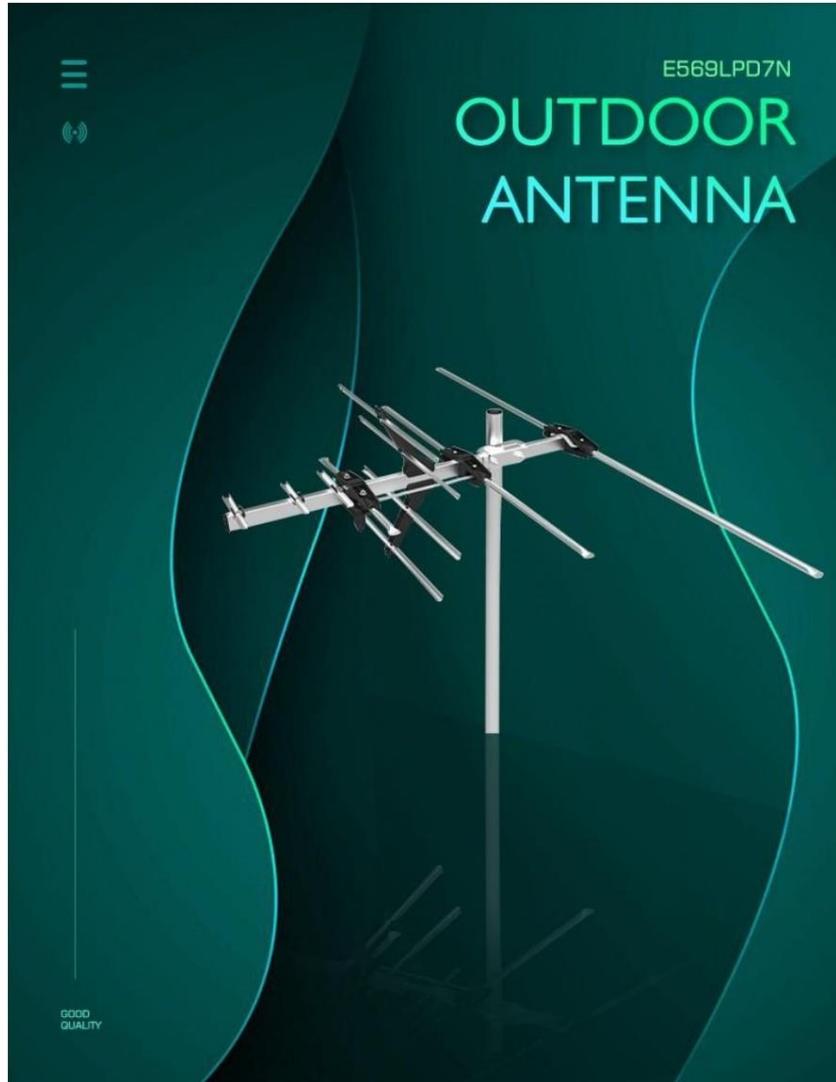
Specifications are subject to change without prior notice

UHF ANTENNAS

67

0.6. Anexo 6

Especificaciones técnicas de antena yagui multicanal VHF-UHF.



Las especificaciones técnicas	
Función	Recibe señales de TV Full HD y digital, señales VHF y UHF locales
Frecuencia	VHF:174-230MHz UHF:470-862MHz
VSWR	VHF:<2,5 UHF:<3,0
La polarización	Horizontal
F/B	10 dB
3dB ancho de haz	VHF $\pm 15^\circ$ UHF $\pm 18^\circ$
Impedancia	75 Ω

0.7. Anexo 7

Características técnicas del panel marca Kathrein.

K 72 31 4. . Directional Antenna 470 – 860 MHz

KATHREIN
Antennen · Electronic

- Horizontally polarized broadband directional antenna made of aluminum and protected by a fiberglass cover.
- Similar to type K 72 31 47.

Type No. / Order No.	774 052
Input (from below)	7-16 female
Polarization	Horizontal
VSWR	$s < 1.1$
Gain (ref. $\lambda/2$ dipole)	11 dB at mid-band
Frequency range	470 – 860 MHz
Max. power	1 kW
Wind load (at 160 km/h)	Frontal: 565 N Rearside: 815 N Lateral: 250 N
Max. wind velocity	225 km/h
Weight	12 kg
Packing size	1062 x 562 x 294 mm
Height/width/depth	1000 x 500 x 190 mm

Material: Reflector screen and dipoles: Weather-resistant aluminum. Protective cover: Fiberglass.
Colour: White, upon request orange.
Attachment elbow and attachment plate: Hot-dip galvanized steel.

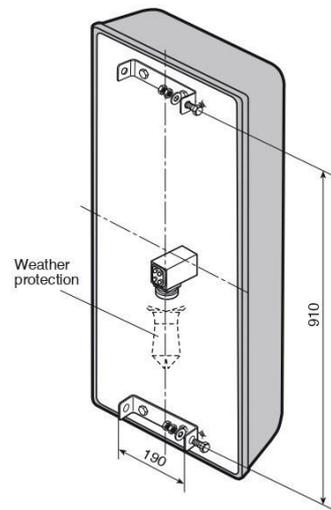
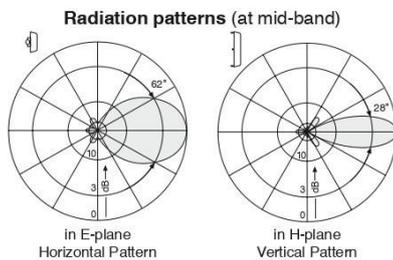
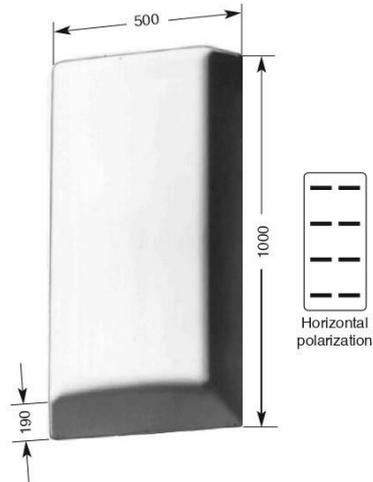
Attachment: (please order separately) E.g. by using clamps K 61 14 0... to tubular masts of 40 – 521 mm diameter.
Further attachment parts and mounting dimensions upon request.

Grounding: Via mounting parts.

Ice protection: The dipoles remain fully functioning even in icy conditions as the fiberglass cover protects the whole antenna and also the antenna is of a very robust design.

Combinations: The antenna is particularly suitable for use in combinations in order to achieve various radiation patterns.

Scope of supply: Directional antenna with one weather protection unit.



All dimensions in mm

936.1715/a Subject to alteration.

0.8. Anexo 8

Especificaciones técnicas del equipo Gap-Filler 2HU 150 W.

TRedess GAP-FILLERS up to 400W

Fourth Series **Low Power** | Technical specifications

Output power (Before filter) COFDM modulations	120 W	400 W	25 W	75 W	150 W	275 W
Final amplifier type	UWB Symmetrical Doherty		LDMOS AB class			
Frequency range	470-790 Mhz		470-862 MHz			
Dimensions	2RUx19"x480mm	3RUx19"x480mm	1RUx19"x465mm	1RUx19"x465mm	2RUx19"x480mm	3RUx19"x480mm
Standards	DVB-T/H ETSI EN 300744, ETSI EN 302304, TR 101191, EN 50083-9 DVB-T2 ETSI EN 302755 V1.3.1, TS 102 831, TS 102 773 ISDB-T ARIB_STD-B31 v1.6, ABNT NBR15601:2007					
RF input signal level	-70 to -20 dBm					
RF input signal frequency range	470-862 MHz					
RF input connector	N-female					
Echo canceller	Gain Margin (signal-echo): -25 dB Flexible cancellation window, up to 16 windows. Echo suppression: more than 40 dB Doppler cancellation Amplitude equalization					
MER with Echo Canceller -20dB margin	> 27 dB (input MER >35 dB)					
IMD (Shoulder)	> 38 dB					
Pre-correction	Digital adaptive, linear and non-linear					
RF output connector	N- female	DIN 7/16 female	N- female	N- female	N- female	DIN 7/16 female
10 MHz reference input	BNC female 50 Ω (-15 to +10 dBm)					
10 MHz reference output	BNC female 50 Ω					
1 pps reference input	BNC female 50 Ω (TTL)					
OCXO (Option)	Stability < ±5x10exp-9 (0°C to 60°C) Aging: < ±5x10exp-10/day < ±5x10exp-8/year					
Local control	Front LCD display with keyboard and LED indications. Micro-SD card to save and restore configurations settings.					
Remote control	Ethernet (web application and SNMP); I/O contacts					
Operating temperature range	0°C to 45°C					
Relative humidity (max.)	95% - Non condensing					
Altitude of operation	≤ 2500 m above sea level (> 2500m on request)					
Cooling	Force air					
Supply Voltage	110/230 VAC (single phase) - 47 to 63 Hz					
Safety	EN 60950-1:2006+A1:2010+A11:2009 +A12:2011 - EN 60215:1989+A1:92+A2:94					
EMC	ETSI EN 301 489-1 V1.9.2 (2011-09); ETSI EN 301 489-14 V1.2.1 (2003-05); EN 61000-4-5, heavy industry level					
Spectrum efficiency	ETSI EN 302 296-2 V1.2.1 (2011-05)					

0.9. Anexo 9

Especificaciones técnicas del equipo UPS Pertel 1-3KVAS.



FICHA TÉCNICA			
Modelo	1KVAS	2KVAS	3KVAS
Capacidad	1 KVA/ 900 W	2 KVA/ 1800 W	3 KVA/ 2700 W
Entrada			
Voltaje Entrada:	208 V / 220 V / 230 V / 240 VAC		
Rango de voltaje:	110 – 160 VAC Carga Lineal derrateo entre 50% y 100% 160 – 280 VAC (sin Derrateo) 280 – 300 vac (derrateo de 150%)		
Frecuencia :	50 / 60 H z (autoajustable)		
Rango de Frecuencia :	40 – 70 Hz		
Factor de poder:	≥ 0.99		
Distorsión Armónica Total (THDI)	≤ 5%		
Rango de Voltaje de Bypass:	-25% ± 15% (ajustable)		
Salida			
Voltaje Entrada:	208 V / 220 V / 230 V / 240 VAC		
Regulación de Voltaje :	±1%		
Frecuencia :	45 – 55 H z o 55 – 65 H z (Rango de Sincronización); 50 / 60 H z ± 0.1 Hz (Modo Batería)		
Forma de la Onda :	Sinusoidal Pura		
Factor de potencia :	0.9		
Factor de Cresta :	3:1		
Distorsión Armónica Total (THDV)	≤ 2% (Carga Lineal) ≤ 5% (Carga No Lineal)		
Tiempo de Transferencia :	0 ms		
Capacidad de Sobrecarga del Inversor :	102% – 125%: 10 Min 125% – 150%: 1 Min > 150% 1 seg		
Capacidad de Sobrecarga Bypass :	102% – 125%: 20 Min 125% – 150%: 2 Min > 150% 1 seg		
Baterías			
Voltaje DCV:	36V	72V	96V
Baterías Internas :	3x7Ah / 12V	6x7Ah / 12V	8x7Ah / 12V
Tiempo de Recarga :	Modelo Estándar (90%) en Tres (3) Horas		
Sistemas			
Eficiencia	≥ 90%, Modo ECO 95%	≥ 91%, Modo ECO 96%	≥ 92%, Modo ECO 97%
Display:	LCD + LED		
Alarma :	Modo Batería, Bajo Voltaje, Falla Ventiladores, etc.		
EMI :	IEC/EN62040-2		
EMS :	IEC61000-4-2 (ESD) IEC61000-4-3 (RS) IEC61000-4-4 (EFT) IEC61000-4-5 (VOLTAGE)		

(01) 3267755



Calle Mariscal Andrés de Santa Cruz
202/208 San Luis. Lima - Perú



www.pertel.pe

0.10. Anexo 10

Manual técnico de la cuarta serie Gap-Filler 8542xxxx, TRedess.



Air-cooled low power transposers 8542xxxx
Technical Manual

Design and Characteristics
Specifications

2.4 Specifications

2.4.1 Transposer specifications

Transposers	1U	1U	1U	1U	1U	1U	1U	2U	2U (UWBD)	2U	3U	3U (UWBD)
Maximum output power (before band-pass filter)	1W	5W	25W	40W	75W	120W	150W	150W			275W	400W
AC supply voltage	90-264V											
AC supply frequency	47Hz-63Hz											
Power factor	>0.95											
Maximum AC power consumption ⁽¹⁾	95VA	115VA	147VA	220VA	350VA	380VA	665VA	665VA			1500VA	1300VA
RF output connector	N female											
Dimensions (WxHxD)	19"x1Ux465mm											
Weight	6kg	6kg	6kg	6.4kg / 6kg ⁽³⁾	6.4kg	11.5kg	11.4kg	11.4kg	19"x2Ux480mm	19"x3Ux480mm	15.4kg ⁽²⁾	15.6kg ⁽²⁾
Fans	2 DC fans 12V _{DC} 40x40x28mm											
	2 DC fans 12V _{DC} 80x80x38mm											
	2 DC fans 24V _{DC} 119x119x38mm											

⁽¹⁾ At maximum output power.
⁽²⁾ Including one power supply. Weight of each power supply (up to 2) = 2kg.
⁽³⁾ Depending on the hardware version.

0.11. Anexo 11

Especificaciones técnicas de antena yagui de 10 elementos.

ANTENA YAGI HDTV UHF 470-860MHz 9dBi



Modelo	KSW-0408Y5	
Rango de frecuencia-MHz	470-860MHz	
Ancho de banda-MHz	410	
Ganancia dBi	9	
Haz °	E:	38 °
Haz °	H:	45 °
F/B-dB	≥ 15	
VSWR	≤ 2,0	
La polarización	Horizontal	
Max-W	100	
Impedancia Nominal-Ω	75	
Conector	F hembra	
Antena dimensión-m	42,13*3,15 * 2.17in	
Peso-kg	0,5	
La temperatura de trabajo-°C	-35 ~ 60	
Velocidad del viento clasificada-m/s	60	
Protección contra rayos	Causa directa	
Material	De aleación de aluminio	
Observaciones	De los 5 elementos,	