Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Diseño e implementación de un enlace vía satélite con un sistema de alerta de emergencia EWBS para su difusión sobre televisión digital terrestre

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Michael NIEVES LEGUÍA

ASESOR

Wilfredo Baro FANOLA MERINO

Lima, Perú

2025

Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Nieves, M. (2025). *Diseño e implementación de un enlace vía satélite con un sistema de alerta de emergencia EWBS para su difusión sobre televisión digital terrestre* [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Michael Nieves Leguía
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47769148
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Wilfredo Baro Fanola Merino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06030740
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9041-3663
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Nicanor Raúl Benites Saravia
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10189914
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Elías Moscoso Sánchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Manuel Francisco Bermeo Noriega
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08437735
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.9. Televisión Digital
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.07419 Longitud: -77.03046
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2020 – Diciembre 2020 / Noviembre 2023 – Enero 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04 Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

ACTA N°018/FIEE-CTGT/2025

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 20 de mayo del 2025, como presidente de Jurado el **DR. NICANOR RAÚL BENITES SARVIA,** integrado por el Miembro de Jurado el **MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ,** el Miembro de Jurado **MG. BERMEO NORIEGA MANUEL FRANCISCO** y Miembro Asesor el **ING. FANOLA MERINO, WILFREDO BARO**

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **MICHAEL NIEVES LEGUÍA** con código N° **11190014** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE VÍA SATELITE CON UN SISTEMA DE ALERTA DE EMERGENCIA EWBS PARA SU DIFUSIÓN SOBRE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de 17 (DIECISIETE)

Ciudad Universitaria, 20 de mayo del 2025

DR. NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA
Presidente Jurado

MG. JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ
Miembro Jurado

MG. MANUEL FRANCISCO BERMEO NORIEGA
Miembro Jurado

ING. FANOLA MERINO, WILFREDO BARO
Miembro Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo. **ING. FANOLA MERINO, WILFREDO BARO** mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional**: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE VÍA SATELITE CON UN SISTEMA DE ALERTA DE EMERGENCIA EWBS PARA SU DIFUSIÓN SOBRE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**, presentado por el bachiller MICHAEL NIEVES LEGUÍA, para optar al título profesional de Ingeniero Electronico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 14% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

Lima, 20 de mayo de 2025

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Fanola Merino, Wilfredo Baro

DNI: 06030740

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia por su apoyo y dedicación brindado en la trayectoria de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi familia por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

Mi agradecimiento al asesor y a los ingenieros de la Gerencia Técnica del IRTP, que con su conocimiento me ayudaron a la realización de este informe y a las personas que de una manera directa o indirectamente fueron participe de la culminación del presente informe.

RESUMEN

Las redes de televisión tienen la ventaja de llegar a amplias regiones, esta no se satura, no hay congestión de tráfico, la señal llega a todos los receptores que estén en el área de cobertura, por lo cual se considera como un medio bastante confiable para emitir un aviso de emergencia.

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de enlace vía satélite que permita la difusión de la alerta de emergencia EWBS sobre la red de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb. Para el diseño e implementación de este sistema satelital, se realizó el dimensionamiento del stream BTS, que es una característica del estándar ISDB-Tb, y así enviar este flujo que contiene las señales TDT y EWBS por un enlace satelital que opera en la norma DVB-S/S2.

Se realizó una breve descripción de los equipos utilizados en este sistema satelital con EWBS, el cual fue implementado de manera exitosa en el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú, además se realizaron algunas mediciones del stream BTS y MPEG-TS en la cadena de transmisión satelital.

Finalmente, en la etapa de recepción, se pudo regenerar el stream BTS con todos sus parámetros, incluido la alerta de emergencia EWBS.

Palabras clave: BTS, Enlace satelital, EWBS, MPEG-TS, TDT.

ABSTRACT

Television networks have the advantage of reaching large regions, this is not saturated, there is no traffic congestions, the signal reaches all receivers that are in the coverage area, so it is considered a fairly reliable means of issuing an emergency warning.

The present work aimed to design and implement a satellite link system that allows the dissemination of the emergency alert EWBS on the network of Digital Terrestrial Television ISDB-Tb. For the design and implementation of this satellite system, we dimensioned the BTS stream, which is a feature of the ISDB-Tb standard, and send this stream containing the DTT and EWBS signals through a satellite link operating in the DVB-S/S2 standard.

A brief description of the equipment used in this satellite system with EWBS, which was successfully implemented at the National Institute of Radio and Television of Peru, also some measurements were made of the BTS stream and MPEG-TS in the satellite transmission chain.

Finally, at the reception stage, the BTS stream could be regenerated with all its parameters, including the emergency warning EWBS.

Keywords: BTS, Satellite link, EWBS, MPEG-TS, DTT.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **IV**

ABSTRACT ..... **V**

TABLA DE CONTENIDO ..... **VI**

LISTA DE FIGURAS ..... **VIII**

LISTA DE TABLAS ..... **XI**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD **2**

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad **2**

2.2 Periodo de duración de la actividad **3**

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad **3**

2.4 Razón social **3**

2.5 Dirección postal **3**

2.6 Nombre y correo electrónico del profesional a cargo **4**

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD **5**

3.1 Organización de la Actividad **5**

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad **6**

3.2.1 Finalidad 6

3.2.2 Objetivos 6

3.3 Problemática **7**

3.3.1 Problema General 8

3.3.2 Problemas específicos 8
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación 9
3.4 Metodología 10
3.4.1 Bases teóricas 10
3.4.2 Marco conceptual 12
3.5 Procedimiento 29
3.5.1 Consideraciones generales 29
3.5.2 Diseño de un Hub Satelital en la estación de TDT 31
3.5.3 Sistema EWBS en el Hub Satelital 57
3.5.4 Implementación del Hub Satelital con el sistema de alerta de emergencia EWBS. 63
3.6 Resultado de la actividad 101
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS 102
4.1 Descripción de la implementación 102
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES 103
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES 104
CAPITULO VII: REFERENCIAS 105
CAPITULO VIII: ANEXOS 109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú. 2
Figura 2: Organigrama Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú 5
Figura 3: Codificación de audio, video y datos. 16
Figura 4: Multiplexación de TS..... 17
Figura 5: Multiplexación ISDB-Tb. 17
Figura 6: Elementos del MPEG-TS. 18
Figura 7: Estructura del BTS. 20
Figura 8: Funcionamiento del EWBS. 21
Figura 9: Estructura del descriptor 22
Figura 10: Código de área por departamento. 22
Figura 11: Bit 26 del TMCC. 23
Figura 12: Superposición de textos en un receptor..... 24
Figura 13: Enlace de subida satelital. 25
Figura 14: Enlace de bajada satelital 26
Figura 15: Diagrama de entradas y salidas de los encoders 34
Figura 16: Diagrama de entrada y salida en el multiplexor. 35
Figura 17: Esquema de la cabecera digital. 36
Figura 18: Remultiplexación de la señal ISDB-Tb..... 37
Figura 19: Compresión de la señal BTS. 38
Figura 20: Bitrate efectivo y total del stream BTS. 39
Figura 21: Eliminación de dummy bytes del stream BTS..... 40
Figura 22: Ancho de banda satelital requerido para TDT y EWBS. 42
Figura 23: Etapa de modulación y uplink. 45
Figura 24: Descompresión de la señal BTS. 47

Figura 25: Regeneración de la longitud del stream BTS..... 48
Figura 26: Diagrama de bloques de la transmisión satelital TDT y EWBS . 48
Figura 27: Esquema de entrada y salida del TS Changer Rx. 58
Figura 28: Emisión de la señal EWBS en área 1 y 3 59
Figura 29: Software del terminal EWBS..... 60
Figura 30: Superimpose en el terminal EWBS..... 61
Figura 31: Código de área en el terminal EWBS 61
Figura 32: Enlace VPN entre el COEN y el IRTP..... 62
Figura 33: Sistema EWBS en la cabecera de TDT del IRTP 63
Figura 34: Encoder XE-7330..... 64
Figura 35: Configuración del encoder XE-7330. 64
Figura 36: Encoder VC-7301 65
Figura 37: Configuración encoder VC-7301..... 66
Figura 38: Configuración encoder VC-7010, para la señal One Seg. 67
Figura 39: Multiplexor NEC, MX-1500. 68
Figura 40: Configuración del Multiplexor MX-1500 69
Figura 41: Jerarquía en capas de la señal TDT del canal del Estado..... 69
Figura 42: Diagrama de bloques Encoder y Multiplexor. 70
Figura 43: Conexiones del Ts Changer-Rx..... 71
Figura 44: TS Changer-Rx, PER-100 71
Figura 45: Diagrama de bloques Encoder-Multiplexor-Insertor EWBS. 72
Figura 46: EWDC-300..... 73
Figura 47: Diagrama de conexiones del Insertor Tanabiki y el EWDC-300. 74
Figura 48: Diagrama de conexiones del EWDC-300 y los moduladores 74
Figura 49: Conexiones físicas del equipo EWDC-300. 75
Figura 50: Configuración del EWDC-300..... 75
Figura 51: Diagrama de cabecera digital TDT con EWBS y compresores BTS..... 76
Figura 52: Modulador M6100..... 77
Figura 53: Configuración del modulador M6100 para TDT. 78
Figura 54: Configuración 1+1 de los moduladores. 79
Figura 55: Moduladores main y backup con switch de redundancia..... 79
Figura 56: HPA STA5340 Ku, tipo OUTDOOR. 80

Figura 57: Controlador de los HPA 81
Figura 58: Antena Cassegrain de 4.8m de diámetro..... 82
Figura 59: Parámetros del controlador de antena parabólica 83
Figura 60: Diagrama de bloques del Hub Satelital con el sistema EWBS. . 84
Figura 61: Antena parabólica receptora. 86
Figura 62: Parámetros decodificados en el receptor satelital Ericsson. 87
Figura 63: Parámetros en el receptor satelital NTT Electronics. 88
Figura 64: DMUX-500W. 89
Figura 65: Configuración de entradas y salidas en el DMUX-500W. 89
Figura 66: Servicios generados con superimpose 90
Figura 67: Configuración del Sistema EWBS en el DMUX-500W. 90
Figura 68: Sistema de transmisión satelital con EWBS, para difusión sobre TDT. 91
Figura 69: DEKTEC, DTU-245. 92
Figura 70: Software StreamXpert..... 92
Figura 71: Mediciones de la señal BTS del MX-1500. 93
Figura 72: Tablas PSI/SI de la señal BTS del MX-1500 93
Figura 73: Mediciones de la señal BTS con EWBS del TS Changer-Rx..... 94
Figura 74: Tablas PSI/SI generados en el TS Changer-Rx. 94
Figura 75: Mediciones del MPEG-TS generado en el EWDC-300..... 95
Figura 76: Tablas generadas en el EWDC-300 95
Figura 77: Regeneración de la señal BTS con EWBS en el DMUX-500W. 96
Figura 78: Regeneración de las tablas PSI/SI de la señal BTS. 96
Figura 79: Archivo TS que contiene la señal BTS con EWBS 97
Figura 80: Software StreamXpress 97
Figura 81: Configuración de parámetros de transmisión en el equipo DTU-215. 98
Figura 82: Equipo DTU-215. 98
Figura 83: Esquema de equipos de prueba para recepción de señal EWBS. 99
Figura 84: Recepción de señal EWBS en el Set Top Box y panel electrónico EWBS 100
Figura 85: El monitor muestra el mensaje de señal EWBS 100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias asignadas por banda..... 29
Tabla 2. Plan Maestro para la transición a la TDT..... 30
Tabla 3. Asignación de los canales digitales en el encoder. 33
Tabla 4. Budget Analysis – Space Segment 43
Tabla 5. Link Budget Analysis – Carrier Parameters. 44
Tabla 6. Link Budget Analysis – Uplink Ground Segment 44
Tabla 7. Link Budget Analysis – Link avalaible prediction. 45
Tabla 8. Link Budget Analysis – Downlink Ground Segment..... 46
Tabla 9. Descripción y cantidad de bienes de la cabecera digital 49
Tabla 10. Características técnicas del Encoder HD/SD 50
Tabla 11. Características técnicas del multiplexor ISDB-Tb..... 50
Tabla 12: Descripción y bienes del compresor y descompresor BTS. 51
Tabla 13. Requerimientos técnicos del compresor BTS……..52
Tabla 14. Requerimientos técnicos del descompresor BTS. 52
Tabla 15. Descripción y cantidad de bienes para el enlace satelital..... 53
Tabla 16. Requerimientos técnicos del modulador DVB-S2..... 54
Tabla 17. Requerimientos técnicos del amplificador de potencia HPA..... 55
Tabla 18. Requerimiento técnico de la antena transmisora..... 55
Tabla 19. Requerimientos técnicos de la antena receptora..... 56
Tabla 20. Requerimientos técnicos del receptor satelital 57
Tabla 21. Encoders de la cabecera digital..... 67
Tabla 22. Parámetros de transmisión en el modulador M6100. 78
Tabla 23. Parámetros de configuración del HPA..... 81
Tabla 24. Parámetros de apuntamiento al satélite Eutelsat. 83
Tabla 25. Parámetros de la bajada satelital……86

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El sistema de alerta de emergencia por radiodifusión EWBS, es una de las características que ofrece el estándar ISDB-Tb, y su difusión en el Perú, solo le compete al canal del Estado peruano, a través de sus estaciones de Televisión Digital Terrestre. Su implementación representó todo un desafío a los ingenieros del Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú, ya que la geografía compleja del territorio peruano implica usar un sistema satelital para transportar esta señal TDT y EWBS hacia todo el Perú.

La señal BTS es un flujo de transporte, generado por el multiplexor de la cabecera digital central de la estación de TDT en el estándar ISDB-Tb, este difiere de los transportes MPEG-TS tradicionales que se usan para el envío de señales de audio y video de las estaciones de radiodifusión. Su transporte por un enlace satelital genera problemas como: presentar una tasa de datos elevada, posee parámetros diferentes al MPEG-TS, no es compatible con la norma DVB-S/S2 de los enlaces satelitales y no garantiza la integridad de la señal EWBS.

En ese sentido, diversas empresas broadcast en conjunto con el área de ingeniería del IRTP buscaron un adecuado diseño de un sistema satelital que permita el envío de la señal EWBS, para su difusión sobre TDT.

Por ello, el presente trabajo tuvo por objetivo diseñar e implementar un sistema de enlace vía satélite que permita la difusión de la señal EWBS sobre la Televisión Digital Terrestre, realizado en la estación central de TDT del IRTP. Mediante el diseño e implementación de este sistema satelital se puede garantizar la integridad de la señal EWBS para su difusión sobre TDT.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

Las actividades realizadas en el presente trabajo de suficiencia profesional se desarrollaron en el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú-IRTP, que es una entidad pública adscrita al Ministerio de Cultura, y está conformado por los medios de comunicación televisivos como TV Perú, Radio Nacional, TV Perú Noticias, TV Perú Internacional, Canal IPE y el medio de comunicación radial que es Radio Nacional del Perú (RNP).

Figura 1

Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú.

Nota. Sede central del IRTP, ubicada en la Av. José Gálvez 1040 Cercado de Lima.

2.2 Periodo de duración de la actividad

El presente trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera etapa fue del sistema de compresión y descompresión de la señal BTS, durante los meses de octubre hasta diciembre del 2020, y la segunda etapa del sistema satelital en banda Ku, para transportar la señal BTS con EWBS, durante los meses de noviembre del 2023 hasta enero del 2024.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

El IRTP es entidad pública estatal y es el medio televisivo con la mayor cantidad de retransmisoras en el territorio peruano, que permiten una gran cobertura a nivel nacional. Entre los objetivos y finalidades de esta entidad, se encuentra:

- Crear y difundir contenidos audiovisuales culturales, educativos e informativos para todos los peruanos a través de sus medios o plataformas de comunicación.
- Continuar con la distribución de la señal TDT a las estaciones retransmisoras del IRTP a nivel nacional, para expandir su cobertura y llegar a todos los peruanos.
- Utilizar el sistema EWBS a través de la señal Televisión Digital Terrestre, para transmitir automáticamente la señal de alerta de emergencia, emitida por el INDECI, a la población.

2.4 Razón social

La razón social de la empresa donde se realizó la actividad es el Instituto nacional de radio y televisión del Perú - IRTP. (RUC: 20338915471).

2.5 Dirección postal

- Dirección Legal: Av. José Gálvez Nro. 1040

- Urbanización: Santa Beatriz
- Distrito / Ciudad: Lima
- Departamento: Lima, Perú

2.6 Nombre y correo electrónico del profesional a cargo

Jefe de área encargado del proyecto: Ingeniero Miguel Otiniano Cáceres.

Correo electrónico: motiniano@irtp.gob.pe

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

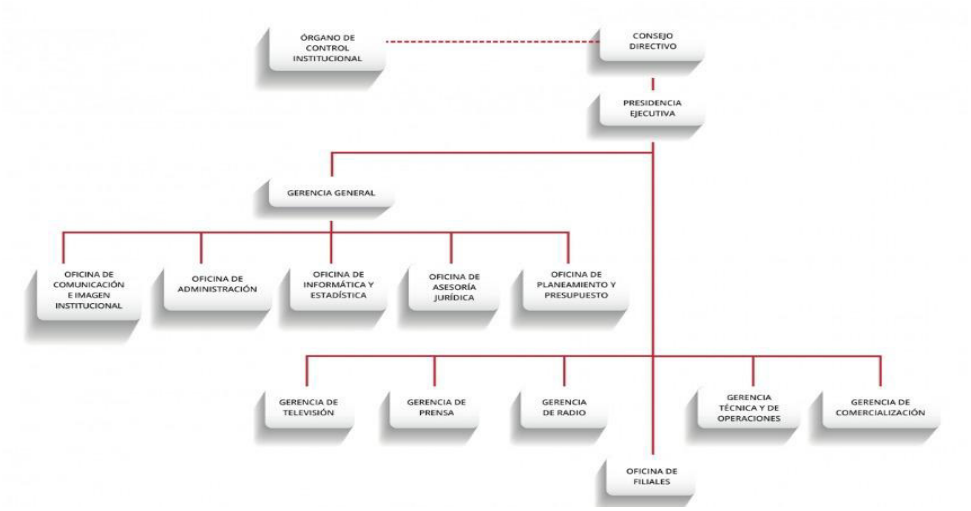
3.1 Organización de la Actividad

De acuerdo al organigrama del IRTP, la gerencia técnica y de operaciones se encargó del diseño e implementación del enlace satelital con un sistema de alerta de emergencia EWBS para su difusión sobre TDT.

Esta implementación comprendió lo siguiente: Consideraciones de diseño, diseño del Hub satelital en la estación TDT, integración del sistema EWBS, y finalmente la implementación del Hub satelital con el sistema EWBS.

Figura 2

Organigrama del Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú



Nota. La gerencia técnica y de operaciones estuvo a cargo del proyecto del presente trabajo. Tomado de *Portal de Transparencia Estándar*, por IRTP, sf, (https://www.gob.pe/irtp.)

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1 Finalidad

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene por finalidad dar a conocer el proceso de diseño e implementación de un enlace vía satélite con un sistema de alerta de emergencia EWBS, para su difusión sobre Televisión Digital Terrestre. Se realiza un énfasis en la transmisión del stream BTS sobre la cadena de transmisión, dado que este, contiene la información de la señal EWBS.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de enlace vía satélite que permita la difusión de la alerta de emergencia EWBS sobre la Televisión Digital Terrestre, en el estándar ISDB-Tb.

3.2.2.2 Objetivos Específicos

- Fundamentar el funcionamiento del sistema de televisión digital terrestre y su aplicación a nivel de alerta de emergencia, bajo el estándar ISDB-Tb
- Establecer los requerimientos técnicos en el Hub Satelital de una estación de radiodifusión de TDT, en el estándar ISDB-Tb, para la implementación de un sistema de alerta de emergencia EWBS.
- Dimensionar correctamente el stream BTS, para enviar la señal TDT por el enlace satelital, garantizando la integridad de la señal EWBS.

3.3 Problemática

El 23 de abril del 2009, Perú adopta el estándar japonés-brasileño ISDB-Tb para Televisión Digital Terrestre. Siendo el canal del Estado, el primero en comenzar la transmisión de TDT en el Perú, el 30 de marzo del 2010.

Hasta el año 2016, la señal TDT del IRTP solo llegaba a Lima metropolitana, y surgió la necesidad de llevar esta señal a nivel nacional, para cumplir con el plan maestro de transición a la Televisión Digital Terrestre.

En el año 2016, gracias al gobierno japonés se logra implementar el sistema EWBS en el IRTP y el acceso de la señal TDT al satélite para su difusión a 7 estaciones de TDT del IRTP en el territorio peruano.

El IRTP, al ser encargado de la difusión de la señal de alerta de emergencia EWBS, a través de su estación de emisión de Televisión Digital Terrestre, encontró las siguientes dificultades técnicas:

- A diferencia de Japón que utiliza los enlaces de microondas y fibra óptica para la transmisión de TDT en todo su territorio, nuestro país y Latinoamérica utiliza en su mayor parte el satélite, debido a que los países son extensos y presentan una geografía compleja, a lo cual el satélite lo resuelve para llegar a todas las zonas.
- El IRTP tiene la necesidad de contar con su propio sistema de transmisión satelital para poder llevar la señal TDT a todo el territorio nacional.
- Hay algunas formas de distribuir la señal TDT en el Perú, pero el IRTP debe priorizar el envío de la señal EWBS al territorio nacional.
- El stream BTS, que es propio del estándar ISDB-Tb, presenta problemas para viajar por el satélite, dado que este último utiliza la norma DVB.
- El stream BTS utiliza una tasa de datos elevada, que implica utilizar un mayor ancho de banda satelital.

- Tener un sistema de transmisión satelital que cuente con equipos redundante y automatizados, presentando un servicio sin interrupciones de la transmisión ante fallas en alguno de los equipos.

De acuerdo con los lineamientos del IRTP, de cubrir la brecha de cobertura de Televisión Digital Terrestre, con la integración de la señal EWBS, surge la necesidad de diseñar un adecuado sistema de enlace satelital, que priorice el envío de la alerta de emergencia EWBS, en la difusión de TDT a nivel nacional, del canal Estado peruano. Su implementación debe presentar, un sistema de redundancia de modo que al fallar cualquiera de ellas no presente interrupción del servicio.

De esta forma, la señal de emergencia EWBS siempre estará presente donde exista la señal de Televisión Digital Terrestre del Canal del Estado.

3.3.1 Problema General

¿Cuál es el sistema de enlace vía satélite adecuado, que permite la difusión de la alerta de emergencia EWBS sobre la TDT en el estándar ISDB-Tb?

3.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las teorías que fundamentan el sistema de transmisión de alerta de emergencia sobre televisión digital terrestre, bajo el estándar ISDB-Tb?
- ¿Cómo establecer los requerimientos y detalles técnicos de un Hub Satelital en una estación de radiodifusión de TDT en el estándar ISDB-Tb, para la implementación de un sistema de alerta de emergencia EWBS?
- ¿Cuál es el correcto dimensionamiento del stream BTS, para enviar la señal TDT por el enlace satelital, garantizando la integridad de la señal EWBS?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

Los países a nivel mundial están sujetos a riesgos por actividad sísmica, tsunamis, inundaciones, entre otros, que producen situaciones de emergencia. Algunos países que han adoptado la norma ISDB-Tb, entre ellas Perú, se encuentran dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico y en otras zonas de riesgos similares. Esta norma incorpora un sistema de alerta de emergencia EWBS a través de la difusión de la TDT, lo cual podría minimizar el número de víctimas ante un desastre.

Las redes de televisión son consideradas como medios de difusión altamente confiables, por su robustez, capacidad de llegar a amplias regiones, por lo cual se considera como un medio bastante confiable para la difusión de una alerta de emergencia. Ante esto se justifica la necesidad de diseñar un enlace vía satélite con un sistema de alerta de emergencia EWBS para su difusión sobre Televisión Digital Terrestre.

Este trabajo también se realiza para difundir los conceptos fundamentales de la televisión digital y el sistema EWBS en el estándar ISDB-Tb, lo cual permitirá que alumnos e investigadores en el campo de la televisión digital y señales de EWBS puedan desarrollar nuevas propuestas de mejora en base a los conocimientos que se brinde en esta investigación.

3.4 Metodología

3.4.1 Bases teóricas

Jacome (2017), en el trabajo de investigación denominado: “Diseño de la infraestructura técnica del canal de televisión Canela Tv para proporcionar el servicio de televisión digital con la norma ISDB-T, en la ciudad de Quito”, realizó un análisis de la infraestructura dentro de la estación de televisión Canela Tv, así como su sistema de transmisión. Esto para poder diseñar la infraestructura que será necesaria para su implementación y así migrar a la señal de TDT en la norma ISDB-T. Finalmente el trabajo conluyo a lo siguiente: Primero, se verificó la viabilidad de su implementacion en base al diseño, y segundo, se realizó un estudio técnico de los parámetros y todo el equipamiento que será necesario para llevar la señal TDT a la población que sintoniza Canela Tv.

Paredes y Vílchez (2020), en la tesis denominada “Diseño de un receptor EWBS embebido en el beaglebone black para alerta temprana de tsunami en el Callao, Lima 2020”, que tiene como objetivo: Diseñar un receptor EWBS portátil que notifique a la población de forma anticipada una alerta de tsunami en el Callao. El diseño de la investigación fue experimental y de nivel exploratorio. Realizó una descripción del hardware del receptor EWBS, así como su implementación, también menciona que la infraestructura de transmisión de las estaciones de Televisión Digital Terrestre es segura en caso de desastres naturales, por lo que la señal EWBS se estará emitiendo de forma constante a pesar de los desastres que ocurran. Finalmente, el receptor decodificó la alerta temprana de tsunami en el Callao, cumpliendo con los objetivos del trabajo de investigación.

Campos et al. (2017), colaboraron en conjunto y publicaron un artículo denominado “Una propuesta de modelo de difusión de alerta temprana para deslizamientos de tierra en el Perú usando la televisión digital terrestre”, con el objetivo de proponer un modelo de alerta temprana para deslizamientos como los huaycos, por medio de la TDT. El diseño fue experimentos con un enfoque cuantitativo. El proyecto se dividió en dos subsistemas. El primero, para el monitoreo y predicción de huaycos por medio de sensores, y el segundo, para la difusión del mensaje de alerta por medio de un servidor con sistema operativo Ubuntu para su transmisión sobre la TDT. Se llegó a las siguientes conclusiones: Primero, el trabajo es una solución para zonas del Perú que presentan huaycos. Segundo, el parámetro ubigeo debe ser tomado en cuenta en las alertas temprana para ubicar la zona afectada. Tercero, para que funcione el modelo propuesto es necesario la comunicación entre las instituciones involucradas en la gestión desastres naturales y los transmisores de TDT, para el envío de la alerta temprana.

Laban y Berríos (2015), en su tesis “Diseño de una cabecera digital satelital DVB-S2 en la ciudad de Lima orientada a la retransmisión nacional de la señal emitida por los canales locales de TDT de bajo presupuesto” concluye: Primero, el diseño realizado resulta económico para su implementación, ya que se utiliza un solo punto de transmisión para todos los canales. Segundo, comprobaron que el estándar DVB-S2 transmite mayor información que el DVB-S, para los mismos valores de modulación y la tasa de datos.

3.4.2 Marco conceptual

3.4.2.1 Televisión Digital Terrestre

Es un conjunto de tecnologías utilizadas para la transmisión y recepción de audio, video y datos que codifica de manera digital las señales de televisión, convirtiéndose en una serie de ceros y unos, y estos son transmitidos en la frecuencia de la banda UHF del espectro radioeléctrico. Esta tecnología mejora la calidad de audio y video de la señal de televisión, además pueden ser recepcionados en dispositivos portátiles y/o celulares, así mismo permite un cambio tecnológico en las estaciones de televisión para la difusión de un sistema totalmente digitalizado. La Televisión Digital Terrestre hace uso del espectro electromagnético de 6 MHz, en el cual se pueden transmitir hasta 8 señales de televisión en formato SD con 1 señal para receptores portátiles, o puede soportar el envío en forma adecuada de 2 señales en formato HD con 1 señal para receptores móviles. Esto aumenta el número de programas o señales, haciendo un uso eficiente del espacio radioeléctrico. (Páucar, 2010)

3.4.2.1.1 Estándares de Televisión Digital Terrestre

En la actualidad existen varios estándares de Televisión Digital Terrestre en todo el mundo, estos son adoptados de acuerdo a las necesidades y beneficios que ofrece a cada país. Los estándares más utilizados en la actualidad por los diversos países son los siguientes:

- **Estándar ISDB-T:** Este estándar fue desarrollado en Japón con la finalidad de ofrecer señales de video, audio y datos con muy buena calidad, además de recepcionar la señal en dispositivos portátiles.
  Permite la codificación y compresión de la fuente para video en codec MPEG-2 HDTV y para audio en MPEG-2 AAC. En cuanto a la capa de transporte utiliza el Transport Stream de MPEG-2, e incluye

una modulación jerárquica integrado en 3 capas con diferentes parámetros de transmisión. Por otro lado, las modulaciones que se realizan son: DQPSK, QPSK, 16QAM, 64AQM. (López, 2018)

- **Estándar ISDB-Tb:** Es la integración de las tecnologías japonesa y brasilera, el cual duró más de 10 años en ser desarrollado en colaboración de Universidades e investigadores, que evaluaron y experimentaron los estándares existentes, es decir que el ISDB-Tb es una actualización con mejoras tecnológicas del estándar japonés ISDB-T, con modificaciones en la compresión de video y otros parámetros. (Villacrés, 2013)

- **Estándar DVB T/T2:** Es el estándar encargado de trasmitir audio y video a través de una señal digital que es enviada por una red de antenas terrestres. Esta es utilizada por toda Europa y gran parte de Asia y África. Su implementación para Televisión Digital Terrestre aprovecha el espectro radioeléctrico, permitiendo la transmisión de canales en alta definición y presenta una mejora en las condiciones de transmisión para situaciones atmosféricas adversas. (Pulido, 2021)

- **Estándar ATSC:** Se desarrolló con el objetivo de mejorar la calidad de señal de la televisión digital y ofrecer servicios en alta definición (HD) a los usuarios, cabe recalcar que este estándar no ofrece portabilidad. La modulación para el estándar ATSC es la 8-VBS, que presenta una tasa de transmisión de datos igual a 19.4 Mbps, de tal manera que en los formatos HD y SD se pueden presentar múltiples tipos de imágenes y velocidades de trama. (Granja, 2011)

- **Estándar DTMB:** Este estándar de televisión fue desarrollado e implementado por la República Popular de China a mediados del 2006, y aceptado en el 2007, esta integra tecnologías que combinan los estándares ATSC y DVB-T. Usa la modulación TDS-OFMD, que

ofrece una mejor calidad de las señales en HD y su portabilidad en un formato en lo que se refiere a HD (alta definición) y la portabilidad. (Espín, 2014)

3.4.2.1.2 Televisión Digital Terrestre en el Perú

El 2007, el MTC crea una comisión multisectorial que estuvo conformado por diversos representantes de las siguientes instituciones: Instituto de Radio y Televisión del Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ministerio de Relaciones Exteriores, Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Propiedad Intelectual y CONCORTV, que por medio de la Resolución Suprema N°010- 2007-MTC, estuvieron a cargo de seleccionar el estándar de transmisión de la TDT, realizando un estudio técnico, económico y de cooperación técnica de los estándares mundiales de Televisión Digital Terrestre existentes (ATSC, DVB-T, ISDBT, ISDB-Tb y DTMB). Así el 24 de abril del 2009 con Resolución Suprema N°019-2009-MTC, nuestro país a través del MTC adopta el estándar japonés ISDB-T con modificaciones brasileñas. (MTC, 2023)

Aquel mismo día de la elección del estándar ISDB-Tb, con Resolución Suprema N° 082-2009 – MTC, se crea una comisión multisectorial para elaborar el Plan Maestro de Implementación de la Televisión Digital Terrestre. Finalmente, el 29 de marzo del 2010 con Decreto Supremo N° 017-2010 – MTC es aprobado el PLAN MAESTRO DE IMPLEMENTACION DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE, el cual se encarga de facilitar la transición de los servicios de radiodifusión de televisión analógica a servicios de radiodifusión de televisión digital terrestre, planificando, normando y promoviendo el uso de la tecnología digital en los servicios de radiodifusión de televisión de señal abierta en nuestro país. (MTC, 2023)

El Plan Maestro establece una serie de procedimientos para que las estaciones de radiodifusión que se encuentran operando, puedan realizar la transición a las transmisiones con tecnología digital, finalizando las transmisiones de la señal análoga según el territorio en el que se encuentran.

Finalmente, el 23 de diciembre del 2022, se publica en el diario oficial El Peruano, un último Decreto Supremo N° 020-2022-MTC, que modifica los plazos que tienen los radiodifusores para iniciar sus transmisiones con tecnología digital. Esta norma toma en cuenta el alto número de estaciones de radiodifusión que aún no operan con la señal digital, así como el bajo nivel de conocimiento de la población sobre la TDT, ya que el 74.4% de la población no tiene conocimiento de la señal de Televisión Digital Terrestre. (MTC, 2023)

3.4.2.2 Sistema de transmisión ISDB-Tb

En el estándar ISDB-Tb, una señal de televisión digital que contiene audio, video y datos, pasa por las siguientes etapas:

3.4.2.2.1 Codificación de fuente

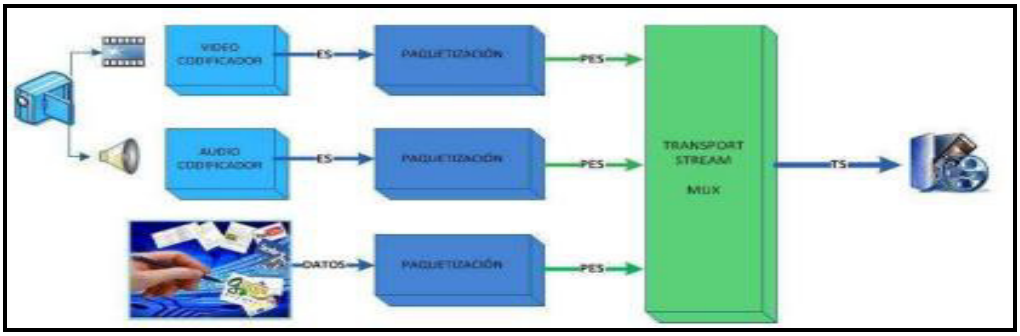
En esta etapa el audio, video y datos se comprimen por separado, el cual origina la formación de un flujo de datos llamado Elementary Stream (ES), que contienen paquetes de tamaño variable, los cuales dependen de la calidad de audio y video. Luego mediante una técnica de paquetización los ES son almacenado en paquetes de diferente tamaño denominado Packetized Elementary Stream (PES). Finalmente, estos los PES son divididos en paquetes de tamaño fijo de 188 bytes formando un flujo de datos llamado Transport Stream (TS).

En el estándar ISDB-T en la compresión de video se utiliza el MPEG-2, mientras que para la versión brasileña ISDB-Tb utiliza el MPEG-4. Por

otro lado, la compresión de audio para ISDB-T es AAC, y para ISDB-Tb es el HE-AAC. (Illescas et al, 2011)

Figura 3

Codificación de audio, video y datos.



Nota. Está codificación da formación al transport stream. Tomado de *Implementación de un transmisor de pruebas de Tv Digital Terrestre para la emisión de aplicaciones interactivas* (p. 2), por Illescas et al.,2011.

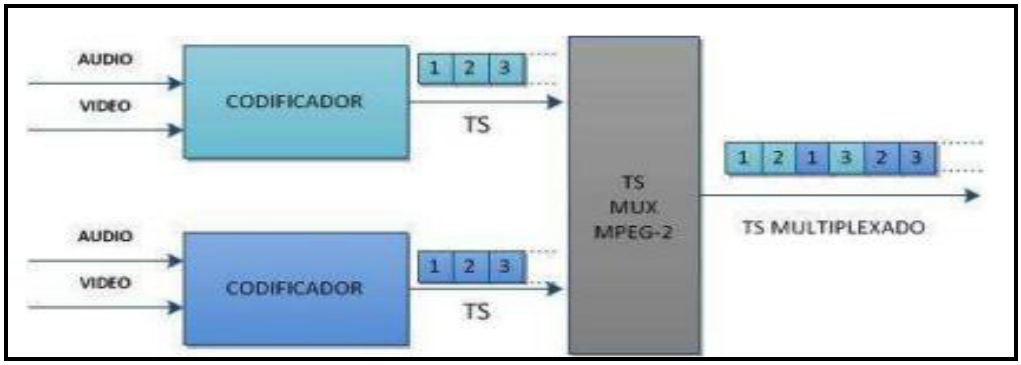
3.4.2.2.2 Multiplexación ISDB-Tb

Es la etapa encargada de la transmisión de uno o más programas en un canal de televisión, los cuales son multiplexados, además se añade cierta información para que el receptor pueda recuperarlos, siendo identificado por los usuarios o televidentes. Su principal elemento es el multiplexor, que forma un único flujo de datos llamado BTS, a partir de Transport Stream individuales en la entrada.

- **Multiplexación:** Aquí se unen dos o más flujos diferentes de información, que garantiza un orden en el envío de paquetes de TS. Además, al multiplexar diferentes TS, estas generan una tabla del flujo que contiene varios programas y demás componentes que resultaron del proceso de multiplexación.

Figura 4

Multiplexación de TS

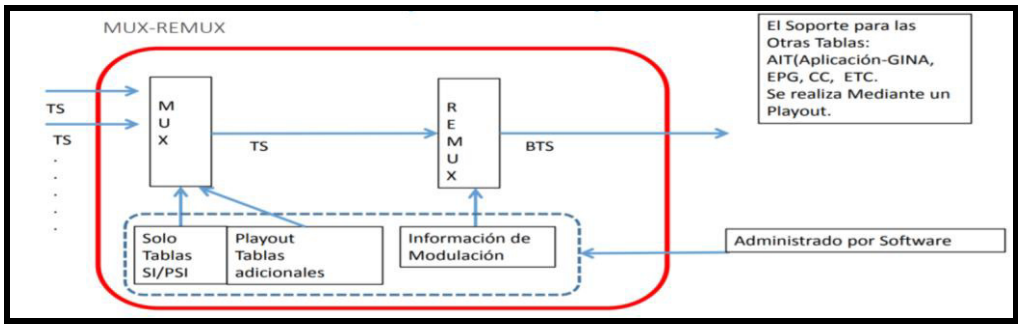


Nota. Diferentes TS se pueden multiplexar para poder enviar varios programas de audio y video. Tomado de *Implementación de un transmisor de pruebas de Tv Digital Terrestre para la emisión de aplicaciones interactivas* (p. 3), por Illescas et al.,2011.

- **Remultiplexación:** Aquí se genera la señal Broadcast Transport Stream y se organiza en capas jerárquicas (A, B, C), también se generan los paquetes IIP y el TMCC que contiene los parámetros de transmisión como: modo, intervalo de guarda, segmentos, modulación, tasa de bits, reloj externo y el entrelazado para la configuración de las capas.

Figura 5

Multiplexación ISDB-Tb.



Nota. La imagen muestra la multiplexación de los TS, que luego son remultiplexados, con información adicional, cuya salida es el BTS propio del estándar ISDB-Tb. Tomado de *Televisión Digital Terrestre ISDB-T*, por INICTEL-UNI, 2018.

El BTS que se genera es un paquete con tasa fija de 32.507936 Mbps según la norma del estándar ISDB-Tb, cuyo tamaño de paquetes es de 204 bytes, de los cuales 188 bytes contienen información útil y los 16 bytes restantes se usan para cargar información de configuración del modulador. (Pisciotta, 2010)

3.4.2.2.3 Sistema Radiante

Viene a ser el conjunto de arreglo de antenas que genera un determinado patrón de radiación, y son usadas acorde a la ubicación de la planta transmisora y la zona a cubrir. (Bautista, 2021)

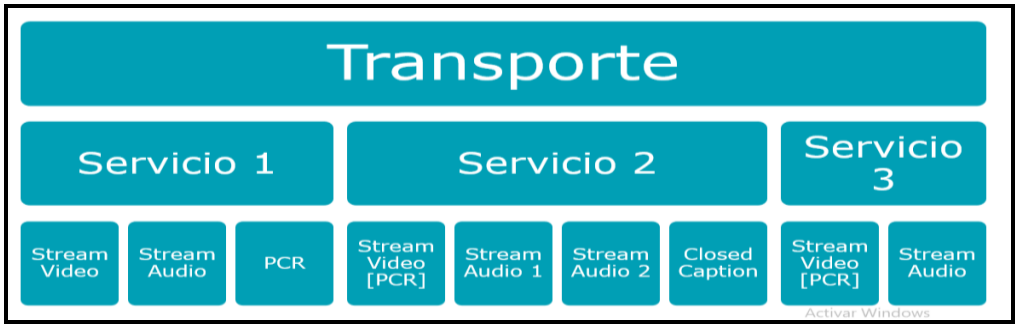
3.4.2.3 Estructura del flujo de transporte en el estándar ISDB-Tb

3.4.2.3.1 MPEG-TS

Esta es la base de todos los sistemas de comunicación de televisión digital, el cual es un formato contenedor de audio, video y datos con señalización necesaria para la interpretación de la información a transmitir. (Videoswitch, 2020)

Figura 6

Elementos del MPEG-TS.



Nota. La figura muestra el esquema básico de los elementos del transport stream.

El MPEG-TS posee 3 elementos fundamentales (Ver figura 6).

- **Elementary stream:** Es el elemento base, es la unidad mínima de información. Esta unidad elemental contiene un solo tipo de información como por ejemplo audio o video. Por lo general se la asocia con un Identificador de paquetes o PID. (Videoswitch, 2020)

- **Servicio:** Está formado por varios elementary stream, los cuales están agrupados formando un servicio. Este representa un contenido audiovisual completo con audios, video, closed caption, etc, debido a que está formado por varios elementary stream. Es lo que un usuario de televisión o televidente va a visualizar con un numero en su televisor, lo que comúnmente se asocia con un canal de televisión. (Videoswitch, 2020)

- **Transporte:** Es un flujo de datos multiplexado que incluye todo el contenido a transmitir ya que está formado por varios servicios. Estos servicios son agrupados en el transporte, el cual se puede definir como el canal de los 6 MHz. (Videoswitch, 2020)

3.4.2.3.2 Tablas PSI/SI

- **Tablas PSI:** Las tablas PSI son tablas indispensables que proporcionan al decodificador parámetros de red, TS, ES para cada programa, además de ofrecer la identificación de contenido de cada paquete. Estas corresponden a un solo programa. (Villacrés, 2013)
  Las tablas PSI están compuestas principalmente por las siguientes tablas: PAT, PMT y NIT.

- **Tablas SI:** Son tablas propias de la norma de transmisión, en nuestro caso el ISDB-T. Almacena información referida a canal, está formado por otras subtablas como el SDT, EIT, BIT, TOT,

estas tablas que transportan información como el EPG, datos de sincronización, fecha y hora, datos del radiodifusor, etc. (IRTP, Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb., 2019)

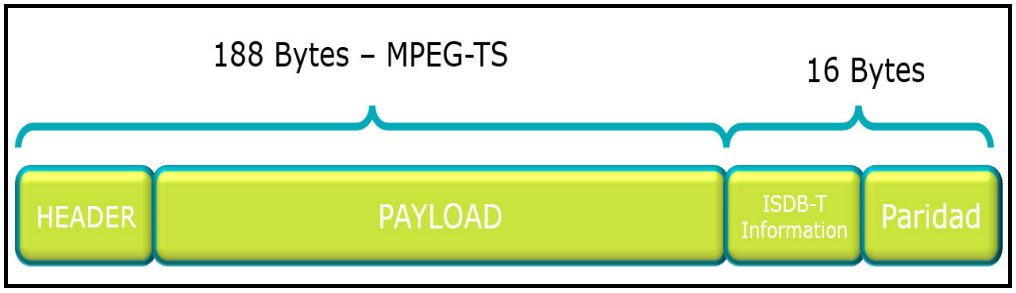
3.4.2.3.3 BTS

Es un flujo de datos de transport stream que incorpora el concepto de separación en capas. Esto es generado por el Remultiplexor, y le envía al modulador toda la información que este necesita para poder operar. Agrega un paquete llamado ISDB-T Information Packet (IIP) en el transporte. (Videoswitch, 2020)

El paquete IIP, es un paquete de datos que se utiliza para definir parámetros de modulación, control y configuración del sistema, este cuenta con dos descriptores la MCCI (Modulation Control Configuration Information) y la NSI (Network Synchronization Information)

Figura 7

Estructura del BTS.



Nota. El BTS es una modificación del MPEG-TS al cual se agregan 16 bytes que contiene información.

En la norma ISDB-Tb, durante la etapa de remultiplexacion se combinan los transport stream formándose una trama o flujo binario llamado BTS. En este proceso se añaden 16 bytes nulos a los TS, formando un flujo binario de 204 bytes con una tasa de datos de 32.5079 Mbps. (Jácome, 2017)

3.4.2.4 Señal EWBS

Es una señal transmitida por una estación de radiodifusión el cual activa los receptores compatibles con EWBS para mostrar una información de emergencia. Estas activan el indicador del TMCC y el descriptor de emergencia en la tabla PMT. (Orna, 2016)

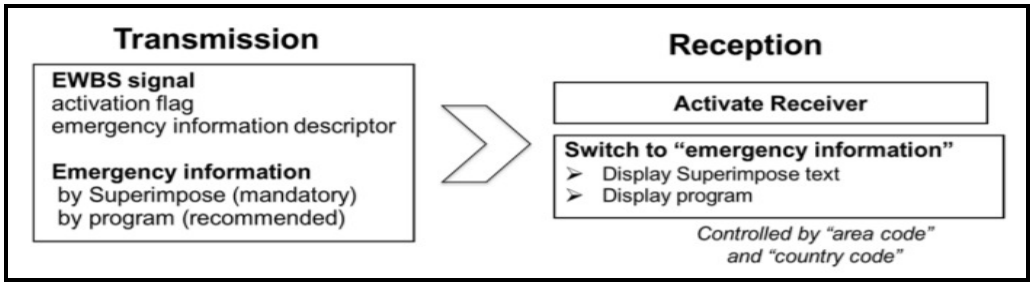
La transmisión en la estación de radiodifusión se realiza de la siguiente forma:

- Transmiten el mensaje de texto por medio de la función de Superposición (operación obligatoria)
- Transmiten el programa (operación recomendada)

Mientras que, por el lado de la recepción, los receptores compatibles con EWBS son activados de acuerdo al código de área, conmutando a la información de emergencia. (Orna, 2016)

Figura 8

Funcionamiento del EWBS.

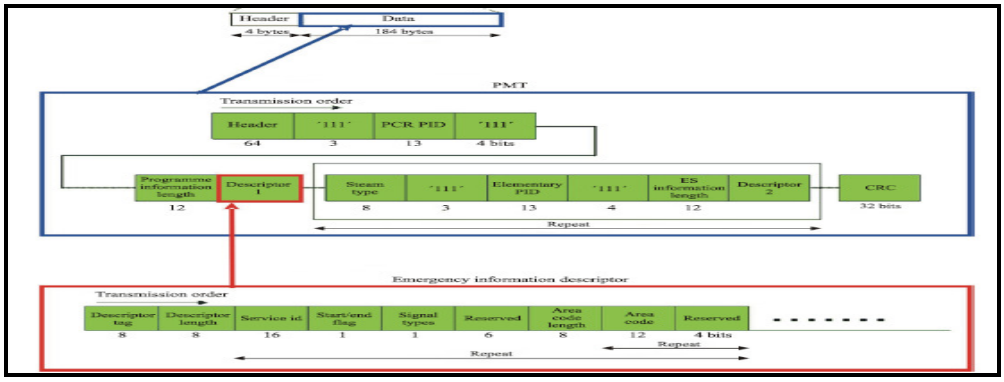


Nota. La figura muestra los parámetros en la transmisión y recepción de señal EWBS. Tomado de *Documento de armonización parte 3: Sistema de Alerta de Emergencias EWBS*, por ISDB-T Internacional, 2013.

3.4.2.4.1 Elementos de la señal EWBS

- **Descriptor de emergencia:** Está presente solo en la norma ISDB-T, el cual se encuentra dentro de la tabla PMT, este adiciona información adicional y forma parte del Transport Stream. (Espín, 2014)

Figura 9:
Estructura del descriptor



Nota. La información de emergencia se ubica en el descriptor de la tabla PMT. Tomado de *Análisis de un sistema de transmisión de alertas contra desastres naturales mediante TDT* (p. 46), por Espin, 2014.

- **Código de área:** Define la zona que será introducida en el descriptor de emergencia cuando se realice el envío de la alerta de emergencia. Está conformado por 12 bits que son escogidos por una entidad del Estado, los cuales se entregan al proveedor de receptores digitales para que lo incluyan en el equipo. (Orna, 2016)

Figura 10

Código de área por departamento.

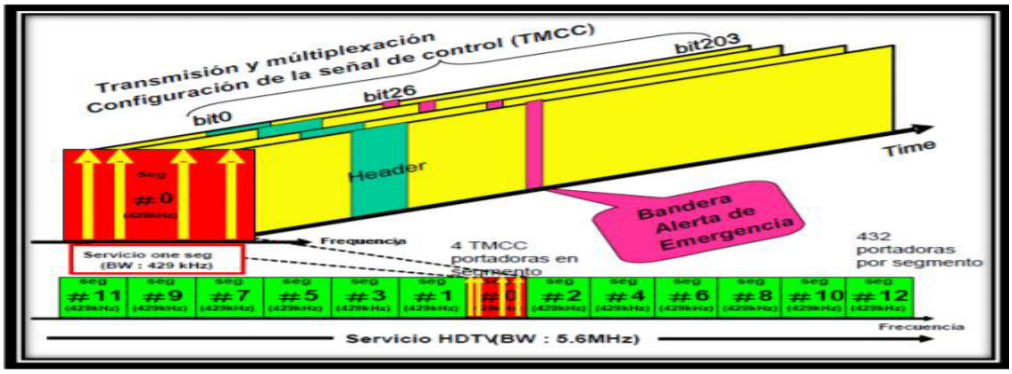
DEPARTMENTO	UBIGEO	CODIGO DE AREA	
		decimal	binario
AMAZONAS	10000	1	000000000001
ANCASH	20000	2	000000000010
APURIMAC	30000	3	000000000011
AREQUIPA	40000	4	000000000100
AYACUCHO	50000	5	000000000101
CAJAMARCA	60000	6	000000000110
CUSCO	80000	7	000000000111
HUANCAVELICA	90000	8	000000001000
HUANUCO	100000	9	000000001001
ICA	110000	10	000000001010
JUNIN	120000	11	000000001011
LA LIBERTAD	130000	12	000000001100
LAMBAYEQUE	140000	13	000000001101
LIMA	150000	14	000000001110
CALLAO	70000	15	000000001111
LORETO	160000	16	000000010000
MADRE DE DIOS	170000	17	000000010001
MOQUEGUA	180000	18	000000010010
PASCO	190000	19	000000010011
PIURA	200000	20	000000010100
PUNO	210000	21	000000010101
SAN MARTIN	220000	22	000000010110
TACNA	230000	23	000000010111
TUMBES	240000	24	000000011000
UCAYALI	250000	25	000000011001

Nota. Estos se asignan a un departamento, provincia o distrito. Tomado *de Informe anual del proceso de implementación de TDT en el Perú*, por MTC, 2023 (https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/4980830-informe-anual-de-evaluacion-del-proceso-de-implementacion-de-la-television-digital-terrestre-tdt-en-el-peru-2023-radiodifusion-dgat-mtc)

- **Indicador de activación del TMCC:** Contiene información que incluye un parámetro denominado indicador de activación del EWBS. Este se ubica en el bit 26 de la TMCC, el cual estará en “1” cuando el arranque en el receptor esté controlado, y “0” cuando no. (Orna, 2016)

Figura 11

Bit 26 del TMCC.

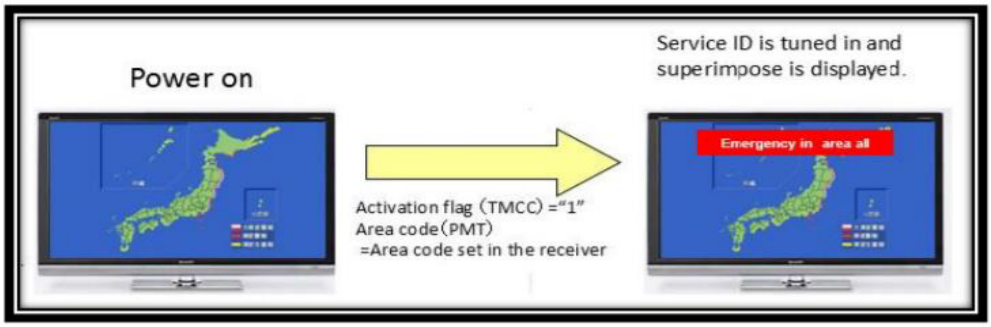


Nota. La bandera de emergencia estará en 1 mientras se transmita la emergencia y en 0 cuando termine. Tomado de *Estudio para la implementación de una red de alerta de emergencia por la ocurrencia de amenazas naturales y antrópicas usando las subportadoras de televisión digital* (p. 10), por Orna, 2016.

- **Superposición:** Permite brindar información de texto independientemente de las señales de audio y video. Los servicios de superposición son transmitidos mediante una PES no sincronizada. se transmiten a través de una PES no sincronizada. (Orna, 2016)

Figura 12

Superposición de textos en un receptor.



Nota. La superposición permite que el mensaje cubra parte de la imagen en un receptor. Tomado de *Estudio para la implementación de una red de alerta de emergencia por la ocurrencia de amenazas naturales y antrópicas usando las subportadoras de televisión digital* (p. 12), por Orna, 2016.

3.4.2.4.2 Proceso de Transmisión de la señal EWBS

El inicio del EWBS sigue el siguiente procedimiento:

- El descriptor de información de emergencia se encarga de especificar las condiciones de inicio y fin, el ID de servicio y el código de área que están presentes en la tabla PMT de todos los servicios.
- La estación radiodifusora se encarga de colocar en “1” el indicador de activación para la señal EWBS en el TMCC.
- El mensaje de texto de superposición tiene que transmitirse en un servicio que transmita la información de emergencia.
- El programa con información de emergencia, en caso esté disponible, se tiene que transmitir en un servicio que transmita la información de emergencia.

Cuando se detenga la señal EWBS, deben seguir el siguiente procedimiento:

- Colocar en “0” el indicador de activación para la señal EWBS.
- Eliminar el descriptor de emergencia de la tabla PMT. (Orna, 2016)

3.4.2.4.3 Proceso de recepción de la señal EWBS

Para la recepción de la señal EWBS se debe seguir lo siguiente:

- El receptor tiene que estar habilitado para recepcionar la señal EWBS, cuenta con un monitoreo de forma permanente el indicador TMCC cuando este en modo “stand-by”.
- Cuando el indicador de activación del TMCC conmute de “0” a “1”, los receptores digitales deben revisar y controlar el descriptor de emergencia que se encuentra en la tabla PMT del Transport Stream recibido.
- Cuando el indicador de activación del TMCC se encuentre en “1” y además el código de área de la tabla PMT coinciden con el código de área del receptor, estos se activarán mostrando la información de emergencia (Superposición y programa).
- Cuando el indicador de activación conmuta a “0”, quiere decir que están realizando pruebas en la transmisión por lo que no se requiere alguna operación especial. (Orna, 2016)

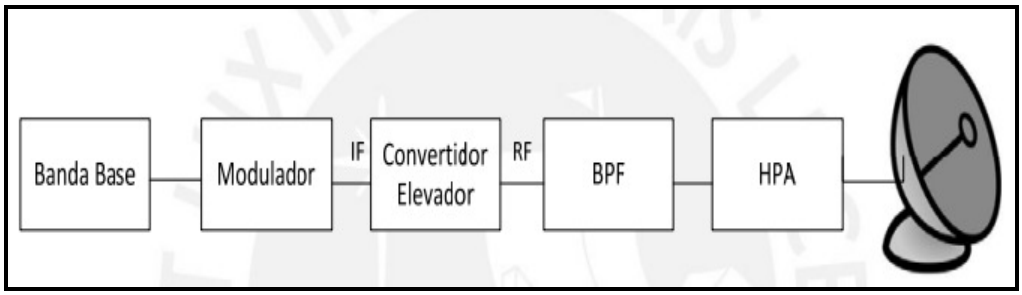
3.4.2.5 Sistema de transmisión satelital

3.4.2.5.1 UPLINK

Está conformado por las siguientes etapas mostrada en la figura:

Figura 13

Enlace de subida satelital.



Nota. La señal BTS es llevada por el enlace de subida. Tomado de *Diseño del sistema de transmisión satelital para el transporte de la señal ISDB-T BTS* (p. 41) , por Carhuamaca, 2011.

La señal de banda base ingresa a un modulador que lo convierte en frecuencias intermedias IF, utilizando la modulación adecuada para la transmisión. Luego este pasa por un conversor de frecuencia IF a RF, y es ingresado al filtro pasa bandas. Finalmente llega al amplificador de potencia que se conecta a la antena de transmisión para radias las Ondas electromagnéticas hacia el satélite. (Carhuamaca, 2011)

3.4.2.5.2 Transpondedor

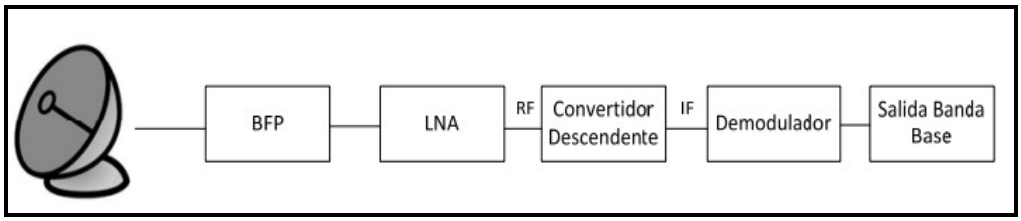
Es una parte esencial del sistema de comunicaciones satelitales, cuya función principal es la de amplificar la señal que se recibe desde la estación terrena, se cambia de frecuencia y retransmite a una estación terrena que se encuentra de su área de cobertura. (Carhuamaca, 2011)

3.4.2.5.3 DOWNLINK

Se conforma de las siguientes etapas, tal como en la figura.

Figura 14

Enlace de bajada satelital



Nota. La señal BTS es recuperada en el enlace de bajada. Tomado de *Diseño del sistema de transmisión satelital para el transporte de la señal ISDB-T BTS* (p. 42), por Carhuamaca, 2011.

La antena parabólica recibe la señal RF proveniente del satélite, que pasa por el filtro pasabanda que pone los limites en la potencia de entrada, este además pasa por un amplificador de bajo ruido LNA que elimina las interferencias en la señal. La salida del LNA ingresa al convertidor descendente de señal RF a IF, para finalmente ingresar al demodulador que se encarga de obtener la señal en banda base. (Carhuamaca, 2011)

3.4.2.6 Parámetros del enlace satelital

Los parámetros que definen un enlace satelital son:

3.4.2.6.1 PIRE

Se define este parámetro como una potencia de transmisión equivalente:

PIRE = Pr*Gt (watts)

Donde:

Pr = Potencia total radiada de una antena (watts)

Gt = Ganancia total de la antena transmisora (adimensional)

En dB, la ecuación quedaría de la siguiente forma:

PIRE (dBW) = Pr (dBW) + Gt (dB)

En la salida del transmisor, la potencia total radiada está definida como:

Pr = Pt – L bo – L bf

Donde:

Pt = Potencia de salida real del transmisor (dBW)

L bo = Pérdidas de respaldo por HPA (dB)

L bf = Pérdidas del alimentador (dB)

Por lo tanto:

PIRE = Pt – Lbo – Lbf + Gt. (Merino, 2014)

3.4.2.6.2 Temperatura equivalente de ruido

Expresa el ruido aportado por un dispositivo o receptor en la evaluación de su rendimiento. Se expresa de la siguiente forma:

Te = T(NF-1)

Donde:

T = Temperatura de ambiente en °K

NF = Factor de ruido (adimensional)

3.4.2.6.3 Densidad de ruido

Es la potencia de ruido total normalizada a un ancho de banda de 1Hz. Esta expresada matemáticamente de la siguiente forma:

$$N0 = K*Te$$

Donde:

N0 = Densidad de potencia de ruido (W/Hz)

K = Constante de Boltzman (1.38*10^-23 J/°K)

3.4.2.6.4 Pérdidas por espacio libre

Entendemos el espacio libre como homogéneo y libre de cargas eléctricas. Se expresa como:

$$Lo = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2$$

3.4.2.7 Estándares en el mercado satelital

3.4.2.7.1 DVB-S: Es el estándar de comunicación satelital de dos vías. Presenta las siguientes características:

- Usa modulaciones BPSK, QPSK, 8PSK, 16 QAM
- Los datos son encapsulados en paquetes de tamaño fijo ATM o MPEG.

3.4.2.7.2 DVB-S2: El estándar DVB de segunda generación o DVB-S2, es el actual sistema de comunicación satelital más usado, lo que permite usarlo en una gran variedad de aplicaciones por satélite. Presenta las siguientes características:

- Presenta modulaciones como: QPSK, 8PSK, 16 APSK y 32 APSK.
- Factores de roll off de 0.35, 0.25 y 0.20.
- Mayores tasas de código como: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10. (Merino, 2014)

3.4.2.8 Bandas de operación de frecuencias

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, elaboró una tabla para clasificar las frecuencias radioeléctricas destinadas a los servicios de radiocomunicaciones espaciales, así como los servicios fijos y móviles por satélite. Las bandas mencionadas comercialmente son usadas con letras alfabéticas, como banda L, C, Ku o Ka. La tabla 1 muestra la asignación de frecuencias por banda. (Merino, 2014)

Tabla 1

Frecuencias asignadas por banda

Banda	Frecuencias asignadas (GHz)
L	1.52-1.71
C	3.4-4.2; 4.5-4.8; 5.15-5.25; 5.85-7.
X	7.2-8.4
Ku	10.7-13.25; 13.75-14.8
Ka	17.3-21.0; 27.0-31.0

Nota. Las bandas C y Ku, son usadas especialmente en el transporte de señales de televisión satelital. Tomado de *Análisis de viabilidad de los HTS de banda KA para la prestación de servicios de banda ancha satelital en el Perú mediante la aplicación de modelos matemáticos en el desarrollo de cálculos de enlace* (p.35), por Merino, 2014.

3.5 Procedimiento

3.5.1 Consideraciones generales

En el Perú, desde el 2010 se está desarrollando la implementación de la Televisión Digital Terrestre en base a la normativa del Plan Maestro para la Transición a la Televisión Digital Terrestre, elaborado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en el cual establece los plazos para el cese de la señal analógica y el inicio de las transmisiones de la señal digital dividiendo al Perú en 5 territorios, ver tabla 2.

Tabla 2

Plan Maestro para la transición a la TDT

Territorio	Localidades	Plazo máximo para el cese de las transmisiones analógicas
01	Lima y Callao	IV Trimestre 2021
02	Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo.	Según Resolución Ministerial
03	Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna.	Según Resolución Ministerial
04	Abancay, Cajamarca, Chachapoyas, Huancavelica, Huánuco, Puerto Maldonado, Moquegua, Cerro de Pasco, Moyobamba y Tumbes.	Según Resolución Ministerial
05	Localidades no incluidas en el territorio 01, 02, 03 y 04.	Según Resolución Ministerial

Nota. Debido a los retrasos del apagón analógico, la transición a la TDT en los territorios 2, 3, 4 y 5 no tiene fecha definida. Tomado *de Informe anual del proceso de implementación de TDT en el Perú*, por MTC, 2023 (https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/4980830-informe-anual-de-evaluacion-del-proceso-de-implementacion-de-la-television-digital-terrestre-tdt-en-el-peru-2023-radiodifusion-dgat-mtc)

Siendo el IRTP, la institución de radiodifusión del Estado encargada de transmitir el sistema de alerta de emergencia EWBS a través de su plataforma de Televisión Digital Terrestre.

Se consideraron varios factores para la implementación del Hub Satelital, el cual es diferente a las otras estaciones de radiodifusión privadas. A continuación, se detalla las consideraciones generales.

- **Propuesta técnica**

  Para la implementación de un enlace vía satélite con sistema de alerta de emergencia EWBS para su difusión sobre TDT, debe contar con una capacidad satelital de 11 MHz, siendo capaz de transmitir las 5 señales digitales del IRTP, incluyendo la alerta de emergencia, con una tasa de datos de aproximadamente de entre 19.0 a 19.5 Mbps.

- **Ubicación**

  El Hub Satelital estará ubicado en las instalaciones de la sede central del IRTP, en la Av. José Gálvez 1040, Lima.
- **Cobertura**

  La señal será transmitida en todo el territorio nacional con una antena de 4.8 m de diámetro máximo, y será recepcionados en los retransmisores de TDT, con antenas de 1.2 m, en la mayor parte del territorio nacional con una disponibilidad del 99.6 % en promedio.
- **Diagramas**

  Los diagramas deben detallar la implementación del sistema (bloques)
- **Enlace con el Centro de Gestión de Riesgo de Desastres**

  Consideramos el medio de transmisión que permite enviar la señal de emergencia desde el Centro de Gestión de Riesgo de Desastres hasta la estación de radiodifusión encargada de difundir esta señal EWBS.
- **Mediciones de los parámetros de alerta de emergencia dentro del stream BTS**

  Verificar los parámetros del stream BTS en la cadena de transmisión satelital, haciendo uso de un equipo analizador de transport stream.

3.5.2 Diseño de un Hub Satelital en la estación de TDT

Para el diseño del Hub Satelital en la estación de TDT, se debe considerar que el IRTP debe transmitir sus 05 canales digitales (Tv Perú, Radio Nacional, Tv Perú Noticias, Canal IPe y Tv Perú Móvil), además de la alerta de emergencia EWBS.

El Hub satelital comprende lo siguiente:

3.5.2.1 Cabecera digital TDT

Esta cabecera fue diseñada por ingenieros japoneses, que lo implementaron en el IRTP. Esta cabecera digital del canal del Estado se encarga de transmitir 5 señales digitales ya mencionadas: Tv Perú, Radio Nacional, Tv Perú Noticias, Canal IPe y Tv Perú móvil. La cabecera digital está compuesta por los siguientes equipos:

3.5.2.1.1 Encoder

Se va a encargar de realizar el proceso de codificación y compresión de las señales de entrada SDI de audio y video, que son generados por los equipos de producción de contenido audiovisual, tanto en alta definición HD como definición estándar SD. Este equipo va a definir la calidad de audio y video que se va emplear según técnicas de compresión empleadas en la configuración del Encoder.

Este equipo debe estar especialmente enfocado en el área de broadcast y cumplir con todas las exigencias de la norma de Televisión Digital Terrestre del estándar ISDB-Tb.

De acuerdo al diseño realizado entre especialistas japoneses e ingenieros del IRTP, para optimizar la transmisión de las 05 señales del canal del Estado, se procedió a asignar el formato Full HD al canal principal Tv Perú, y el resto de canales en formato SD, además de un canal para Tv Perú Móvil en formato LD.

- **Encoder HD**

  Aquí se realiza la codificación y compresión de la señal Tv Perú. La señal ingresa en SDI-HD, cuya tasa de datos es de 1.485 Gbps, con una resolución de 1080i 29.97Hz y con relación de aspecto de 16:9. Además se envían 04 canales de audio que están embebidas en la señal SDI-HD.

  Al ser una señal de alta resolución, se necesita una salida de TS con mayor tasa de datos de compresión de aproximadamente 7.9 Mbps para video y 72 Kbps para audio.
  El canal virtual asignado es el canal 7.1 (Tv Perú).

- **Encoder SD**

  Aquí se realiza la codificación de las señales de Radio Nacional, Tv Perú Noticias y Canal IPe. Al Encoder le ingresa una señal SDI-SD, cuya tasa de datos es 270 Mbps, con una resolución de 480i 29.97 Hz, relación de

aspecto 4:3, el audio de 04 canales se encuentra embebido dentro de la señal SDI-SD.

Al ser una señal en resolución estándar, solo necesita una salida de TS con una tasa de datos de compresión de 2.2 Mbps para video y 32 Kbps para audio.

Los canales virtuales asignados son: 7.2 (Radio Nacional), 7.3 (Tv Perú Noticias) y 7.4 (Canal IPe)

- **Encoder LD**

  Para la codificación Tv Perú móvil, o también conocido como One seg, a este Encoder le ingresa una señal SDI-HD, el cual genera una resolución de 320x180 que es necesario para la decodificación de la señal en dispositivos portátiles.

  Al ser una señal de baja resolución, solo requiere una salida de TS con tasa de datos de 256 Kbps para video y 32 Kbps para audio.

En la siguiente tabla, se detalla los programas, el canal virtual generado, la tasa de datos del TS (video + audio), la resolución de video.

Tabla 3

Asignación de los canales digitales en el encoder.

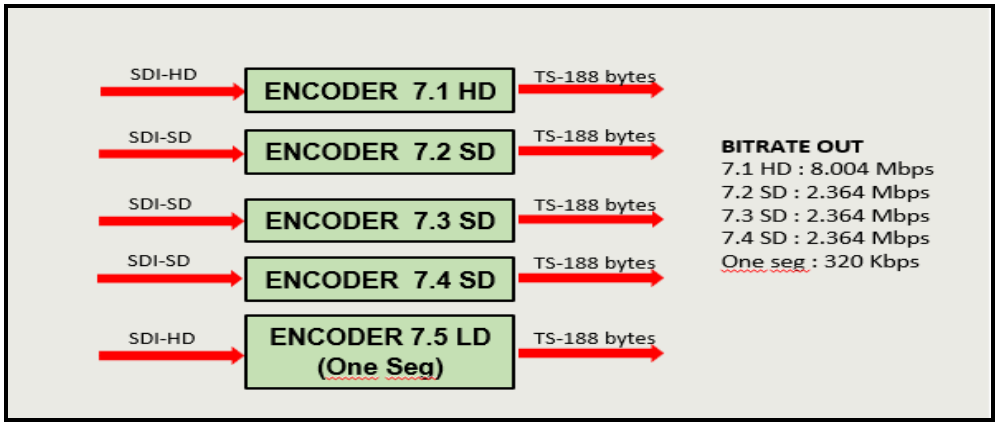
Programa	Canal virtual	Resolución de entrada de video	Resolución de salida de video	Tasa de datos
Tv Perú	7.1	1080i	1080i Full HD	8.004 Mbps
Radio Nacional	7.2	480i	480i SD	2.364 Mbps
Tv Perú Noticias	7.3	480i	480i SD	2.364 Mbps
Canal IPe	7.4	480i	480i SD	2.364 Mbps
Tv Perú móvil	One Seg	1080i	180i LD	0.320 Mbps

Nota. La tasa de datos es asignada acorde a la resolución de video

Con todo lo mencionado, se elabora el diagrama de encoders en cabecera digital del Hub, tal y como se observa en la figura 15.

Figura 15

Diagrama de entradas y salidas de los encoders



Nota. El bitrate out total es de aproximadamente 15 Mbps.

3.5.2.1.2 Multiplexor

Es el corazón de la cadena de transmisión de TDT, con ella se va a controlar todos los parámetros de modulación, ya que esta informa al modulador cómo generar la parte de RF.

Todos los parámetros de modulación deben ser cargados en el multiplexor para armar el BTS.

El multiplexor debe ser instalado en la cabecera digital de la estación de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre y debe cumplir con los estándares de multiplexación MPEG e ISDB-Tb, capaz de multiplexar los servicios provenientes en MPEG Transport Stream, que se reciben por una de sus entradas ASI, quien a su vez debe realizar la separación propio del sistema ISDB-Tb, así como formar las tablas SI y PSI, cuya salida del equipo debe ser un flujo o stream BTS.

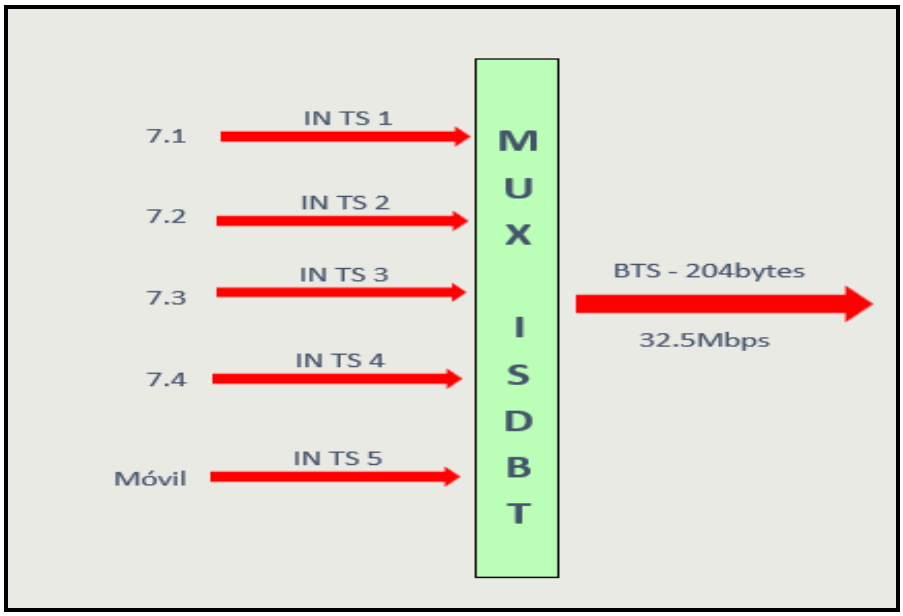
En este proceso la salida TS de los 05 encoders ingresan al Multiplexor a través de las interfaces ASI, generando las tablas PAT y PMT, el cual contiene el flujo de datos e información de programa, audio, video, teletexto, etc. Aquí se crea el flujo de transporte de datos denominado Broadcast Transport Stream (BTS), el cual tiene una tasa de datos de 32.504 Mbps.

Esta etapa es la más importante del sistema de transmisión de televisión digital terrestre, dado que la generación del BTS, incluye la información de la emisora y esta será transmitida hacia todo el país por medio de la estación de radiodifusión de TDT y sus retransmisores.

En base a lo mencionado, el diagrama sería como se muestra en la siguiente figura.

Figura 16

Diagrama de entrada y salida en el multiplexor.

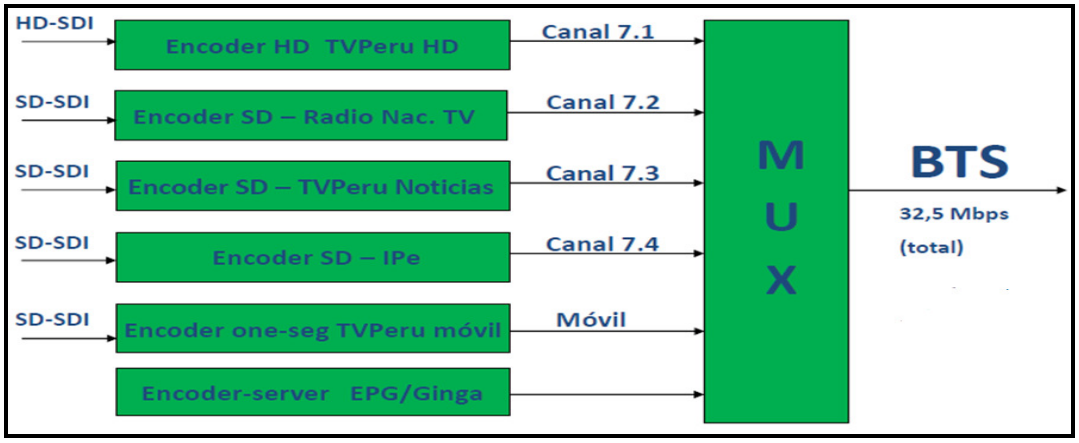


Nota. Las 5 salidas TS de los encoder ingresan al MUX ISDB-Tb

De acuerdo al sistema de encoders y multiplexor, se tiene un diagrama de la cabecera digital con la señal ISDB-Tb del canal del Estado tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura 17

Esquema de la cabecera digital.



Nota. Según la norma ISDB-T, el bitrate del MUX es aproximadamente de 32.5 Mbps

3.5.2.2 Dimensionamiento del stream BTS

Dado que el multiplexor ISDB-Tb en la cabecera digital, tiene como salida el stream BTS, con un tamaño de paquete de 204 bytes, que es propio del estándar ISDB-Tb, este debe transportarse por el sistema de transmisión satelital que opera en el estándar DVB-S/S2, cuyo tamaño de paquetes es de 188 bytes. Para ello es necesario adaptar y dimensionar la trama BTS, el cual se va a transportar en el enlace satelital.

Realizar el dimensionamiento en este caso requiere analizar los siguientes puntos:

- Los sistemas satelitales están preparados para transmitir los paquetes TS de 188 bytes, por lo cual es necesario reducir el tamaño de paquete BTS de 204 bytes a 188 bytes. Por ello se debe contar con algoritmos de compresión de la señal BTS que pueda pasar por el sistema satelital sin alterar la información a transmitir.
- Debido a los altos costos que representa transportar la señal BTS por el sistema satelital, es necesario reducir el ancho de banda a transmitir del BTS.

- El paquete BTS del estándar ISDB-T debe seguir la cadena de transmisión satelital del estándar DVB-S2, esto implica comunicar dos protocolos diferentes de transmisión.
- Priorizar la transmisión de la señal de emergencia EWBS en la comunicación de los estándares ISDB-T y DVB-S/S2.

De acuerdo a lo mencionado, se recopiló información técnica del área de ingeniería del IRTP, para la transmisión de la señal TDT y EWBS por el sistema de transmisión satelital. Este sistema utiliza el estándar de distribución DVB, para el transporte de la TDT y EWBS, lo cual permite alimentar la red de retransmisoras de TDT a nivel nacional, manteniendo la integridad de la señal EWBS al viajar por el sistema satelital.

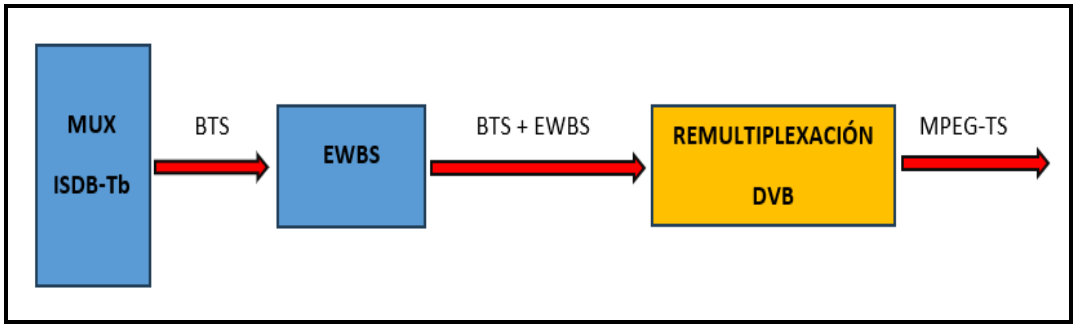
A continuación, se detalla el proceso de dimensionamiento del flujo BTS.

Compresión del stream BTS y Remultiplexación DVB

Esta etapa se realiza un procesamiento de la señal BTS y EWBS, propio del estándar ISDB-Tb, el cual es remultiplexado hacia el estándar DVB. Esto se observa en la figura 18.

Figura 18

Remultiplexación de la señal ISDB-Tb.



Nota. Por medio de la remultiplexación el stream BTS cambia a un stream MPEG-TS.

Para realizar el proceso de remultiplexación DVB, varios fabricantes como NEC, Hitachi, Videoswitch, etc., desarrollaron diversos algoritmos que

reducían la tasa de datos de la señal BTS de 32.504 Mbps a una tasa de 15, 18 y 20 Mbps, dependiendo de las necesidades de la estación de radiodifusión de TDT, esto para resolver el problema de transmitir la señal BTS por el medio de transmisión satelital.

Dentro de las necesidades del IRTP, se encuentra enviar de forma íntegra la señal EWBS hacia todas las retransmisoras TDT a nivel nacional, siendo la empresa Videoswitch la única que se enfocó en desarrollar un algoritmo que priorice la transmisión del aviso de emergencia.

Este algoritmo de compresión usado en la implementación de Televisión Digital Terrestre del IRTP, se basa en 3 aspectos:

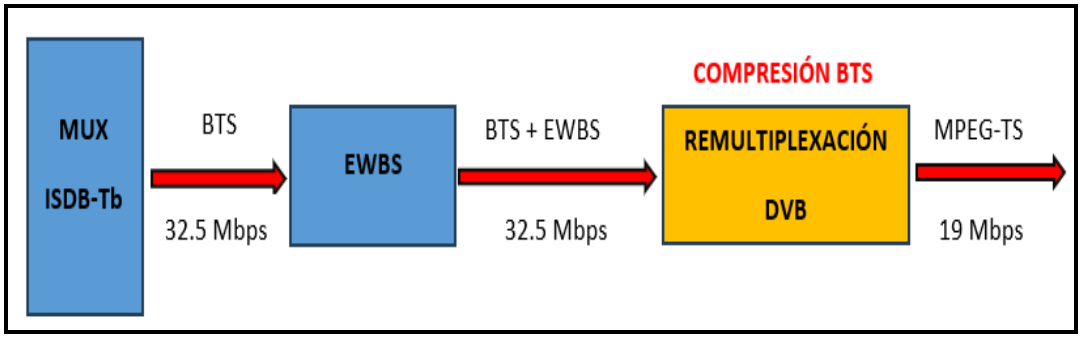
- **Eliminación de stuffing**

  El BTS tiene una tasa de 32.5 Mbps, el cual cerca de la mitad es información de relleno, siendo este llenado con paquetes nulos, esto se debe a que hay cierta relación entre el flujo de datos del MUX con la información que el modulador tienen que transmitir en el aire.

  Se tiene en cuenta que el costo de usar el ancho de banda satelital es oneroso, por ello se tiene que optimizar el uso de ese ancho de banda.

Figura 19

Compresión de la señal BTS.



Nota. La señal BTS tiene una tasa de datos aproximada de 32.5 Mbps, el cual se comprime hasta aproximadamente 19 Mbps.

En la figura 20, se muestra una captura de pantalla del software de un analizador de transport stream utilizado en el IRTP, con una línea roja la tasa de datos efectiva que contiene el paquete BTS y EWBS, mientras que la tasa de datos total es mostrada con una línea en verde, debido a la información de relleno del BTS.

Figura 20

Bitrate efectivo y total del stream BTS.

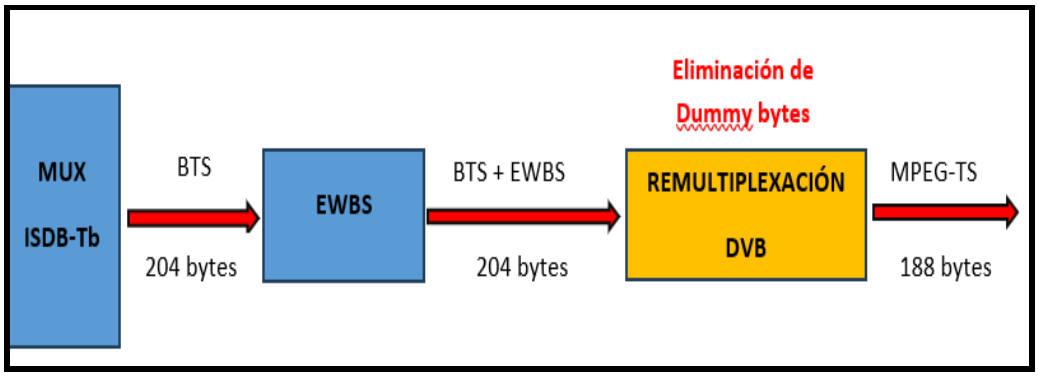
Nota. El software nos arroja una tasa de datos aproximada tanto para el bitrate efectivo (línea roja), como para el bitrate total (línea verde).

- **Eliminación de Dummy Bytes del BTS**

  Se trata de eliminar los 16 bytes adicionales de cada paquete, ver figura 20. Estos son los paquetes que no permiten la transmisión satelital, es necesario eliminar estos 16 bytes para tener paquetes de 188 bytes, y estos puedan viajar por el vínculo satelital.

Figura 21

Eliminación de dummy bytes del stream BTS



Nota. Se eliminan 16 bytes del stream BTS.

Pero, lo que ocurre al eliminar estos bytes, hay perdida de información del BTS, ya que este BTS se convierte en un MPEG-TS, el cual puede viajar por los distintos equipos que intervienen en el sistema de transmisión satelital, estos pueden modificar las tablas PSI/SI y los PIDs, afectando la transmisión del EWBS. La norma que utiliza el sistema de transmisión satelital es el DVB-S o DVB-S2.

Aquí se está introduciendo una estructura de datos de la norma ISDB-Tb dentro de una estructura de datos de la norma DVB-S2, los cuales son dos normas o estándares distintos. Ante ello se debe lograr que la información de la norma ISDB-Tb no se pierda o modifique cuando se incorpore dentro de la norma DVB-S2 y así pueda transportarse por un sistema de transmisión satelital.

- **Generación de la tabla EWDT (Emergency Warning Distribution Table)**

  Es un algoritmo que se basa en la creación de una tabla denominada EWDT, en la cual se agrega toda la información necesaria sobre el aviso de emergencia o señal EWBS.

  Esta tabla viaja por el sistema de transmisión satelital, dentro de un PID no referenciado (PID oculto), que es un PID en el que ningún equipo de la cadena de transmisión va a procesar, ya que los equipos no interpretaran el significado de este PID.

Esta tabla debe ser interpretada por un equipo que debe descomprimir y procesar la tabla, para luego realizar la remultiplexación ISDB-Tb, lo que permitirá mantener integra la información de emergencia EWBS.

Al estar la cabecera central digital en Lima, solo hay una única transmisión satelital desde la estación central hasta los retransmisores de TDT, por lo cual mediante esta tabla generada se va a informar sobre los servicios o programas, código de área, código de país, nivel de emergencia, etc.

Esta tabla viajará de forma transparente en el sistema de transmisión satelital, sin afectar ninguno de los servicios que se estén transmitiendo.

Con el dimensionamiento de la señal BTS, se procede a realizar el diseño del enlace satelital.

3.5.2.3 Enlace satelital

En la etapa anterior se dimensionó el stream BTS para que no tenga problemas en la transmisión satelital, además de optimizar el ancho de banda debido a los costos que implica usar el segmento satelital.

Para el presente trabajo, la señal BTS pasa a la etapa de modulación en el estándar DVB-S2, cuya salida de RF está en banda L, para así ingresar al amplificador de alta potencia HPA, y finalmente ser transmitido por una antena de transmisión adecuada.

Además, el sistema de transmisión satelital del presente proyecto hace énfasis en la transmisión en banda Ku. No obstante, el IRTP ya tiene implementado este sistema en banda C, tomando en cuenta el dimensionamiento del stream BTS detallado anteriormente.

El IRTP tiene contemplado dejar de usar la banda C a finales de este año 2024, y migrar a la banda Ku, por lo que este trabajo describirá la implementación del sistema satelital en la banda Ku.

3.5.2.3.1 Ancho de banda enviado al satélite

Dado que deseamos transportar los aproximadamente 19 Mbps por el enlace satelital, se procedió a realizar los siguientes cálculos con el fin de optimizar el ancho de satelital que se va a requerir.

- **Cálculo del Symbol Rate (SR)**

  Para ello, se considera un data rate de entrada de 20.5 Mbps, FEC de 3/4, y una modulación de 8 PSK, que presenta 3 bits por nivel (n).

$$SR = DR \times \frac{1}{FEC} \times \frac{1}{n}$$

$$SR = 20.5 \times \frac{1}{\frac{3}{4}} \times \frac{1}{3}$$

$$SR \approx 9.111 \text{ Mbaud}$$

- **Cálculo del Ancho de Banda (BW)**

  Para ello se considera un roll off del 20%, el más óptimo en el estándar DVB-S2.

$$BW = SR \times (1 + \text{roll off})$$

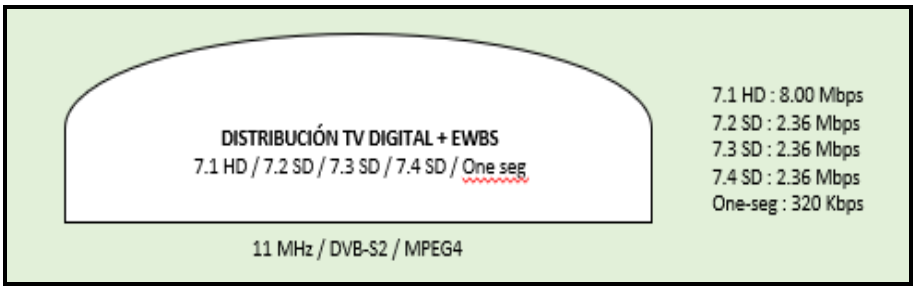
$$BW = 9.111 \times (1 + 0.2)$$

$$BW \approx 10.93 \text{ MHz}$$

Siendo el ancho de banda requerido un total de 11 MHz, tal y como se en la figura siguiente:

Figura 22

Ancho de banda satelital requerido para TDT y EWBS.



Nota. El ancho a utilizar será 11 MHz, en el estándar DVB-S2, con una compresión MPEG-4.

3.5.2.3.2 Modulación y uplink

El BTS es llevado en un formato ASI hacia el modulador pasando a una frecuencia en banda L, para su transmisión hacia el satélite.

Según la evaluación entre la banda C y Ku, la banda C presenta muchos inconvenientes tales como la interferencia por la red de telefonía 5G, por lo que la transmisión se debe realizar en la banda Ku, con una frecuencia de subida de 14267.5 MHz, transportando el ancho de banda de 11 MHz.

A continuación, se colocan los datos del resumen de cálculos de enlace y disponibilidad para el servicio de TDT y EWBS, realizados por el equipo de ingeniería del área de transmisores y control técnico del IRTP. Se toma como referencia la recepción de la señal con una antena de 1.2 m de diámetro.

Las siguientes tablas corresponden al Análisis de Link Budget, proporcionados por el área de ingeniería del IRTP y la empresa EUTELSAT. Se colocaron los parámetros más importantes, si se desea obtener todos los cálculos, consultar el Anexo A.

Tabla 4

Budget Analysis – Space Segment

Link Name	**BW = 11MHz, Rx = 1.2m**
Satellite	E117WA
Orbital Position	116.80°W
Transponder	K38
Transponder Bandwith (MHz)	36
Uplink Frecuency (MHz)	14267.5
Uplink Polarization	X
Downlink Frecuency (MHz)	11967.5
Downlink Polarization	Y
SFD (dBW/m2)	-80.88

Nota. La tabla representa los parámetros que permiten enlazar con el satélite, estos datos fueron proporcionados por el área de ingeniería del canal del Estado. Tomado de *Cálculos de Enlace Eutelsat*, por IRTP, 2023.

Tabla 5

Link Budget Analysis – Carrier Parameters.

Link Name	**BW = 11MHz, Rx = 1.2m**
Modulation	E117WA
FEC	116.80°W
Topology	Distribution
Technology	DVB-S2
Data Rate (Mbps)	19.96
Symbol Rate (Mbaud)	9.17
Roll off	20%
Bandwith consumption (MHz)	11

Nota. Estos parámetros muestran información de la señal portadora, estos datos fueron proporcionados por el área de ingeniera del IRTP. Tomado de *Cálculos de Enlace Eutelsat*, por IRTP, 2023.

Tabla 6

Link Budget Analysis – Uplink Ground Segment

Link Name	**BW = 11MHz, Rx = 1.2m**
Country	Perú
Location	Lima
Longitud	-77.05°
Latitud	-12.05°
Distance to satellite (Km)	37612.67
Atmospheric losses (dB)	0.20
Antena size (m)	4.8
Elevation angle	42.34°
Azimut angle	284.09°
Uplink EIRP (dBW)	65.22
HPA Rating (W)	24.92

Nota. Estos parámetros fueron proporcionados por el área de ingeniera del IRTP. Tomado de *Cálculos de Enlace Eutelsat*, por IRTP, 2023.

Tabla 7

Link Budget Analysis – Link avalaible prediction.

Link Name	BW = 11MHz, Rx = 1.2m
Availability corresponding to assumed uplink rain fade	99.887
Availability corresponding to assumed downlink rain fade	99.840
Availbility	99.727

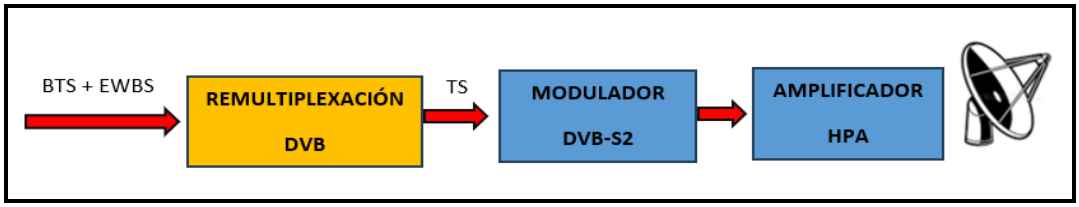
Nota. Estos parámetros fueron proporcionados por el área de ingeniera del IRTP. Tomado de *Cálculos de Enlace Eutelsat*, por IRTP, 2023.

Con esta tabla de cálculos de Link Budget se tiene la capacidad de enviar la señal BTS efectiva que es de 19 Mbps para un ancho de banda de 11 MHz.

El BTS efectivo se envía por una antena parabólica para la subida al satélite, un HPA en promedio de 24.92 W, este puede variar dependiendo de la condición climática. Esta potencia es suficiente para que la transmisión se realice sin algún problema. La figura 23 muestra el diagrama de bloques de modulación y uplink.

Figura 23

Etapa de modulación y uplink.



Nota. El MPEG-TS ya puede enviarse por el uplink.

Por otro lado, se evaluaron dos satélites para transmitir la señal TDT y EWBS en la banda Ku, los cuales presentaban una cobertura total del territorio peruano. Estas son:

- INTELSAT
- EUTELSAT

El PIRE y cobertura de los satélites INTELSAT y EUTELSAT se muestran en los anexos B y C respectivamente. Por temas económicos se optó por el satélite EUTELSAT.

3.5.2.3.3 Downlink y remultiplexación ISDB-Tb

- **Downlink**

  Esta etapa comprende la bajada satelital del BTS efectivo en un flujo MPEG-TS, el cual se encuentra bajo la normativa DVB, donde con una antena parabólica de 1.2 m de diámetro conectada al receptor satelital con tecnología DVB-S2 para recepcionar esta señal.

  De acuerdo al diseño se toma la ciudad de Cusco para la recepción de la señal.

  Tabla 8

  Link Budget Analysis – Downlink Ground Segment.

Link Name	**BW = 11MHz, Rx = 1.2m**
Country	Perú
Location	Cusco
Longitud	-71.98°
Latitud	-13.52°
Distance to satellite (Km)	38053.46
Atmospheric losses (dB)	0.30
Antena size (m)	1.2
Elevation angle	36.64°
Azimut angle	283.24°

  Nota. Estos parámetros fueron proporcionados por el área de ingeniera del IRTP. Tomado de *Cálculos de Enlace Eutelsat*, por IRTP, 2023.

  Para recuperar la señal BTS original, es necesario descomprimirla y remultiplexarla en el estándar ISDB-Tb, garantizando la integridad de la alerta de emergencia EWBS.

- **Descompresión del BTS y Remultiplexación a ISDB-Tb**

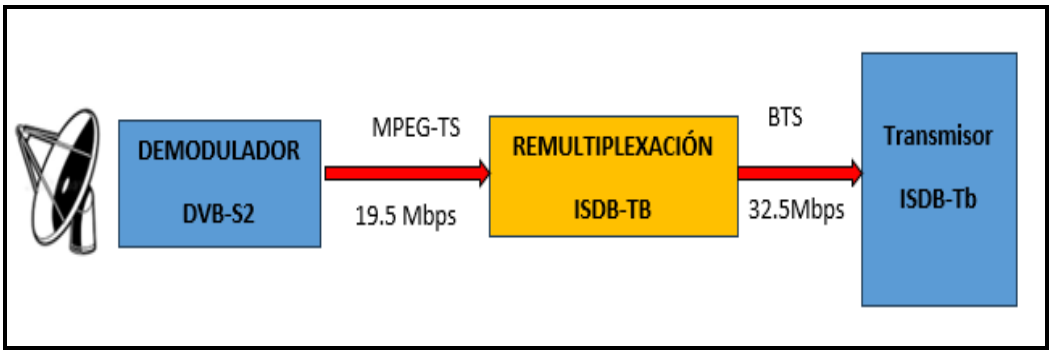
  La señal recepcionada por el receptor satelital, es ingresada al remultiplexor ISDB-Tb, el cual regenera la señal BTS original, para poder así alimentar de red de retransmisoras de TDT del canal del Estado a nivel nacional, incluyendo la alerta de emergencia EWBS.

  La principal función de esta etapa es la reconstrucción de la señal BTS, para ello se necesita descomprimir el flujo de datos MPEG-TS, que contiene información de los programas de la cabecera central digital de la estación de radiodifusión, incluyendo la señal EWBS, para luego remultiplexar al estándar ISDB-Tb.

  La salida MPEG-TS, que guarda información de todo los PIDs, pasa por un proceso de adaptación de tasa de bits, recuperando parte de la información del BTS, luego este pasa por un proceso de remapeo de PID para finalmente agregar los paquetes nulos en un determinado orden. Estos paquetes nulos son agregados para mantener fija la tasa de datos del BTS a 32.504 Mbps, ver figura 24.

Figura 24

Descompresión de la señal BTS.



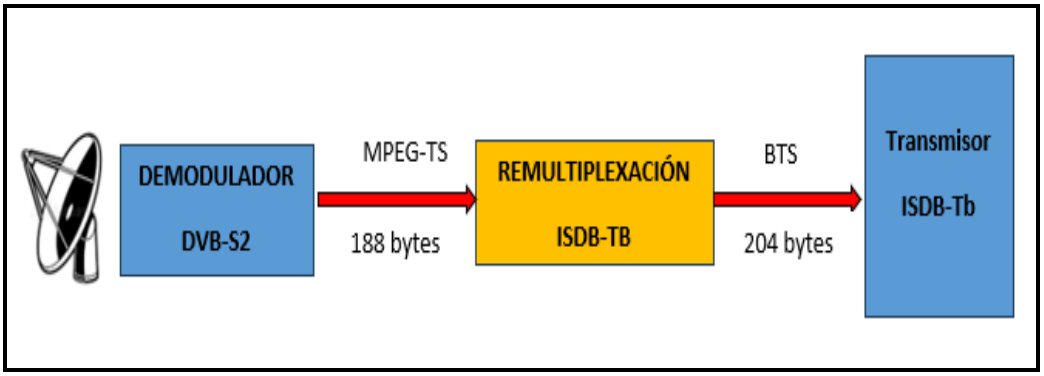
Nota. La señal BTS efectiva que está en formato MPEG-TS es descomprimida, recuperándose la tasa de datos original del BTS.

Además de agregar los paquetes nulos, es necesario agregar los Dummy bytes que son indispensables en la remultiplexación ISDB-Tb, donde se

adiciona la separación en capas, generación de tablas PSI/SI, propios del estándar ISDB-Tb, ver figura 25.

Figura 25

Regeneración de la longitud del stream BTS.



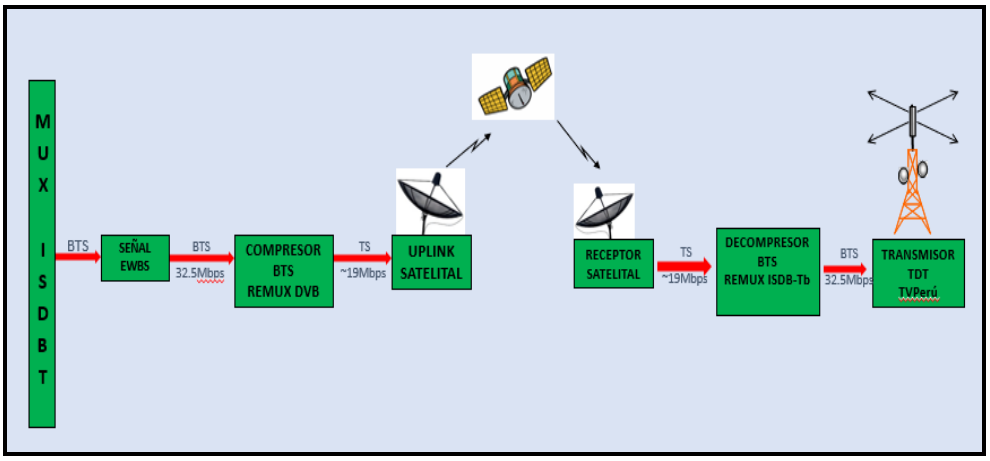
Nota. El tamaño del flujo BTS efectivo es de 188 bytes, el cual al remultiplexarse recupera su tamaño original de 204 bytes.

En esta etapa se procesa y decodifica la tabla EWDT, recuperando la información de emergencia EWBS.

Finalmente, se genera la señal BTS que será enviado al retransmisor de TDT. El esquema final quedaría como en la figura 26.

Figura 26

Diagrama de bloques de la transmisión satelital de TDT y EWBS



Nota. El BTS pasa a MPEG-TS en el uplink, mientras que downlink el MPEG-TS pasa a BTS, para alimentar el transmisor TDT.

3.5.2.4 Requerimientos y detalles técnicos de los componentes del Hub Satelital.

La solución propuesta de acuerdo al diseño debe contar con un adecuado equipamiento técnico, así como las adecuaciones y el acondicionamiento de la cabecera digital, telepuerto en banda Ku y la posibilidad de ingestar la alerta de emergencia EWBS, para alimentar las estaciones de TDT del canal del Estado a nivel nacional.

3.5.2.4.1 Características técnicas de la cabecera digital

Se vuelve a recalcar que la cabecera digital del IRTP, fue implementada con apoyo de ingenieros japoneses, por lo que solo se hará mención de las características técnicas que estos equipos instalados en el IRTP presentan.

Tabla 9

Descripción y cantidad de bienes de la cabecera digital

Cantidad	Descripción
10	Encoder de video H.264, con salida ASI
02	Multiplexor ISDB-Tb, con salida ASI

Nota. La cantidad de bienes incorpora equipos en redundancia.

La cabecera digital está basada en una solución integrable y escalable, que permite la codificación y multiplexación de 5 señales de audio y video en formato SDI-HD (1080i) para 1 canal, SDI-SD (480i) para 3 canales y SDI-LD (180i) para 1 canal, que son originados en la estación TDT del IRTP.

Entre las características de esta etapa se considera los siguiente:

- La codificación debe ser en MPEG-4 AVC (H.264) para video y HE-AAC para audio.
- Los codificadores deben ser redundantes y con alta disponibilidad.
- Las interconexiones físicas entre los codificadores y los multiplexores se realizarán a través de patch panel.

- Los equipos deben contar con un sistema de gestión y administración de servicios.

Tabla 10

Características técnicas del Encoder HD/SD

Parámetros	Características
Entrada	SDI SD/HD (BNC)
Resolución de entrada de video	1920x1080i, 1280x720p, 720x480i
Resolución de salida de video	1920x1080i, 1280x720p, 720x480i, 320x240, 320x180
Tasa de cuadros	25, 30, 50, 60 fps
Entrada de audio	4 audios embebidos
Salida	2x DVB-ASI (2x BNC)
Codificación de video	MPEG-4/AVC o H.264
Codificación de audio	MPEG-4 AAC-LC, MPEG-4 HE-AAC v1/v2
Perfiles	MPEG-4 Baseline (One Seg), MPEG-4 Main y High (Full Seg)
Alimentación	220/110 V AC, 60 Hz
Bitrate	Configurable 160Kbps hasta 12 Mbps
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del encoder HD/SD.

Tabla 11

Características técnicas del multiplexor ISDB-Tb

Parámetros	Características
Entrada	8 entradas ASI (188 bytes), 8 BNC
Funciones	Remapeo de PIDs, servicios y transportes
	Generación de BTS según ARIB STD-B31 y ABNT NBR 15601
	Edicion manual y automática de las tablas PSI y SI.
Salida	2 salidas ASI BTS (204 bytes), 2x BNC. Compatible con la norma ISDB-Tb
Alimentación	220/110 V AC, 60 Hz
Bitrate	Limitador de bitrate por entrada
Señal de referencia o clock	01 entrada de 10 MHz, BNC 75 ohm

Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del multiplexor ISDB-Tb.

3.5.2.4.2 Características técnicas del compresor BTS (Remultiplexor DVB) y descompresor BTS (Remultiplexor ISDB-Tb)

Debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas mínimas. El compresor BTS formará parte de la cabecera digital TDT.

Tabla 12

Descripción y cantidad de bienes del compresor y descompresor BTS.

Cantidad	Descripción
02	Compresor BTS
20	Descompresor BTS

Nota. La cantidad de bienes incorpora equipos en redundancia.

Requerimientos técnicos de los compresores y descompresores de BTS

La presente adquisición de estos equipos, permite ampliar la cobertura de Televisión Digital Terrestre, bajo la norma japonesa brasileña ISDB-Tb, adoptada por el gobierno peruano. El canal del Estado adquiere estos equipos para las localidades pertenecientes al territorio II y III referentes al Plan Maestro de Transición a la TDT, ver tabla 03.

Entre las características de estos equipos se considera lo siguiente:

- Debe ser capaz de comprimir transportes ISDB-Tb (BTS) para su distribución por cualquier medio compatible con MPEG-TS.
- Entrada de 10 MHz para referencia de tiempo.
- Soporte para retransmisión del Sistema de Alerta de Emergencia EWBS.
- Retransmisión de tablas PSI y SI (PAT, PMT, NIT, SDT, BIT, TOT)

- Procesamiento y recuperación de la información de emergencia EWBS.
- Debe ser capaz de descomprimir los transportes MPEG-TS (BTS comprimido) y ser remultiplexados al estándar ISDB-Tb.
- Debe contar con una interfaz de operación y configuración WEB (Ethernet 10/100 Mbps) totalmente gráfica y fácil de usar.

Tabla 13

Requerimientos técnicos del compresor BTS.

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Entrada	01 entrada BTS, BNC 75ohm ISDB-Tb BTS (204 bytes, 32.5Mbps) DVB ASI
Señal de clock	01 entrada de 10 MHz, BNC 75 ohm
Salida	Mínimo 02 salidas BTS comprimidos, BNC 75 ohm. MPEG-2 TS (188 bytes) DVB-ASI El bitrate de la señal de salida depende de la cantidad de Null Packets de la señal de entrada.
Funciones	Eliminación de Null Packets de la señal BTS.
	Debe ser compatible con el sistema EWBS, que se encuentra instalado en el IRTP.
	Compatibilidad con la norma ISDB-Tb.
Alimentación	220/110 V AC, 60 Hz
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del compresor BTS.

Tabla 14

Requerimientos técnicos del descompresor BTS.

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Entrada	01 entrada BTS comprimido, BNC 75 ohm. MPEG-2 TS (188 bytes) DVB-ASI

Señal de clock	01 entrada de 10 MHz, BNC 75 ohm
Salida	Mínimo 02 salidas BTS, BNC 75 ohm. ISDB-Tb (204 bytes, 32.5 Mbps) DVB-ASI
Funciones	Inserción de Null Packets de la señal BTS.
	Debe ser compatible con el sistema EWBS, que se encuentra instalado en el IRTP.
	Compatibilidad con la norma ISDB-Tb.
Alimentación	220/110 V AC, 60 Hz
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del compresor BTS.

3.5.2.4.3 Características técnicas de los equipos del enlace satelital

Esta etapa debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 15

Descripción y cantidad de bienes para el enlace satelital.

Cantidad	Descripción
02	Modulador DVB-S2
02	Amplificador de alta potencia (HPA)
01	Antena parabólica tipo Cassegrain de 4.8 m de diámetro.
20	Antena parabólica receptora de 1.2 m de diámetro.
20	Receptor satelital DVB-S2.

Nota. La cantidad de bienes incorpora equipos en redundancia para el enlace satelital.

Requerimiento mínimo del sistema de enlace satelital

En esta etapa la salida del modulador DVB-S2, que modula señal BTS de la TDT, ingresa a la cadena de transmisión compuesta por los HPA y antena. Entre las características funcionales de este sistema se considerará.

- El sistema es unidireccional.
- La señal modulada debe ser capaz de trabajar con una amplia gama de MODCODs (modulación y codificación)
- Contar con amplificadores de alta potencia HPA, en configuración OUTDOOR.
- Contar con sistema de redundancia automática, en configuración 1+1.
- La antena de transmisión debe ser como máximo de 4.8 m de diámetro, tipo Cassegrain.
- Considerar todos los accesorios necesarios para la interconexión de las etapas de RF.
- Debe contar con una interfaz web o local para la configuración, monitoreo y resolución de problemas.
- La antena parabólica de recepción TDT y EWBS debe tener como mínimo 1.2 m de diámetro con alimentador feed, LNB y cableado RF.
- Los receptores satelitales deben ser compatibles con el estándar DVB-S2.

Tabla 16

Requerimientos técnicos del modulador DVB-S2

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo	Modulador compatible con DVB-S2
Interfaz de entrada	02 entradas ASI, BNC 75 ohm
Symbol rate	50 Ksps a 45 Msps
Modulación	QPSK a 256 APSK
MODCODs	Todos habilitados de forma predeterminada
Data Rate	Hasta 133 Mbps
Roll Off	5, 10, 15, 20, 25 y 35%
Salidas	Banda L, conector “N” hembra, 50 ohm
Frecuencia	950-2150 MHz

Nivel	-35/+7dBm
Temperatura	10°C a 35°C
Referencia	01 entrada y 01 salida de 10 MHz
Alimentación	220/110 V AC, 60 Hz
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local
Incluir	Sistema de redundancia automática

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones que debe tener el modulador que opera en la norma DVB-S/S2.

Tabla 17.

Requerimientos técnicos del amplificador de potencia HPA

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo	Amplificador de alta potencia – HPA TWT o SSPA, en configuración outdoor
Potencia	400 W pico, en caso sea TWT con linealizador.
Frecuencia de entrada	Banda “L” (950-1700 MHz)
Frecuencia de salida	13.75-14.95 GHz
Conexión de entrada RF	Tipo N, 50 ohm
Referencia	Interna/externa de 10 MHz
Temperatura	0°C a 50°C
Alimentación	220/110 V AC, 50/60 Hz
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local
Sistema de redundancia	1+1, debe incluir todos los accesorios necesarios para la instalación y conexión entre la antena y el HPA

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del amplificador de alta potencia solicitadas por el IRTP.

Tabla 18

Requerimiento técnico de la antena transmisora

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de antena	Diseño compacto Cassegrain
Diámetro de la antena	4.8 m
Polarización	Lineal 02 puertos Tx (13.75-14.50 GHz)
Reflector	Paneles de aluminio

Kit de hardware	Para montaje y base de la antena-Galvanizado.
	Unidad deshidratadora automática
	Sistema de control (para alineamiento motorizado de antena en elevación, azimuth y polarización)
Certificación	Según normas de la ITU
LNB	Cantidad 2, Banda Ku (salida simultánea dual) Salida banda L: 950-1950 y 1100-2150 MHz
Alimentación	220/110 V AC, 50/60 Hz
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local
Sistema de redundancia	1+1, debe incluir todos los accesorios necesarios para la instalación y conexión entre la antena y el HPA

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones técnicas solicitadas por el IRTP.

Tabla 19

Requerimientos técnicos de la antena receptora

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo	Antena parabólica de 1.2 m
Ajuste de Elevación	De 10° a 90°
Ajuste de Azimuth	360° continuo
Modo de operación	Recepción, banda Ku
Frecuencia de operación	10.70 - 12.75 GHz
Óptica de antena	Offset Feeder
LNB Frecuencia de Entrada	11.70-12.20 GHz (Banda Ku)
LNB Frecuencia de Salida	950-1450 MHz (Banda L)
Material	Galvanizado (reflector parabólico y soporte)

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones que debe tener la antena que se instalará en las demás retransmisoras de TDT.

Tabla 20

Requerimientos técnicos del receptor satelital

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo	Receptor satelital
Estándar	DVB-S2
Frecuencia de entrada	950 a 2150 MHz
Nivel de entrada	-65 a -25 dBm
Conector de entrada	Tipo F
Constelaciones DVB-S2	QPSK, FEC: 1/2 2/3 3/4 3/5 4/5 5/6 9/10
	8 PSK: FEC: 2/3 3/4 3/5 5/6 9/10
Symbol rate	1 a 45 Msps
Bit rate	150 Mbps máximo
Roll off	0.35, 0.25, 0.20
LNB Power	13v, 18v on/off
Salida ASI	Tamaño de paquetes 188/204 bytes, conector BNC 75 ohm
Control	Vía Puerto Ethernet RJ-45 (interfaz web) y/o control local
Voltaje	110 a 240 VAC

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones que debe tener el receptor satelital que se instalará en las demás retransmisoras de TDT.

Con estas requerimientos y especificaciones técnicas de los elementos que van a intervenir en diseño propuesto, podemos implementar el Hub Satelital de TDT e incorporar el sistema de alerta de emergencia EWBS.

3.5.3 Sistema EWBS en el Hub Satelital

Es uno de los objetivos del presente trabajo, dado que la señal EWBS es una notificación de alerta temprana ante catástrofes que se enviará aprovechando la infraestructura de Televisión Digital Terrestre del canal del Estado, debido a que es un medio confiable para la emisión de este tipo de mensaje.

Vamos a describir los elementos del sistema EWBS que se van a incorporar en la cabecera TDT del Hub Satelital, para su difusión sobre Televisión Digital Terrestre.

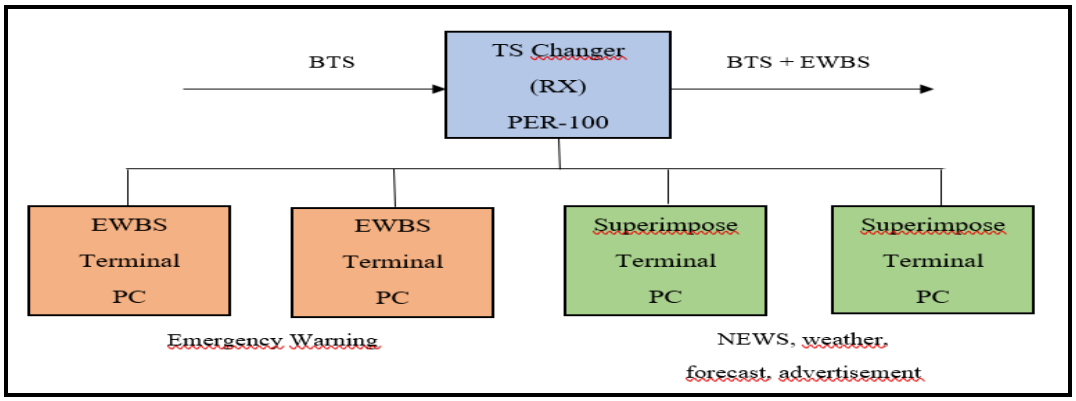
3.5.3.1 El Insertor EWBS

Se trata de un equipo que convierte la información de alerta de emergencia enviada por un Centro de Gestión de Riesgos de Desastres, en señales de EWBS.

La señal BTS ingresa al equipo TS Changer-Rx de la marca Tanabiki, que es nuestro Insertor EWBS, el cual es controlado mediante una conexión LAN o WAN, por el ente del gobierno encargado de la gestión de riesgo de desastres, que inserta los mensajes con una PC que contiene el aplicativo de EWBS, agregando la señal EWBS a la señal BTS. La figura 27 muestra un esquema de las conexiones.

Figura 27

Esquema de entrada y salida del TS Changer Rx.



Nota. La señal BTS ingresa al TS Changer, cuya salida incorpora la señal EWBS.

3.5.3.1.1 Funciones del Insertor EWBS

Las principales funciones del equipo TS Changer-Rx son:

- **Reescribir las tablas PSI y SI**

  Este equipo tiene la función de modificar las tablas PSI y SI, que están incluidos en el Broadcast Transport Stream.

  El procedimiento que realiza es el siguiente: primero, reemplaza la NIT con la tabla prestablecida, luego de acuerdo con esta NIT, reescribe los parámetros de PAT, PMT, CAT, BIT, SDT, EIT

- **Control del bit 26 del TMCC**

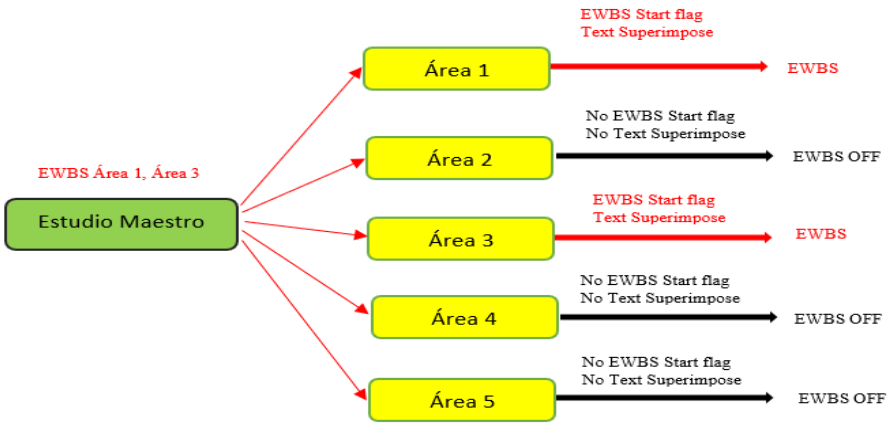
  En este caso, tiene la función de manipular el bit 26 del TMCC, y la información de Superimpose. Esto analizando la información de la tabla PMT del TS recibido (BTS), haciendo una verificación de si está incluido en el área designada de EWBS, y puede controlar la activación de la bandera de emergencia EWBS del TMCC, e insertar o reescribir la información de Superimpose.

  Esto previene el mal funcionamiento del receptor, como la activación de la bandera de emergencia fuera del área designada de EWBS, y poder transmitir información específica para cada área.

  Cuando el EWBS es insertado en la estación de radiodifusión de TDT, el lugar de transmisión que no es el área objetivo de EWBS, es enmascarado y evita el mal funcionamiento del receptor, ver figura 28.

Figura 28

Emisión de la señal EWBS en área 1 y 3



Nota. La señal EWBS es activada por código de área.

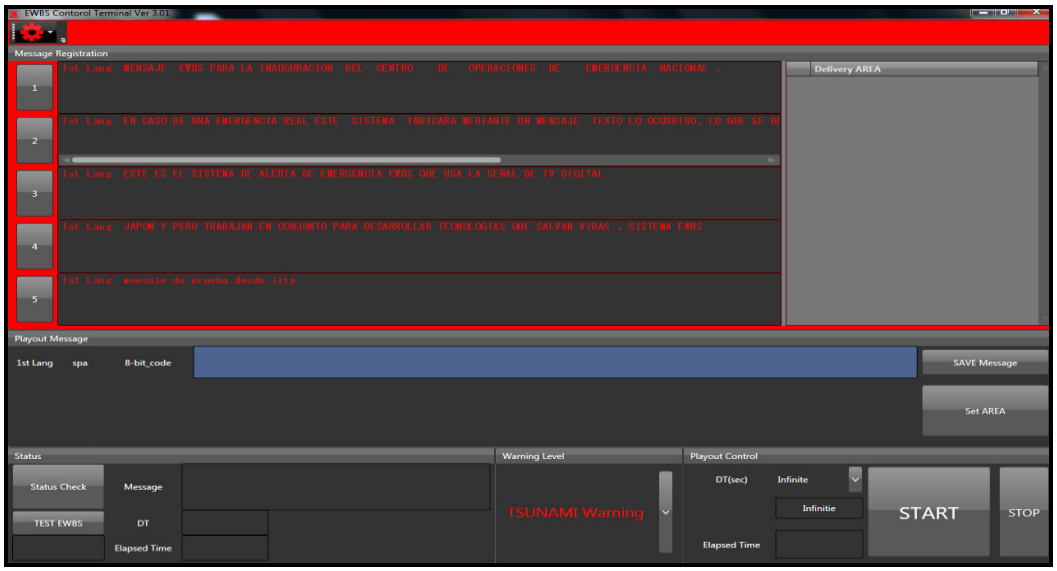
Cuando no está activado el EWBS, la información de superimpose puede ser insertada en los paquetes one-seg. Esta función puede ser usada para la distribución de noticias, clima, anuncios, etc en tiempos de operación normal. Además, es posible revisar la operación del sistema sin activar el EWBS.

3.5.3.1.2 Terminal de EWBS

Este terminal es un software en una PC, que inserta la señal de alerta de emergencia y la envía al TS Changer-Rx que se encuentra en la estación de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre. La figura 29 muestra el software para el envío de la alerta de emergencia.

Figura 29

Software del terminal EWBS.



Nota. Se tomó una captura al software de la PC terminal del IRTP.

En esta terminal se puede controlar el código de área y Superimpose.

- **Superimpose en terminal**

  El PID de Superimpose debe ser diferente del PID de video, audio u otro que el radiodifusor haya asignado en la transmisión, ya que esto ocasionaría conflictos entre PIDs provocando el incorrecto funcionamiento del Superimpose.

  Para el IRTP, los PIDs asignados para Superimpose son: 0x1996, 0x1997 y 0x1998.

Figura 30

Superimpose en el terminal EWBS.

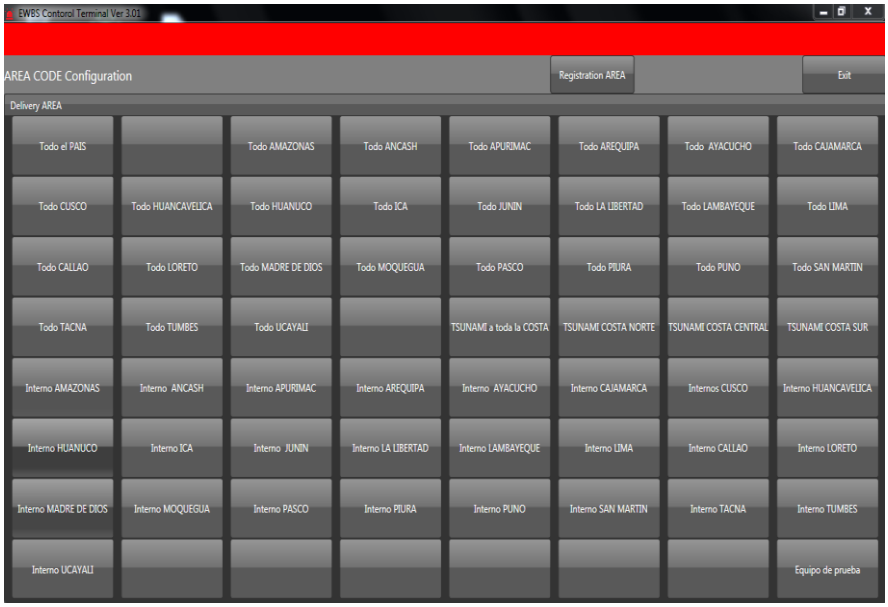
Nota. Se asigna un determinado PID para las señales en HD, SD y 1 seg.

- **Código de área en terminal**

  Para registrar el código de área en el terminal de control EWBS, que tiene 64 cuadros para la selección de área, y un área o múltiples áreas pueden ser registrados en un cuadro. Es necesario preparar cuadros que registren múltiples áreas cuando se difunde la alerta en áreas amplias. Ver figura 31.

Figura 31

Código de área en el terminal EWBS



Nota. En la figura se registraron todos los departamentos del Perú.

3.5.3.2 Conectividad con el Centro de Gestión de Riesgo

En el Perú, la entidad a cargo de esta etapa viene a ser el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), perteneciente al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). La función de esta entidad es monitorear, validar, proporcionar información oficial sobre peligros, emergencias y desastres para una oportuna toma de decisiones.

3.5.3.2.1 COEN – INDECI

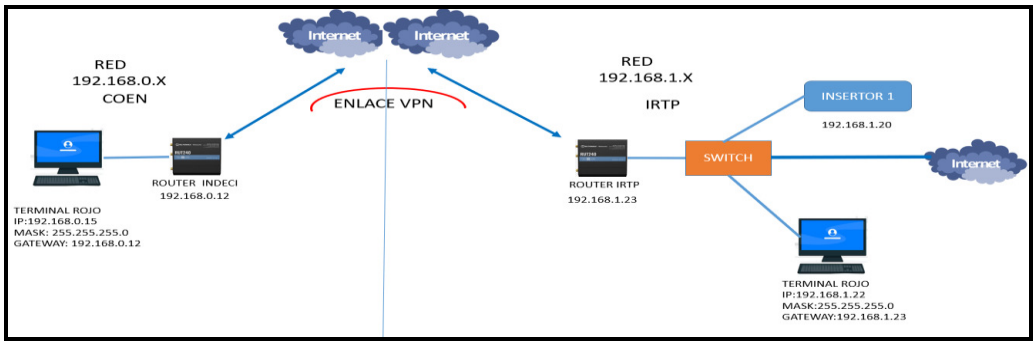
La información sobre los desastres son recepcionados por el COEN, esta entidad se encarga de analizarlos y convertirlos en señal de EWBS, así transmitirlos hacia la estación radiodifusora de TDT, en este caso el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP) para su difusión a la población. Esta entidad se encuentra ubicada en Ca. Los Manglares 846, Lima (Latitud -12.17281, Longitud -77.00528).

3.5.3.2.2 ENLACE VPN POR INTERNET

En coordinación entre representantes del IRTP e INDECI, se realiza la instalación de un Red Privada Virtual (VPN), para el Sistema de Radiodifusión de Alerta de Emergencia EWBS. Esto permitirá comunicar al COEN-INDECI con el IRTP, así se tendrá acceso al INSERTOR instalado en el IRTP, por ende, el mensaje de alerta pueda ser transmitido de forma casi inmediata y en cualquier momento. Ver figura.

Figura 32

Enlace VPN entre el COEN y el IRTP

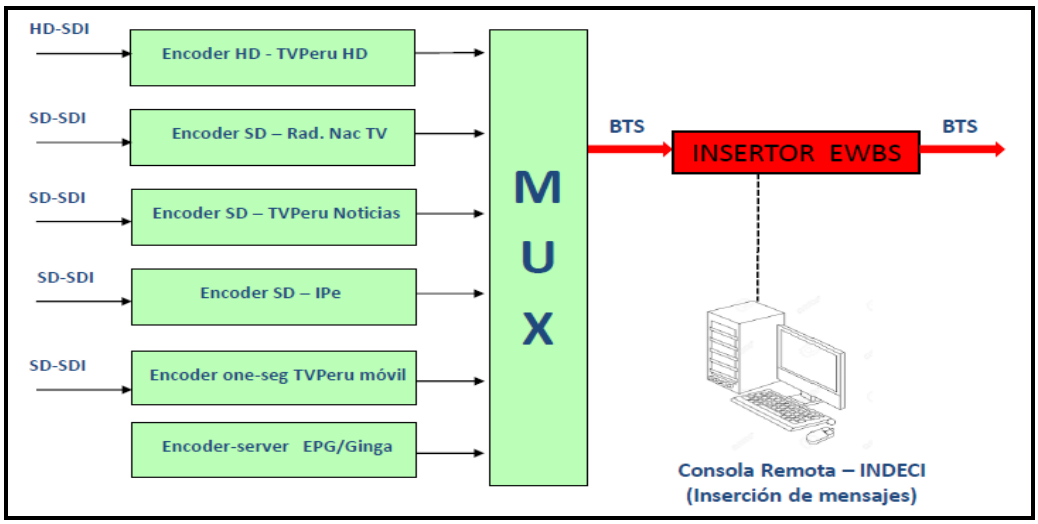


Nota. Este enlace permite al COEN enviar el mensaje de manera segura hacia el INSERTOR del IRTP.

De acuerdo a lo explicado, un diagrama general de la integración del sistema EWBS en la cabecera TDT sería de la siguiente manera, ver figura.

Figura 33

Sistema EWBS en la cabecera de TDT del IRTP



Nota. El terminal EWBS es controlado por INDECI, para el envío de la alerta de emergencia.

3.5.4 Implementación del Hub Satelital con el sistema de alerta de emergencia EWBS.

3.5.4.1 Equipamiento en la cabecera digital

- **Encoder NEC, XE-7330 (señal HD)**

  Es un equipo encargado de la codificación del canal 7.1 Tv Perú HD, al Encoder le ingresa una señal SDI-HD, cuya tasa de datos es 1.485 Gbps, con una resolución de 1080i 29.97 Hz, relación de aspecto 16:9, además el audio se encuentra embebido dentro de la señal SDI-HD. El equipo físico se muestra en la figura siguiente:

Figura 34:

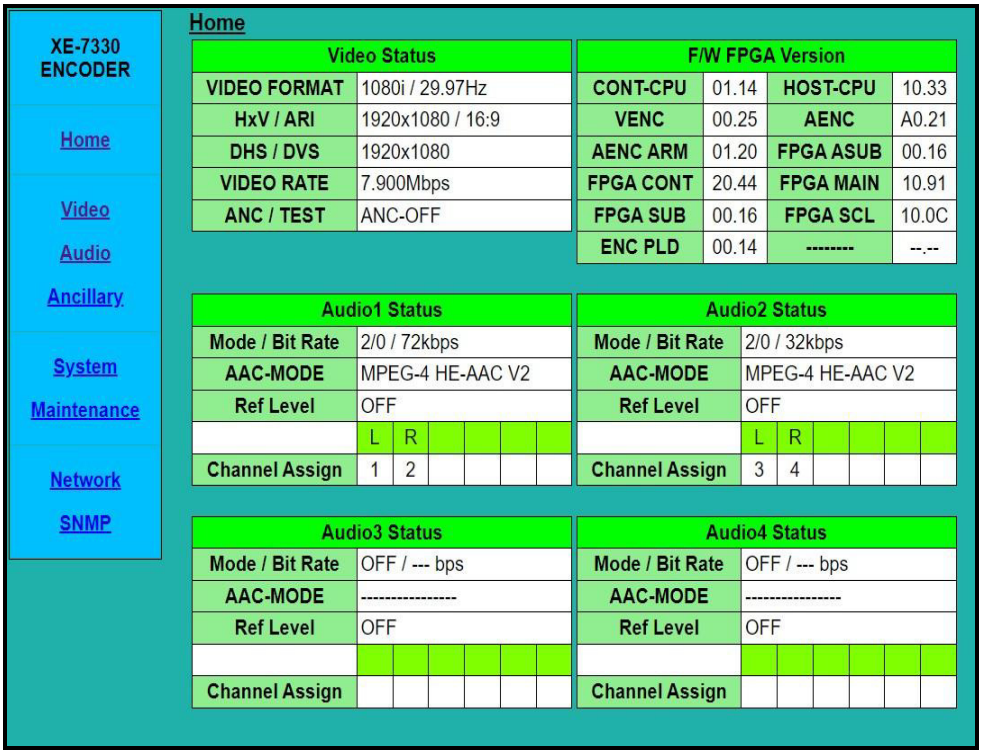
Encoder XE-7330

Nota. Este encoder está ubicado en la cabecera digital del IRTP.

La configuración para la tasa de datos del TS del video es 7.9 Mbps, y para el audio la tasa de datos que tomaran los pares audio 1 y audio 2 son 72 Kbps y 32 Kbps respectivamente, además estos usaran la compresión HE-AAC v2 y estarán en modo estéreo (2/0). Ver figura 35.

Figura 35:

Configuración del encoder XE-7330.



Nota. Se ingresó a la configuración del encoder XE-7330.

- **Encoder NEC, VC-7301 (señal SD)**

  Para la codificación del canal 7.2 (Radio Nacional), 7.3 (Tv Perú Noticias) y 7.4 (Canal IPe), al Encoder que se muestra en la figura 36, le ingresa una señal SDI-SD, cuya tasa de datos es 270 Mbps, con una resolución de 480i 29.97 Hz, relación de aspecto 4:3, el audio se encuentra embebido dentro de la señal SDI-SD.

Figura 36

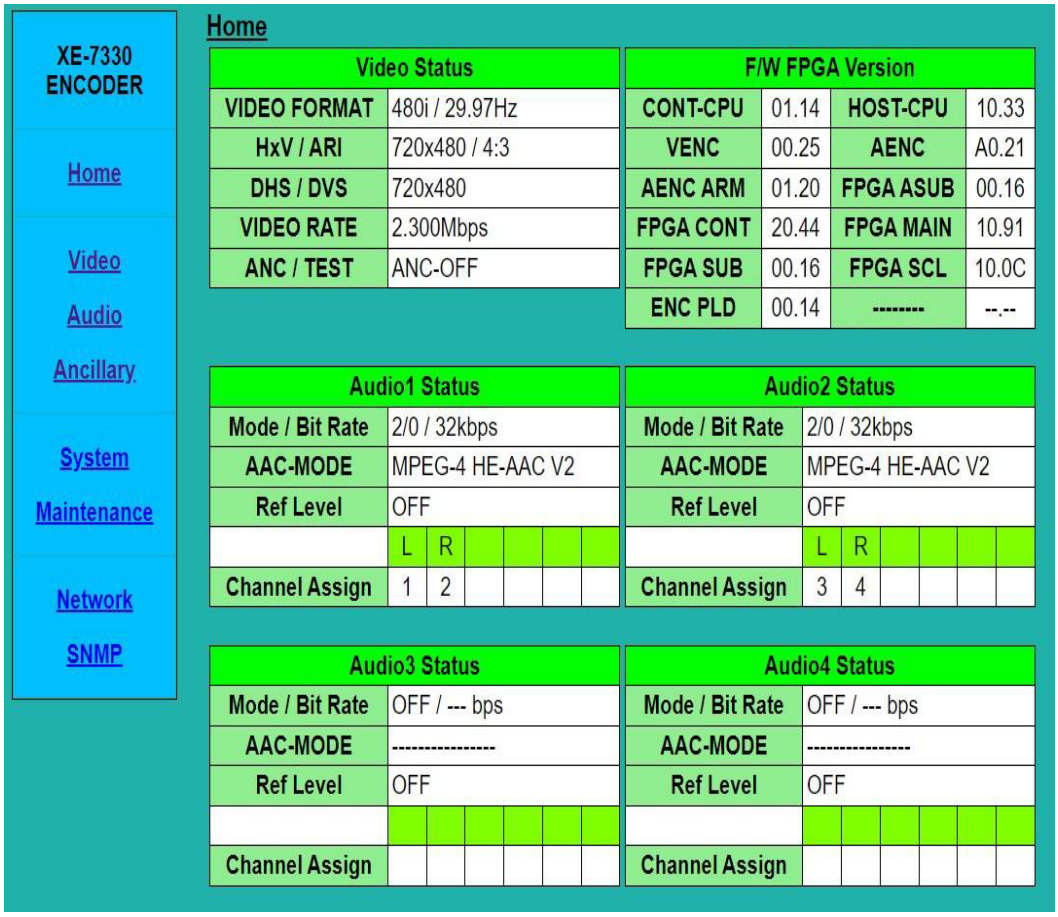
Encoder VC-7301

Nota. Este encoder está ubicado en la cabecera digital del IRTP.

La configuración de la tasa de datos del TS para el video con 2.3 Mbps, para el audio la tasa de datos que tomaran los pares audio 1 y audio 2 son 32 Kbps y 32 Kbps respectivamente, además estos usaran la compresión HE-AAC v2 y estarán en modo estéreo (2/0). Ver figura 37.

Figura 37

Configuración encoder VC-7301.



Nota. Se ingresó a la configuración del encoder VC-7301.

- **Encoder NEC, VC-7010 (señal One Seg).**

Para la codificación de la señal Tv Perú Móvil, al encoder ingresa una señal SDI-HD, el cual genera una resolución de 180 i, que permite la decodificación de la señal en dispositivos portátiles. La tasa de datos del TS para el video es 256 Kbps, para el audio que tomará el par 1 es 32 Kbps. Usa la compresión HE-AAC v2, en modo estéreo (2/0). La figura 38 muestra el equipo físico y sus parámetros en el display.

Figura 38

Configuración encoder VC-7010, para la señal One Seg.

Nota. Encoder instalado en la cabecera digital del IRTP.

La tabla 21, nos muestra los diferentes encoders usados para los canales virtuales, así como la resolución de video y tasa de datos.

Tabla 21

Encoders de la cabecera digital

Encoder	Canal Virtual	Resolución de video	Tasa de datos
NEC XE-7330	7.1 - Tv Perú	1080i Full HD	8.004 Mbps
NEC VC-7301	7.2 - Radio Nacional	480i SD	2.364 Mbps
NEC VC-7301	7.3 - Tv Perú Noticias	480i SD	2.364 Mbps
NEC VC-7301	7.4 - Canal IPe	480i SD	2.364 Mbps
NEC VC-7010	Tv Perú móvil	180i LD	0.320 Mbps

Nota. Estos encoders fueron asignados en la cabecera digital del IRTP.

- **Multiplexor NEC, MX-1500**

  Es un equipo robusto y de alta gama, preparado para operar en sistema de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre en el estándar ISDB-Tb, cumple con todas las características mencionadas en la tabla 11. La figura 39, muestra el equipo físico.

Figura 39

Multiplexor NEC, MX-1500.

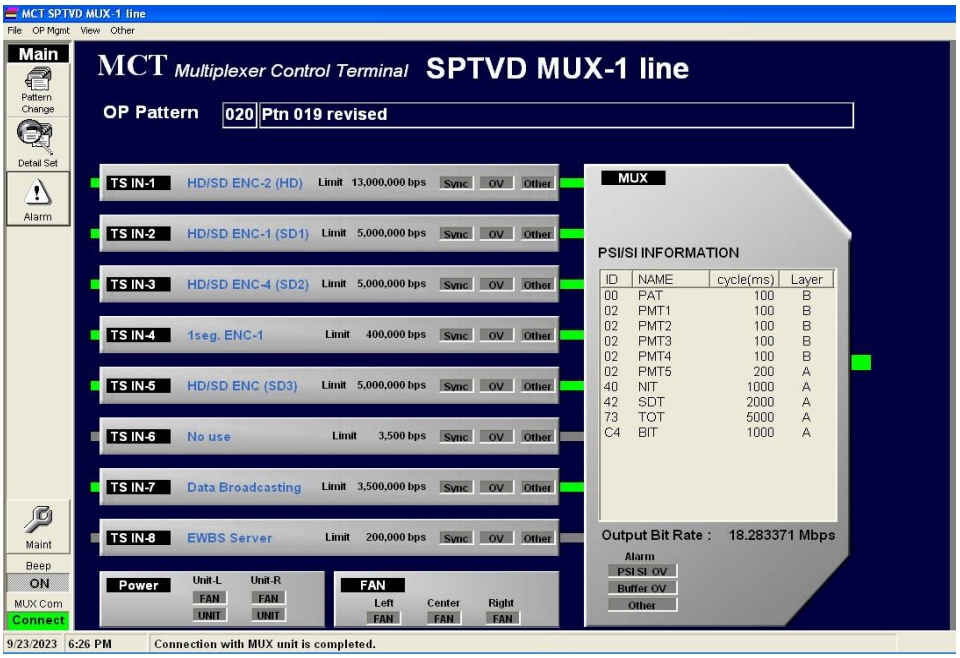
Nota. Multiplexor instalado en la cabecera digital del IRTP.

Las salidas de TS de los 05 encoders. ingresan al multiplexor por medio de la interfaz ASI, forma una señal TS en formato MPEG-2, para así mediante un proceso de remultiplexacion se pueda crear un flujo de transporte de datos denominado Broadcast Transport Stream (BTS), el cual tiene una tasa de datos de 32.504 Mbps.

Esta etapa es la más importante del sistema de transmisión de televisión digital terrestre, dado que la generación del BTS, incluye la información de la emisora y esta será transmitida hacia todo el país por medio de la estación de radiodifusión de TDT y sus retransmisores. La configuración se muestra en las siguientes figuras:

Figura 40

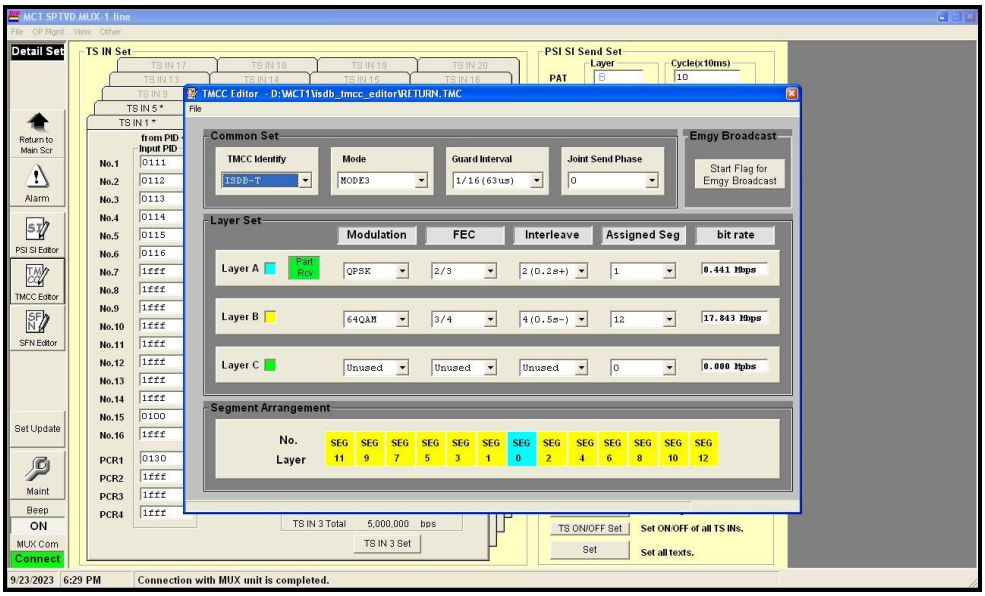
Configuración del Multiplexor MX-1500



Nota. En la figura se muestra las entradas de los encoder y salida BTS.

Figura 41

Jerarquía en capas de la señal TDT del canal del Estado



Nota. En la figura se observan los parámetros en cada capa asignada.

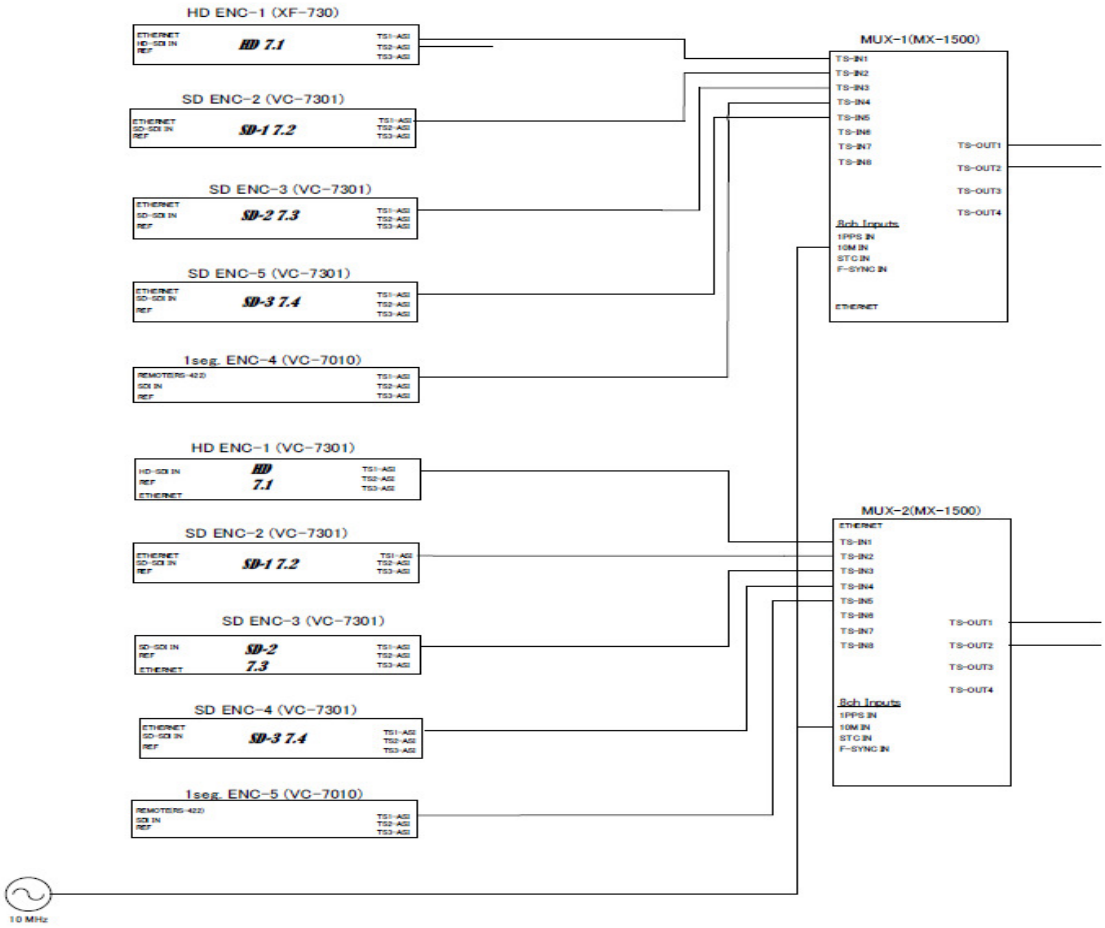
De la figura 41, en la capa A, se destina 01 segmento al servicio de Tv Perú Móvil (One Seg), cuya modulación es QPSK con FEC de 2/3, con una tasa de datos de 0.441 Mbps, lo cual hace que esta capa sea robusta.

En la capa B, se destina 12 segmentos para los servicios de Tv Peru HD, Radio Nacional, Tv Perú Noticias y canal IPe, con una modulación de 64 QAM, con FEC de 3/4, y con una tasa de datos de 17.843 Mbps, siendo una capa menos robusta, pero con una mayor capacidad de transporte de datos, haciendo que la señal obtenga buena calidad.

Finalmente, el esquema con los encoders y multiplexores sería como en la figura.

Figura 42

Diagrama de bloques Encoder y Multiplexor.



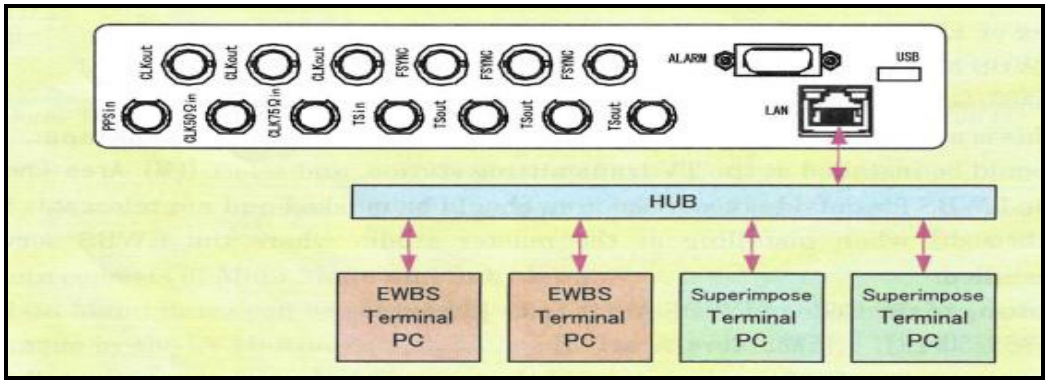
Nota. El sistema de encoder y multiplexor presenta equipos redundantes.

- **Insertor Tanabiki, PER-100, TS Changer-Rx**

  Este equipo se describió en la parte de la implementación del sistema EWBS en el Hub Satelital, por lo que ahora nos centraremos en las conexiones físicas, tal y como se observa en la siguiente figura.

Figura 43

Conexiones del Ts Changer-Rx.



Nota. Este equipo posee una entrada de señal BTS (TS In) y tres salidas BTS (TS Out) además de un puerto de red, para conectividad con el COEN.

Es un equipo donado por el gobierno japonés, es de la marca Tanabiki modelo PER-100 TS Changer-Rx, el cual se debe estar instalado en el Hub Satelital, conectado a la salida del multiplexor ISDB-Tb.

Figura 44

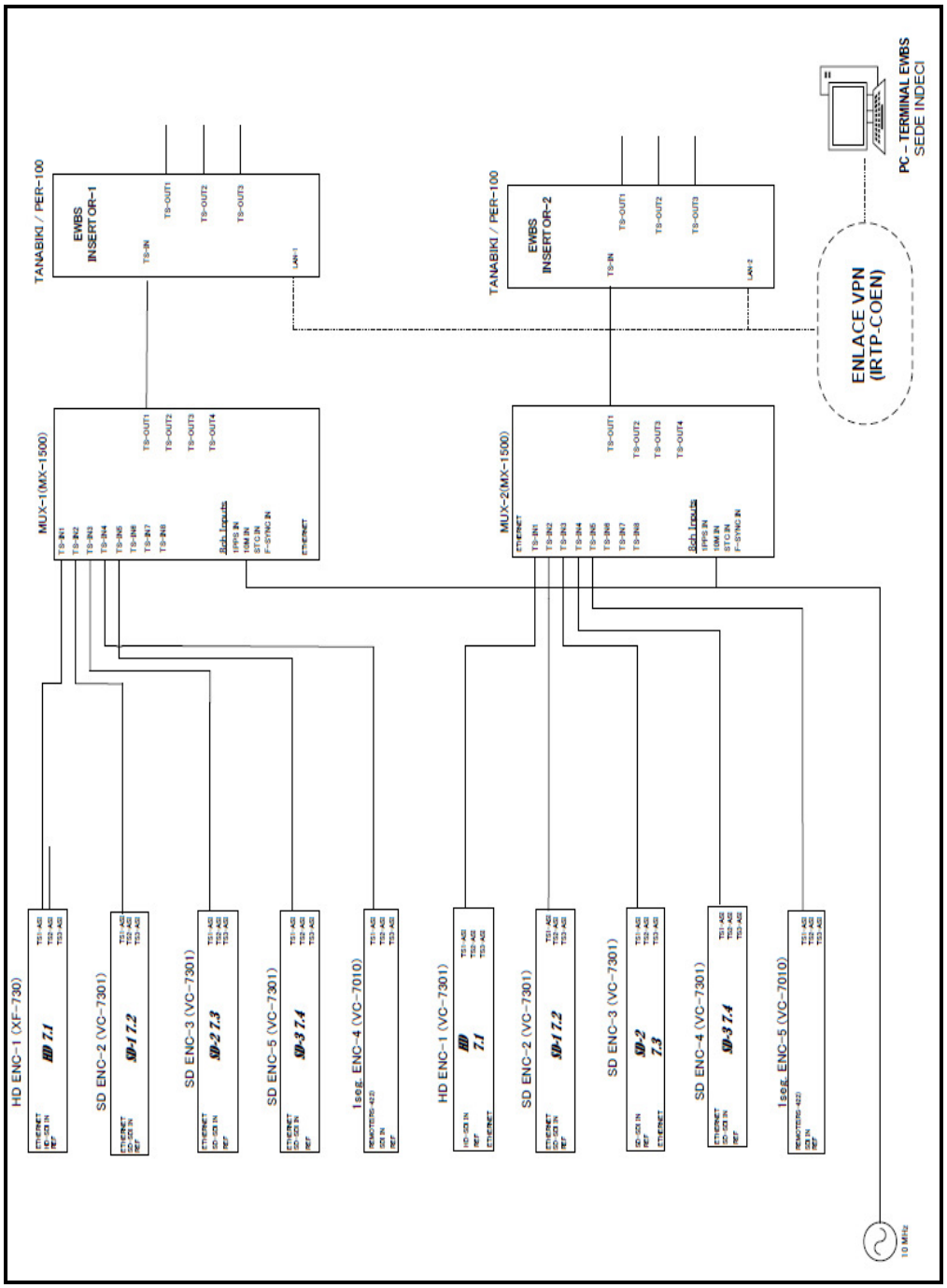
TS Changer-Rx, PER-100

Nota. Este equipo es el encargado de insertar la señal de alerta de emergencia EWBS.

Se incorporan dos insertores EWBS en la cabecera TDT, uno como principal y el otro como backup. Las conexiones estarían dadas tal y como se muestran en la figura siguiente.

Figura 45

Diagrama de bloques Encoder-Multiplexor-Insertor EWBS.



Nota. Este diagrama fue elaborado con el programa VISIO en las instalaciones del IRTP.

- **Distribuidor de alerta de emergencia y compresor ISDB-Tb, EWDC-300**

Es un equipo de la marca Videoswitch, diseñado para operar de manera autónoma, comprimir transportes ISDB-Tb para su distribución por cualquier medio compatible con MPEG-TS, de tal manera que toda la información requerida para desplegar el sistema de alerta EWBS sea conservada intacta.

Posee doble entrada ASI para los streams ISDB-Tb BTS (204 bytes), y doble salida ASI de TS (188 bytes).

Este equipo como se muestra en la figura 42, cumple con el requerimiento solicitado, permite acondicionar el Broadcast Transport Stream (BTS) de 204 bytes, propio de la norma ISDB-Tb, para su transmisión por el enlace de datos comprimido, formando paquetes de 188 bytes. Dicho acondicionamiento permite bajar la tasa de datos transmitidos sin perder información, de modo que en el otro extremo del enlace la recuperación sea completa.

Figura 46

EWDC-300

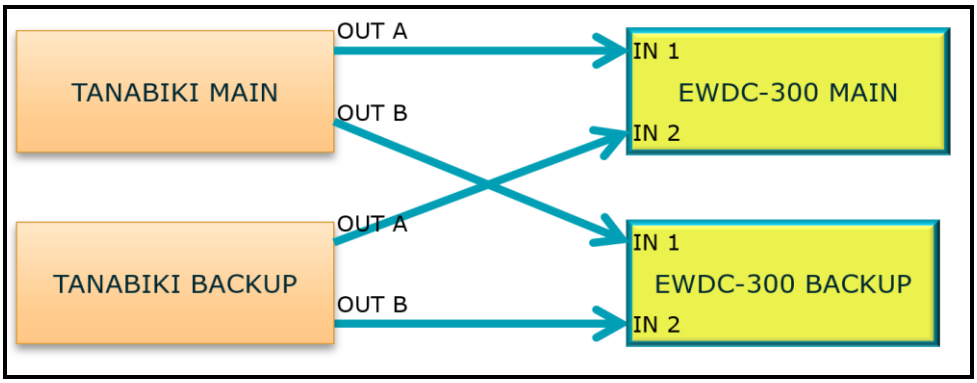
Nota. La figura muestra al equipo compresor BTS. Tomado de *Emergency Warning Compressor*, por Videoswitch, sf (https://videoswitch.tv/pdf/1d8a50_EWDC-300_01F.pdf)

La cabecera digital TDT, debe contar con dos equipos EWDC-300 como se solicitó en los requerimientos técnicos, además este equipo cumple con todas las especificaciones técnicas solicitadas.

Las conexiones en la cabecera digital y configuración se muestran a continuación.

Figura 47

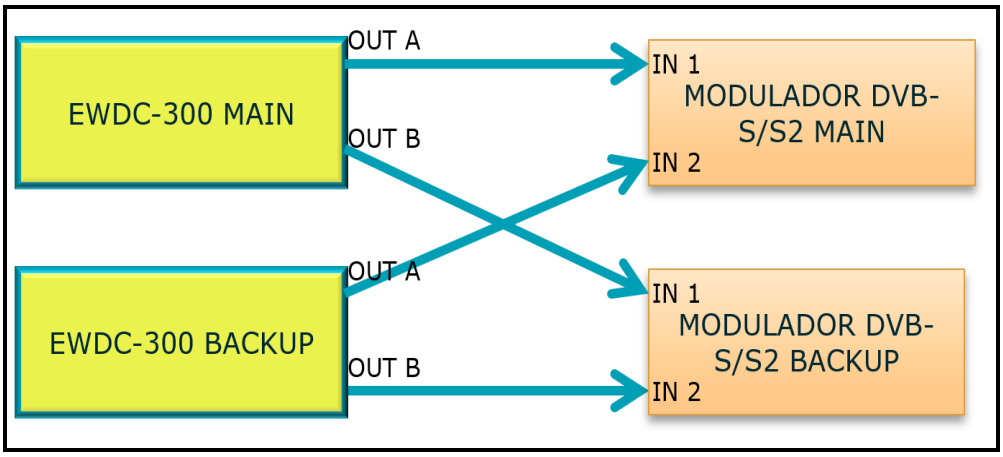
Diagrama de conexiones del Insertor Tanabiki y el EWDC-300.



Nota. Se establece las conexiones para redundancia entre los Insertores EWBS Tanabiki y compresores EWDC-300.

Figura 48

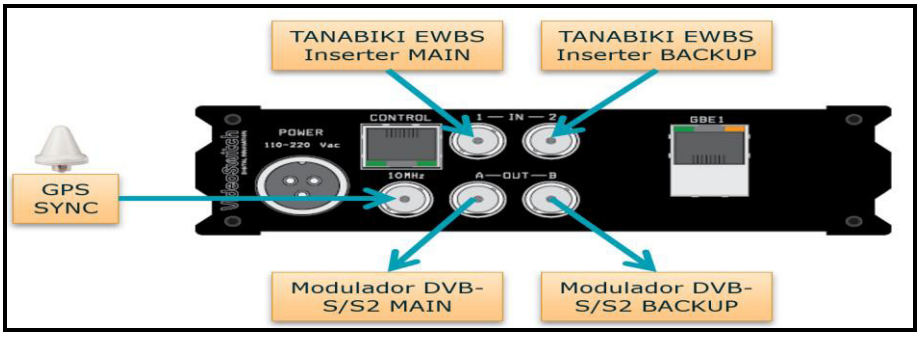
Diagrama de conexiones del EWDC-300 y los moduladores



Nota. Se establece esas conexiones para redundancia entre el compresor EWDC-300 y los moduladores a implementar.

Figura 49

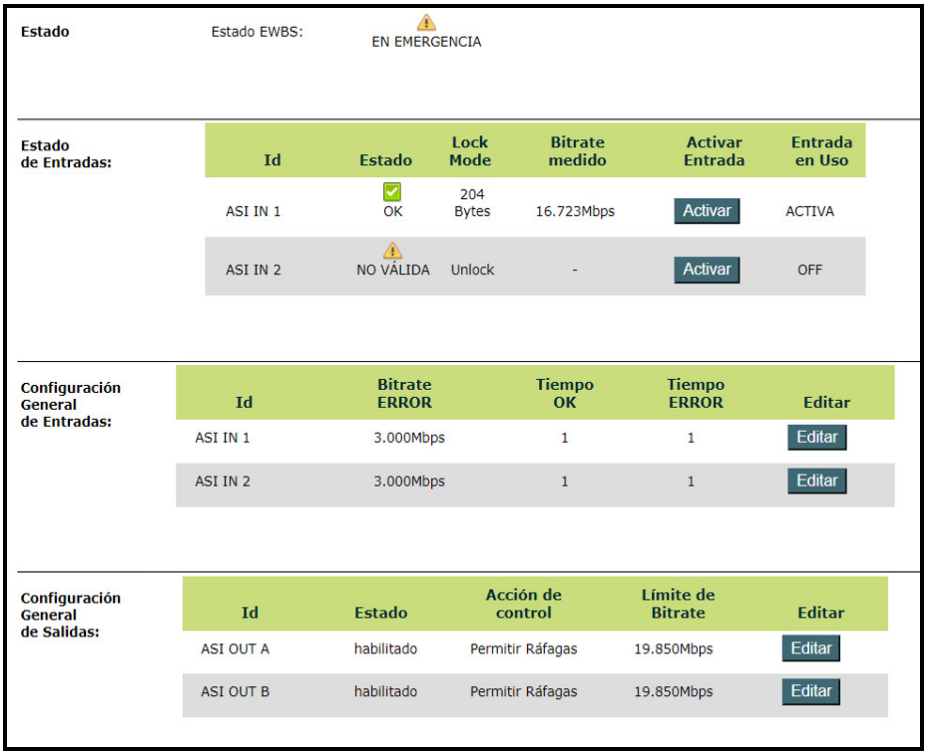
Conexiones físicas del equipo EWDC-300.



Nota. Se incorpora la entrada de 10 MHz para sincronización.

Figura 50

Configuración del EWDC-300.



Estado — Estado EWBS: EN EMERGENCIA

Estado de Entradas:

Id	Estado	Lock Mode	Bitrate medido	Activar Entrada	Entrada en Uso
ASI IN 1	OK	204 Bytes	16.723Mbps	Activar	ACTIVA
ASI IN 2	NO VÁLIDA	Unlock	-	Activar	OFF

Configuración General de Entradas:

Id	Bitrate ERROR	Tiempo OK	Tiempo ERROR	Editar
ASI IN 1	3.000Mbps	1	1	Editar
ASI IN 2	3.000Mbps	1	1	Editar

Configuración General de Salidas:

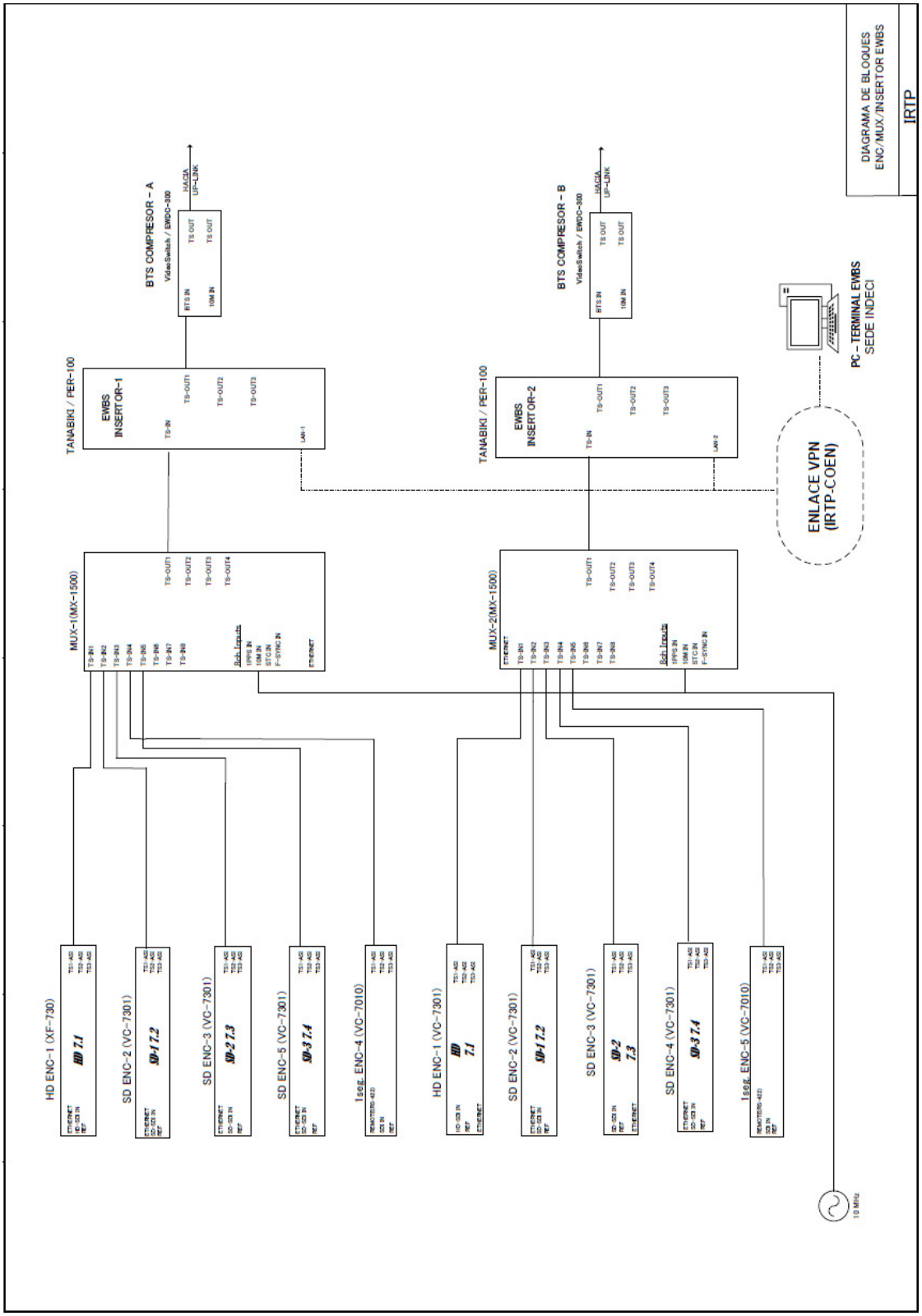
Id	Estado	Acción de control	Límite de Bitrate	Editar
ASI OUT A	habilitado	Permitir Ráfagas	19.850Mbps	Editar
ASI OUT B	habilitado	Permitir Ráfagas	19.850Mbps	Editar

Nota. En este caso no se conectó la salida ASI del Insertor EWBS Backup a la entrada 2 del EWDC-300.

Finalmente, el diagrama en la cabecera digital TDT con el sistema EWBS remultiplexados al estándar DVB del enlace satelital, quedaría como en la figura mostrada a continuación.

Figura 51

Diagrama de cabecera digital TDT con EWBS y compresores BTS.



Nota. El equipamiento de la cabecera digital se encuentra lista su envío por el sistema satelital.

3.5.4.2 Equipamiento para el enlace satelital

Los equipos comprenden desde la salida TS del compresor EWDC-300, que es la señal en banda base que ingresa al modulador, se amplifica y se envía por la antena para su transmisión por satélite.

- **Modulador Newtec, M6100**

Este equipo se encarga de procesar la señal MPEG-TS proveniente del compresor EWDC-300. Este ingresa en formato ASI y se obtiene una salida en banda L. El equipo se muestra en la figura.

Figura 52

Modulador M6100

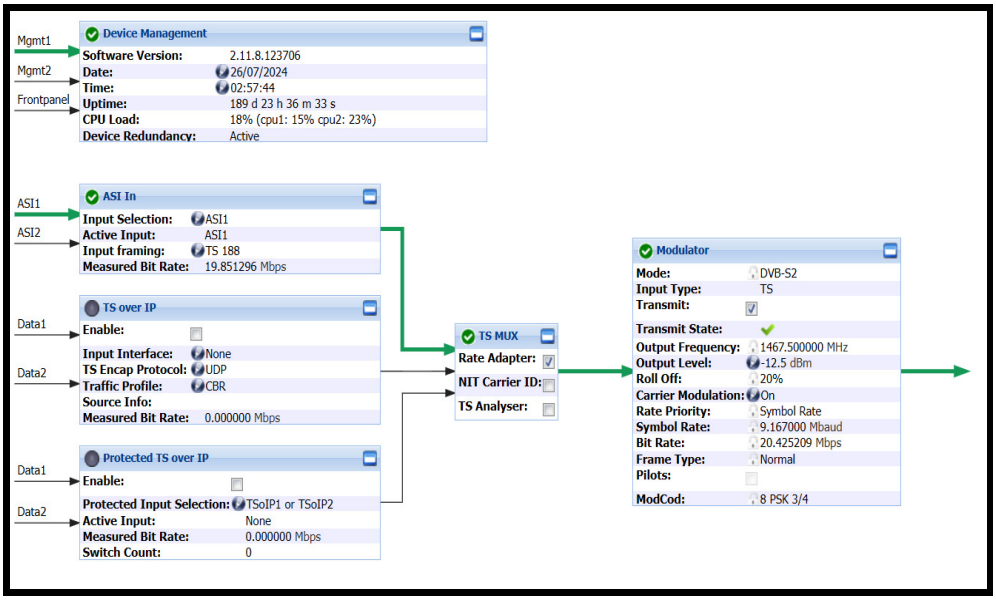
Nota. Este equipo se encuentra instalado en el Hub Satelital del IRTP.

Para el presente diseño, este equipo fue configurado dentro de las características solicitadas en la tabla 16. Bajo esta configuración obtenemos una señal robusta ante las condiciones climáticas y la geografía compleja en el territorio peruano.

La figura 53 y tabla 22 nos muestran la configuración de este modulador.

Figura 53

Configuración del modulador M6100 para TDT.



Nota. Se ingresó al software de monitoreo y control del equipo.

Tabla 22

Parámetros de transmisión en el modulador M6100.

PARÁMETROS	VALORES
Entrada	ASI
Modo	DVB-S2
Tipo de entrada	TS
Frecuencia de salida	1467.5 MHz
Roll off	20%
Symbol Rate	9.167 Mbaud
Bitrate	20.425209 Mbps
MODCOD	8 PSK 3/4

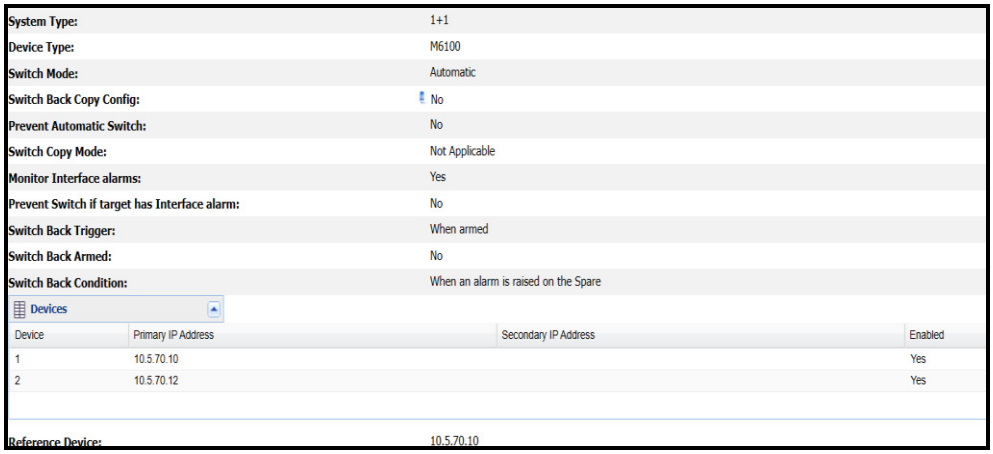
Nota. Estos parámetros se configuraron en el modulador.

Dado que en los requerimientos se solicita un sistema con redundancia automática, en configuración 1+1 se usaron dos moduladores con la misma configuración y un switch de redundancia que permita la conmutación automática en caso de caída de los moduladores.

El equipo Newtec USS0212 es el switch de redundancia que se implementó, cuya configuración se muestra en las siguientes figuras:

Figura 54

Configuración 1+1 de los moduladores.



System Type:	1+1
Device Type:	M6100
Switch Mode:	Automatic
Switch Back Copy Config:	No
Prevent Automatic Switch:	No
Switch Copy Mode:	Not Applicable
Monitor Interface alarms:	Yes
Prevent Switch if target has Interface alarm:	No
Switch Back Trigger:	When armed
Switch Back Armed:	No
Switch Back Condition:	When an alarm is raised on the Spare

Devices

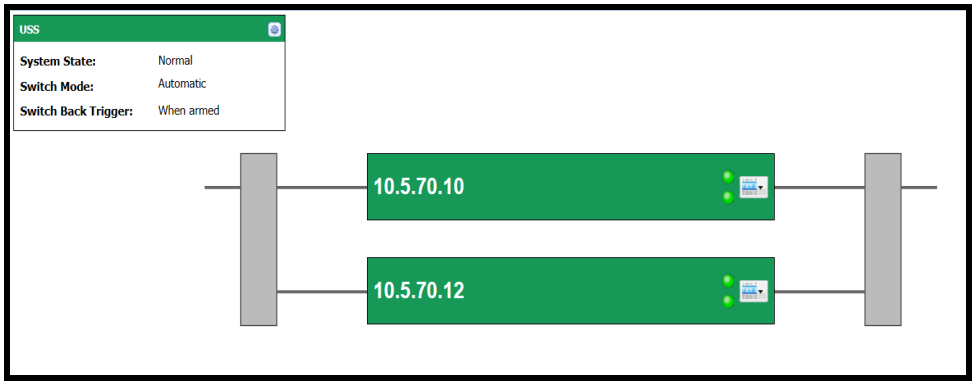
Device	Primary IP Address	Secondary IP Address	Enabled
1	10.5.70.10		Yes
2	10.5.70.12		Yes

Reference Device: 10.5.70.10

Nota. Esta configuración permite la redundancia de los moduladores.

Figura 55

Moduladores main y backup con switch de redundancia.



Nota. El switch de redundancia permitirá conmutar de modulador en caso de ausencia de señal RF del modulador principal.

- **SPACEPATH, STA5340**

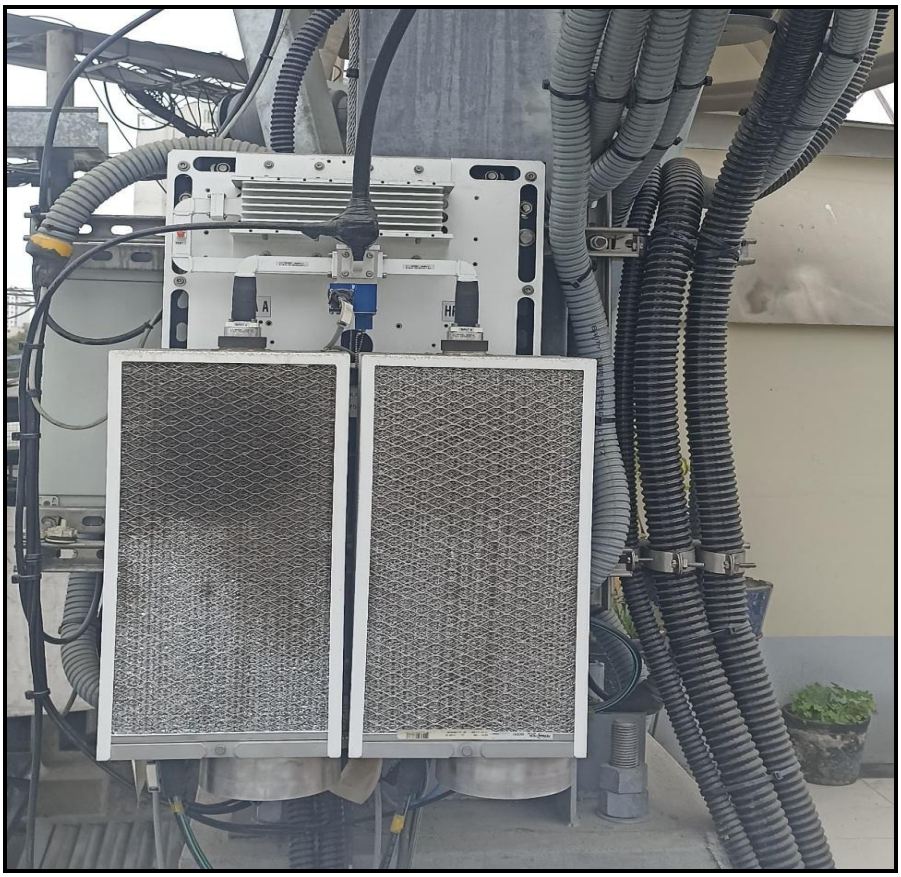
  Es un amplificador de potencia que integra un Block Up Converter, lo que permite recibir la señal del modulador M6100 en banda L, y pasarlo a la banda Ku. Una vez se realice la conversión de frecuencias, esta señal pasa a ser amplificada.

Este amplificador es del tipo OUTDOOR, el cual es capaz de proporcionar una potencia de hasta 400 W. En la figura 56 se muestra el equipo físico.

Este equipo cuenta con un certificado de homologación por el MTC, ya que cumple con las disposiciones de Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento General, con el Reglamento Específico de Homologación de Equipos y Aparatos de Telecomunicaciones, y con las Normas Técnicas Vigentes.

Figura 56

HPA STA5340 Ku, tipo OUTDOOR.



Nota. En la figura se tienen los dos HPA, uno en operación y el otro en standby.

Los parámetros característicos de este amplificador de potencia se pueden observar en el anexo D, y lo configurado se muestra en la tabla 23 y figura 57.

Tabla 23

Parámetros de configuración del HPA.

PARÁMETROS	VALORES
Entrada RF	Tipo N (F), 50 Ohms
Salida RF	WR-75
Potencia	24 W
Frecuencia de operación	13.75-14.5 GHz
Frecuencia de entrada	1467.5 MHz
Ganancia	70 dB
Frecuencia de salida	14267.5 MHz
Sistema de redundancia	1+1
Voltaje AC	99 a 225 VAC, 50/60 Hz
Temperatura	-40 °C a +60 °C

Nota. Con estos parámetros se garantiza el envío de la señal hacia el satélite.

Figura 57

Controlador de los HPA

Nota. En el equipo se muestra el valor de potencia de los HPA.

- **Antena Cassegrain de 4.8m**

  Es la antena parabólica tal y como se observa en la figura 58, que se encargará de transportar las señales electromagnéticas del HPA hacia el satélite Eutelsat 117 WA.

Figura 58

Antena Cassegrain de 4.8m de diámetro

Nota. Esta antena fue instalada en el IRTP, en diciembre del 2023.

Esta antena presenta una alta eficiencia y ganancia, una baja temperatura de ruido, así como la capacidad de rechazar el ruido o interferencias. Este cumple con todos los requerimientos técnicos, mostrados en la tabla 18. Al establecer el enlace satelital con el satélite Eutelsat 117 WA, tendremos una cobertura del 100 % en el territorio peruano.

Las especificaciones técnicas de la antena se encuentran en el anexo E.

Los parámetros de apuntamiento al satélite Eutelsat se observan en la tabla 24 y figura 59.

Tabla 24

Parámetros de apuntamiento al satélite Eutelsat.

PARÁMETRO	VALORES
Azimut	285.731 °
Elevación	42.905 °
Polarización	270.1 °

Nota. Estos valores permiten el adecuado apuntamiento al satélite Eutelsat 117 WA.

Figura 59

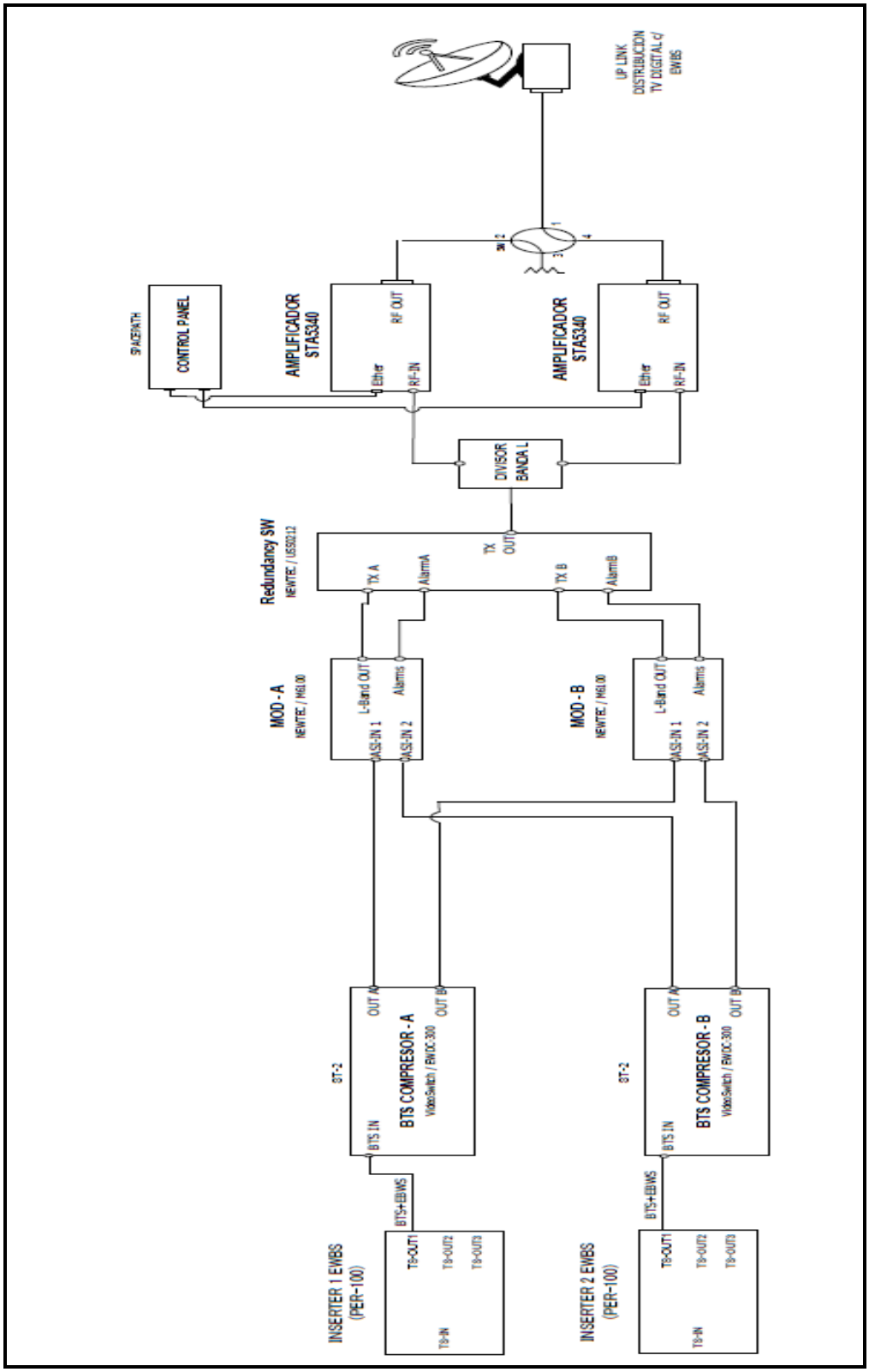
Parámetros del controlador de antena parabólica

Nota. Los valores de apuntamiento al satélite Eutelsat fueron ingresados al controlador de la antena de transmisión.

Finalmente tenemos el diagrama de bloques del enlace satelital de la transmisión como se muestra en la siguiente figura.

Figura 60

Diagrama de bloques del Hub Satelital con el sistema EWBS.



Nota. El diagrama de bloques muestra el equipamiento utilizado.

3.5.4.3 Pruebas de recepción y mediciones de la señal BTS

Se vuelve a recalcar que el canal del Estado tiene implementado actualmente un sistema de transmisión satelital que opera en la banda C, y está dejara de utilizarse a finales de este año 2024, migrando a la transmisión satelital de TDT en la banda que es lo que contempla el presente proyecto. Con el dimensionamiento del stream BTS se hace posible adaptar la norma ISDB-Tb a la norma DVB del sistema satelital, facultando el transporte de la señal TDT y EWBS hacia los retransmisores a nivel nacional tanto en banda C como en Ku.

La etapa de recepción en banda Ku, aún se encuentra en proceso de implementación. No obstante, se han realizado diversas pruebas en algunos retransmisores del canal del Estado, verificando la emisión de la señal TDT y EWBS.

3.5.4.3.1 Pruebas de recepción de señal BTS

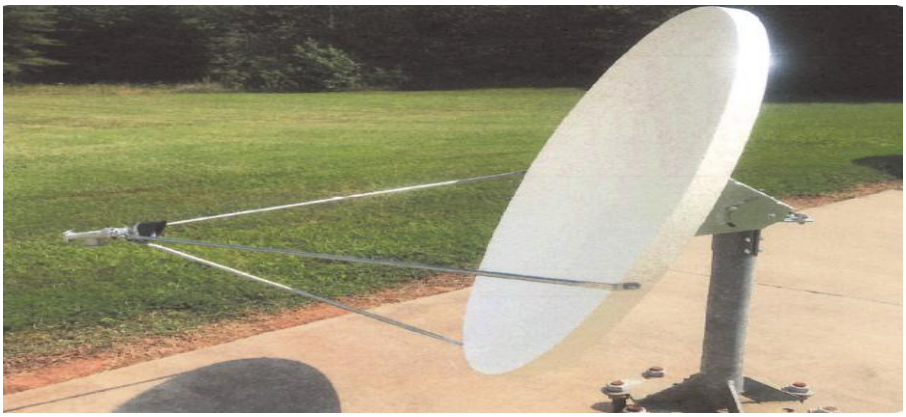
3.5.4.3.1.1 Antena parabólica Rx

Se utilizó una antena tipo Offset de 1.2 m de diámetro, que cumple con todos los requerimientos técnicos de la tabla 19.

Esta antena capta la señal satelital en banda Ku (10.70-12.75 GHz), para luego alimentar el LNB que presenta una frecuencia de oscilador local de 10.75 GHz. El LNB de esta antena procesa las frecuencias entrada del rango de 11.70 a 12.20 GHz, las cuales serán llevadas a frecuencias del rango de 950 a 1450 MHz. La figura 61 muestra el apuntamiento al satélite Eutelsat de la antena parabólica de recepción.

Figura 61

Antena parabólica receptora.



Nota. Estas antenas serán instaladas en las retransmisoras de TDT del IRTP.

3.5.4.3.1.2 Demodulador o receptor satelital DVB-S2

Para estas pruebas se utilizaron dos receptores de la marca Ericsson y NTT Electronics, que cumple con las especificaciones técnicas de la tabla 20. Por medio de un cable coaxial se conecta el LNB a la entrada del receptor satelital, para que este realicé el procesamiento de la señal RF y recuperar la señal MPEG-TS en banda base, el cual fue generada en el Hub Satelital.

En el receptor se colocaron los parámetros de bajada satelital que se observa en la tabla siguiente.

Tabla 25

Parámetros de la bajada satelital

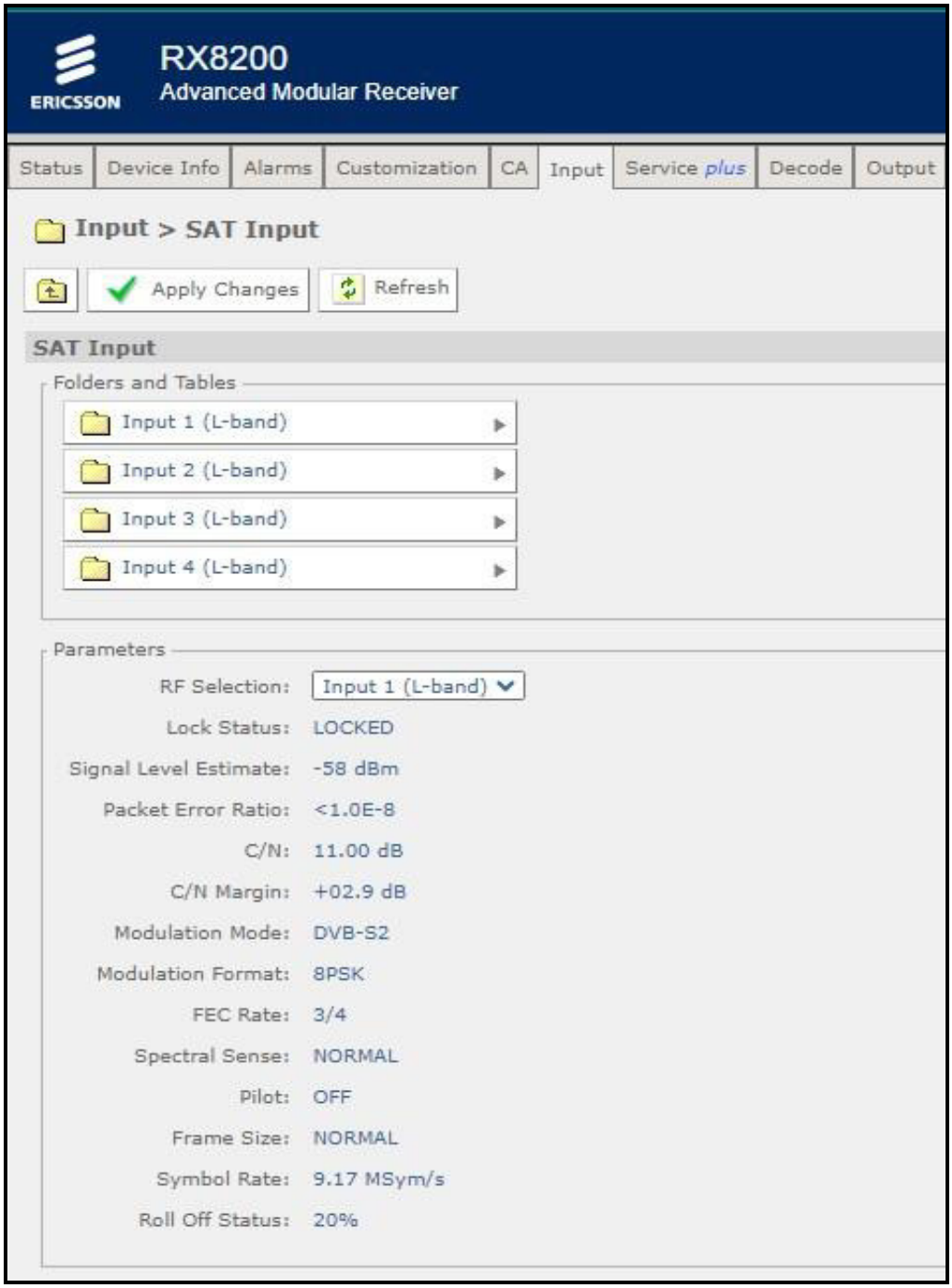
PARÁMETROS	VALORES
Satélite	E117WA/K30
Frecuencia de bajada	11967.5 MHz, vertical
Estándar	DVB-S2
Roll off	20%
Symbol Rate	9.167 Msps
Modulación	8 PSK
FEC	3/4

Nota. Cualquier receptor satelital DVB-S2 puede decodificar la señal MPEG-TS, colocando estos parámetros.

Las figuras muestran los parámetros ingresados en el receptor satelital, para obtener la señal en banda base.

Figura 62

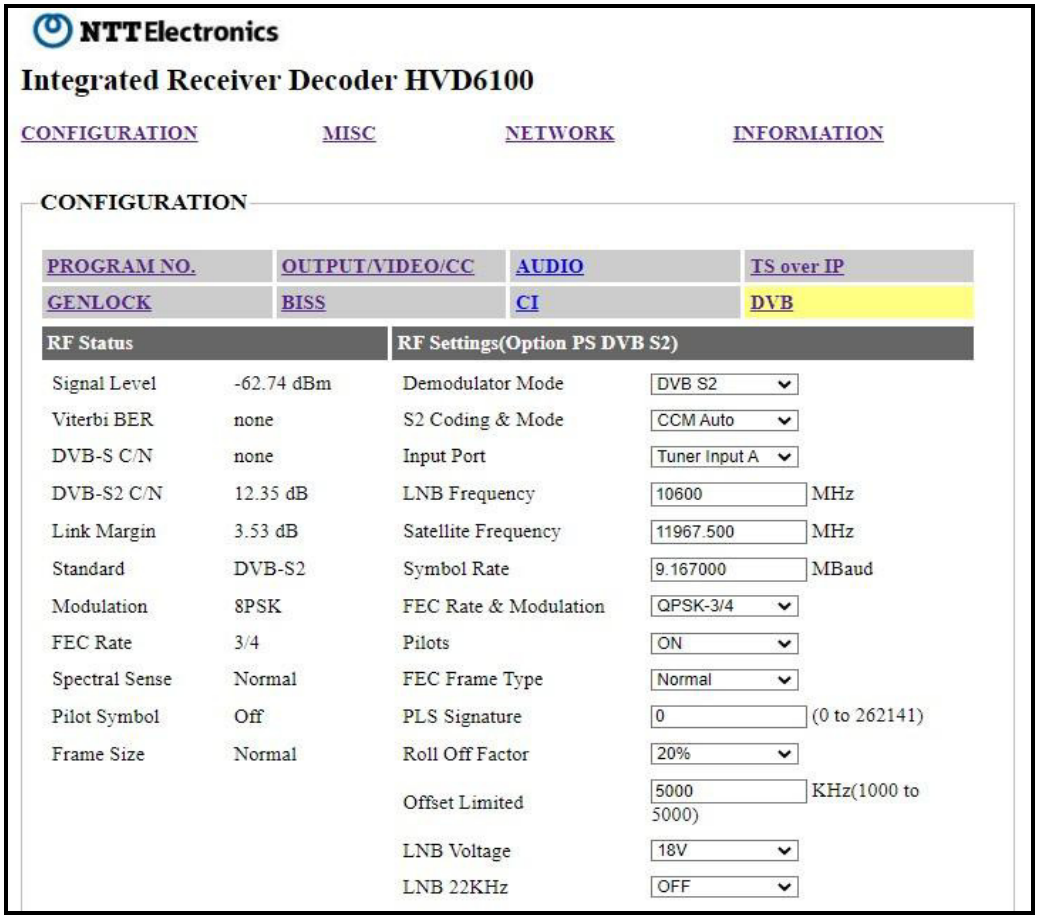
Parámetros decodificados en el receptor satelital Ericsson.



Nota. El receptor satelital Ericsson pudo decodificar la señal MPEG-TS.

Figura 63

Parámetros en el receptor satelital NTT Electronics.



Nota. El receptor satelital NTT Electronics pudo decodificar la señal MPEG-TS.

Con la decodificación de la señal satelital, podemos obtener la señal banda base MPEG-TS a través de la interfaz ASI. Esta señal ingresará al remultiplexor ISDB-Tb para poder alimentar la red de retransmisoras de TDT a nivel nacional.

3.5.4.3.1.3 DMUX-500W

Es un equipo compacto (ver figura 64), diseñado para operar de manera autónoma, capaz de descomprimir y remultiplexar servicios provenientes en transportes MPEG, recibidos a través de su interfaz ASI, manteniendo intacta la información EWBS. Este equipo cumple con las especificaciones técnicas solicitadas en tabla 14.

Figura 64

DMUX-500W.

Nota. Este equipo se encuentra en proceso de instalación en las demás retransmisoras del IRTP.

Los datos recuperados pasan por el proceso de remultiplexación, recuperando las tablas PSI/SI, y confeccionando un flujo BTS, que será la salida del equipo.

Esta salida BTS, alimentará los retransmisores TDT del IRTP, que tengan este equipo incorporado en sus estaciones. La configuración del equipo se muestra en las siguientes figuras:

Figura 65

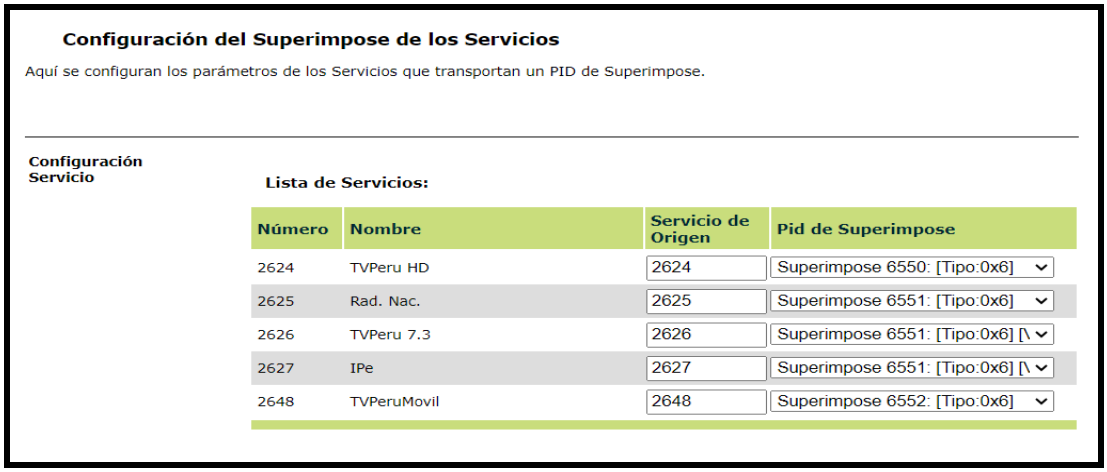
Configuración de entradas y salidas en el DMUX-500W.

Entradas	Servicios
Estado de Entrada de Datos (Underflow) | *ASI - 1*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2624*
Estado de Entrada de Datos (Underflow) | *ASI - 2*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2625*
Estado de Entrada de Datos (Underflow) | *ASI - 3*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2626*
Estado de Entrada de Datos (Underflow) | *ASI - 4*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2627*
Estado de Entrada de Datos (Overflow) | *ASI - 1*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2648*
Estado de Entrada de Datos (Overflow) | *ASI - 2*	Estado de Servicio (Underflow) | *BTS 1 - PGM 2648*

Nota. La entrada contiene el MPEG-TS en formato ASI, y la salida contiene el BTS con todos los servicios TDT, incluyendo El EWBS.

Figura 66

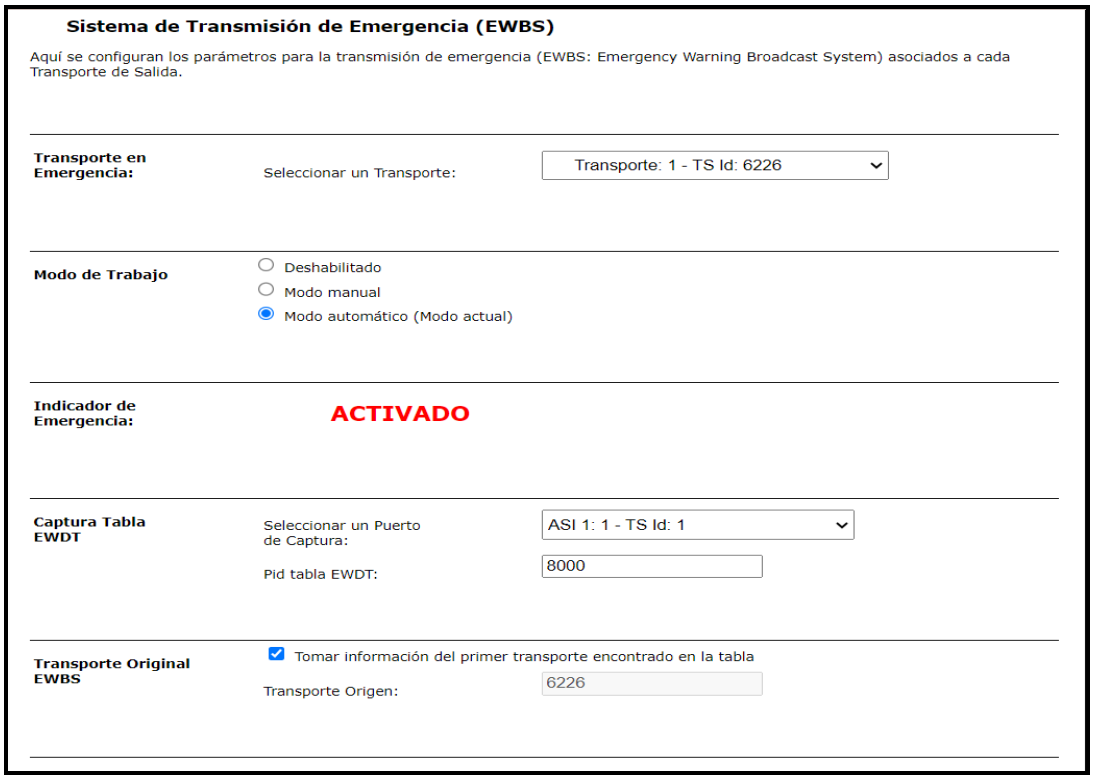
Servicios generados con superimpose



Nota. Los servicios con superimpose permiten visualizar el mensaje EWBS en cada canal virtual del IRTP.

Figura 67

Configuración del Sistema EWBS en el DMUX-500W.



Nota. El indicador de emergencia está activado.

Finalmente podemos esbozar toda la cadena de transmisión del presente trabajo, como se observa en la figura siguiente.

Figura 68

Sistema de transmisión satelital con EWBS, para difusión sobre TDT.

Nota. Con estos equipos se puede difundir la señal TDT y EWBS.

3.5.4.3.2 Mediciones de la señal BTS en la cadena de transmisión

Las mediciones de la señal BTS se realizaron con un equipo analizador de transport stream, de la marca DEKTEC, modelo DTU-245, mostrado en la figura.

Figura 69

DEKTEC, DTU-245.

Nota. Este equipo permite el análisis de los transport stream para verificar los parámetros de transmisión a nivel lógico. Tomado de *Catálogo de equipos*, por Dektec Company, sf (https://www.dektec.com/)

Para realizar las mediciones se tomaron las salidas ASI de los equipos de la cadena de transmisión satelital, el cual se coloca a la entrada del equipo analizador de TS. El software StreamXpert (ver figura 70) proporcionado por este equipo nos permite realizar un análisis de los PID, servicios, tablas, descriptores e información de flujo de transport stream.

Figura 70

Software StreamXpert

Nota. El software es usado en entorno de pruebas del IRTP.

Procedemos con las mediciones de los equipos del presente diseño.

- **Mediciones en el Multiplexor MX-1500**

  Verificamos los parámetros de la tasa de datos y las tablas PSI/SI.

Figura 71

Mediciones de la señal BTS del MX-1500.

Nota. El software también muestra el tamaño del flujo BTS de 204 bytes

Figura 72

Tablas PSI/SI de la señal BTS del MX-1500

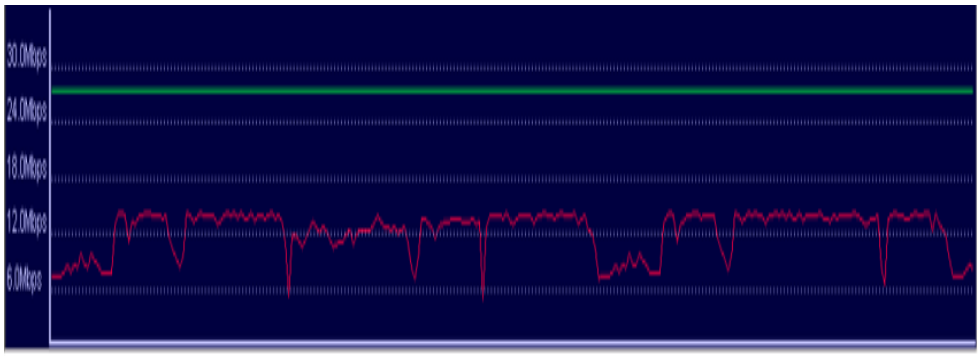
Nota. La señal BTS de origen presenta los 5 servicios digitales del IRTP.

- **Mediciones en el TS Changer – Rx**

En las mediciones de este equipo se incluye la señal EWBS.

Figura 73

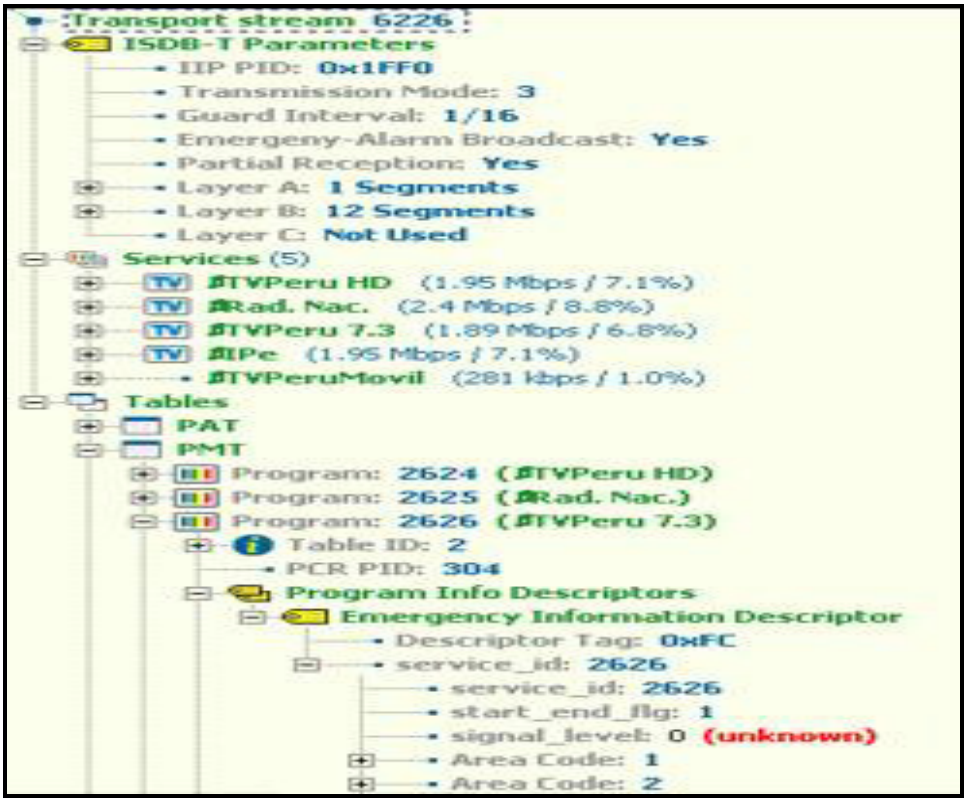
Mediciones de la señal BTS con EWBS del TS Changer-Rx.



Nota. El insertor EWBS no modifica la tasa de datos del Multiplexor.

Figura 74

Tablas PSI/SI generados en el TS Changer-Rx.



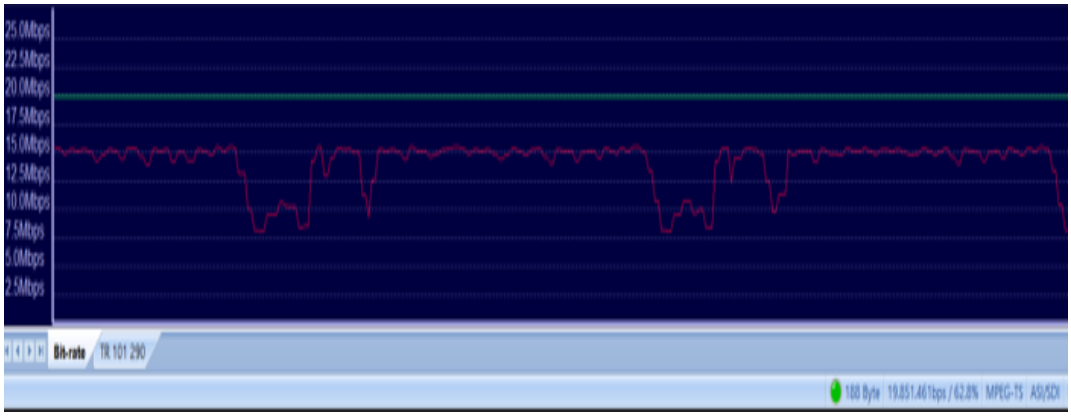
Nota. El descriptor tiene activado la información de emergencia.

- **Mediciones en el EWDC-300**

  Corresponde a las mediciones del equipo que hará la remultiplexacion a la norma DVB, modificando los parámetros del stream BTS.

Figura 75

Mediciones del MPEG-TS generado en el EWDC-300



Nota. Aquí observamos un tamaño de flujo TS de 188 bytes.

Figura 76

Tablas generadas en el EWDC-300

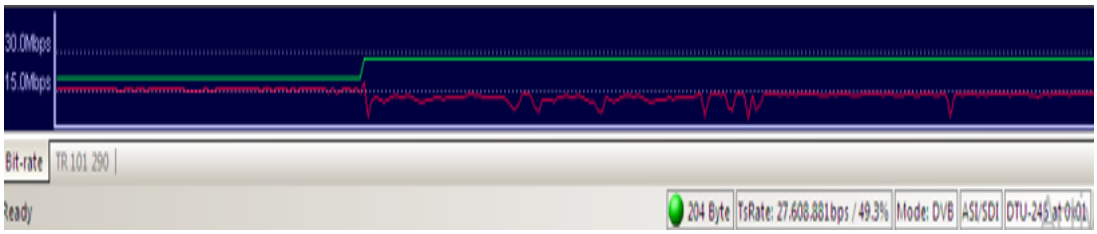
Nota. El EWDC-300 mantiene los servicios del IRTP.

- **Mediciones en el DMUX-500W**

  Aquí se debe verificar la recuperación del flujo BTS, asi como la integridad de la señal EWBS.

Figura 77

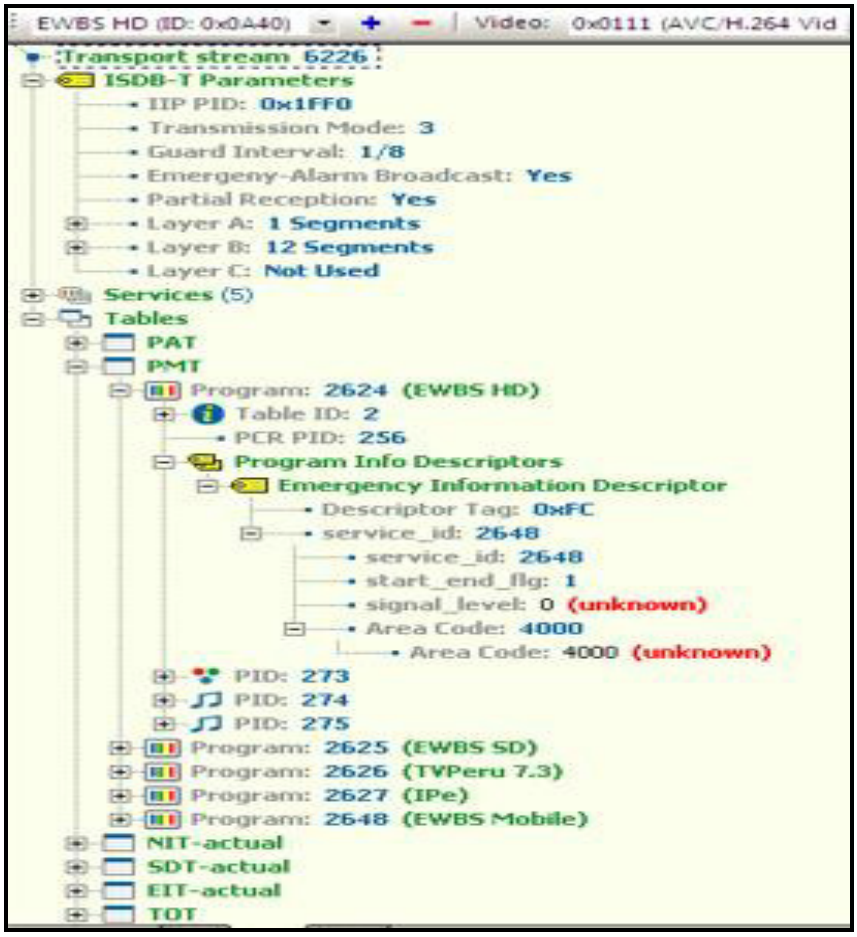
Regeneración de la señal BTS con EWBS en el DMUX-500W.



Nota. El stream BTS recupera su longitud de 204 bytes y su tasa de datos a 32.5 Mbps.

Figura 78

Regeneración de las tablas PSI/SI de la señal BTS.



Nota. El descriptor de emergencia aún está activo.

3.5.4.3.4 Pruebas de recepción de señal EWBS

Dado que se queremos validar el funcionamiento del diseño e implementación del sistema satelital con EWBS del presente trabajo, se tomará una captura del flujo BTS con EWBS, generado en el equipo DMUX-500W en un archivo VLC en formato TS, como se observa en la siguiente figura:

Figura 79

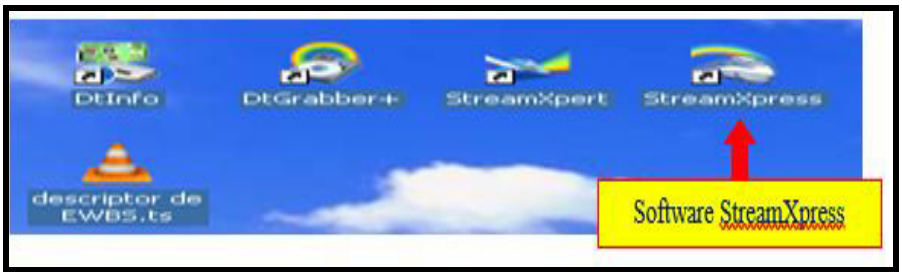
Archivo TS que contiene la señal BTS con EWBS

Nota. El archivo BTS se encuentra grabado en el programa VLC.

El archivo TS del VLC que contiene la señal BTS ingresará al equipo DTU-215, que realizará la función de un retransmisor TDT. Para ello debemos ejecutar el software StreamXpress (ver figura 80), que podrá leer el flujo de transporte BTS con EWBS del archivo VLC.

Figura 80

Software StreamXpress

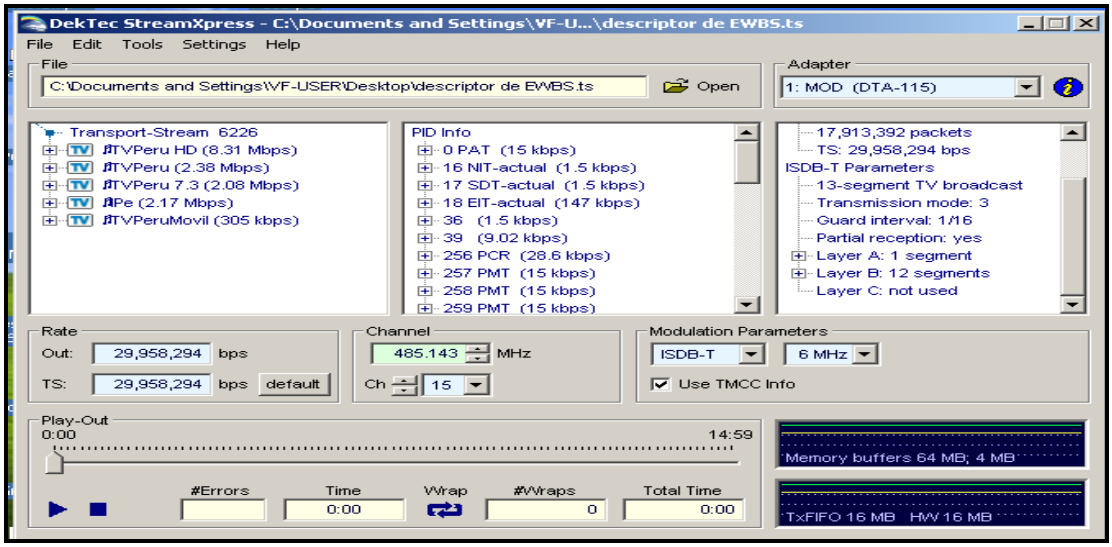


Nota. Este software es usado para entorno de simulaciones del IRTP.

A continuación, se configuran los parámetros de la frecuencia de canal a transmitir, parámetros de modulación, estándar ISDB-T y el TMCC como en la siguiente figura.

Figura 81

Configuración de parámetros de transmisión en el equipo DTU-215.



Nota. Los parámetros colocados corresponden al canal UHF del IRTP.

La señal BTS de la muestra es modulada y procesada por el equipo DTU-215 que se muestra en la figura 81, basándose en los parámetros configurados en el software StreamXpress, cuya salida RF tiene que pasar por un Booster a fin de reproducir sin problemas la señal de video con EWBS en el lado de recepción (en nuestro caso el set top box.).

Figura 82

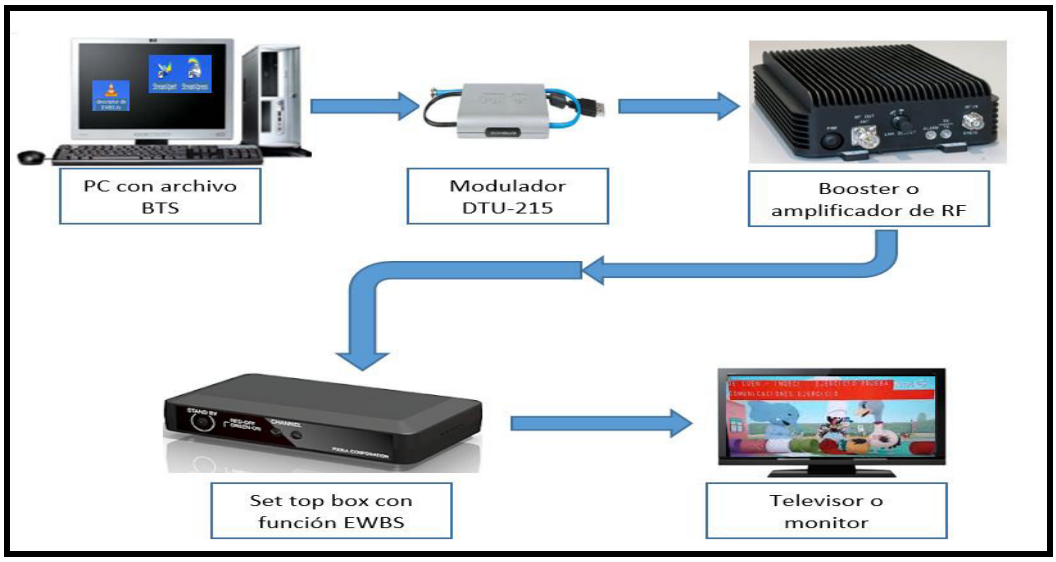
Equipo DTU-215.

Nota. Este equipo perteneciente del IRTP, es usado para pruebas de laboratorio.

En base a los componentes del sistema antes mencionado, formamos nuestro sistema de transmisión de alerta de emergencia EWBS, partiendo del archivo TS del VLC que contiene la señal BTS con EWBS, el modulador DTU-215, equivalente a un transmisor y el set top box con monitor como punto de recepción, al igual el panel electrónico EWBS otro punto de recepción, tal como el esquema de la siguiente figura:

Figura 83

Esquema de equipos de prueba para recepción de señal EWBS.

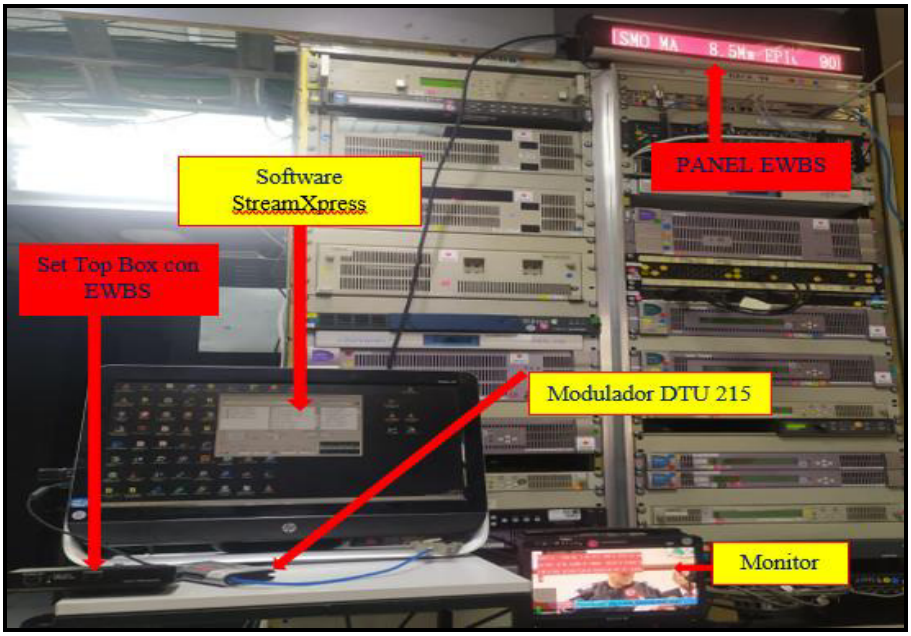


Nota. Este esquema es utilizado en el entorno de pruebas del IRTP.

De acuerdo al esquema de la figura 83, procedimos a conectar los equipos para la transmisión del flujo BTS con EWBS, en el cual la salida RF del modulador es conectada a un splitter para dividir la señal y esta conectarla tanto a la entrada del set top box como a la entrada del panel electrónico EWBS, visualizándose el mensaje de alerta en ambos puntos de recepción.

Figura 84

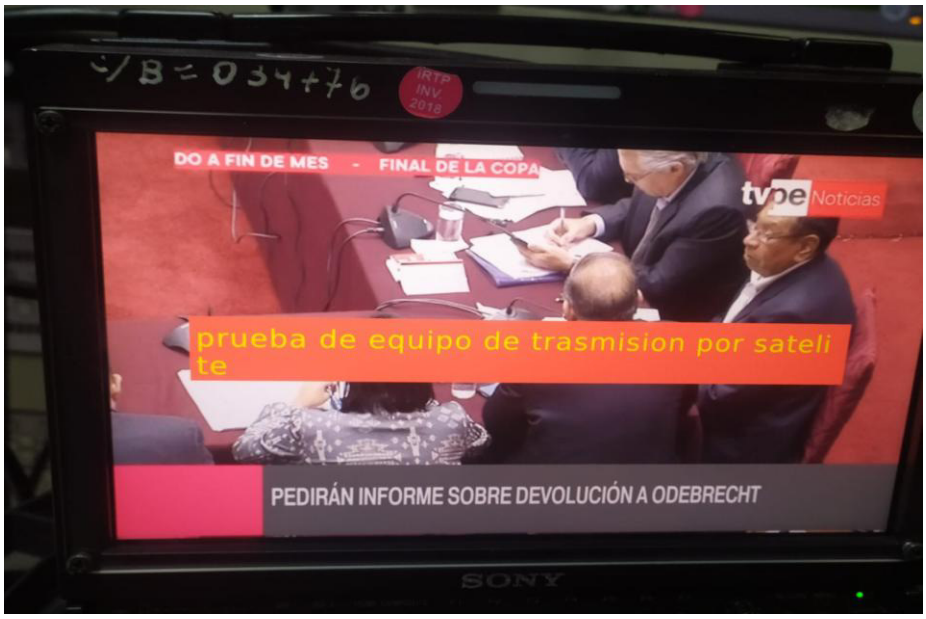
Recepción de señal EWBS en el Set Top Box y panel electrónico EWBS



Nota. La recepción de señal EWBS se realizó de forma exitosa dentro de las instalaciones del IRTP.

Figura 85

El monitor muestra el mensaje de señal EWBS



Nota. Mensaje EWBS para la verificación del envío por satélite.

3.5 Resultado de la actividad

Con el resultado del diseño e implementación del enlace vía satélite con un sistema de alerta de emergencia EWBS, el IRTP puede llevar la alerta de emergencia EWBS hacia todas las regiones del Perú, donde exista la señal TDT del canal del Estado peruano.

Se realizó el correcto dimensionamiento del stream BTS, permitiendo la adaptación de la norma ISDB-Tb dentro del enlace satelital que opera en la norma DVB, optimizando el consumo de ancho de banda del satélite, con resultados exitosos.

Las mediciones realizadas por el analizador de Transport Stream, muestran que los parámetros del stream BTS que son modificados en la cadena de transmisión satelital, se recuperan de forma exitosa al utilizar el remultiplexor DMUX-500W, permitiendo alimentar las estaciones TDT del IRTP. Esto asegura una transmisión confiable de la señal TDT y EWBS.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

La implementación de este proyecto fue bastante compleja, y se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Radio y Televisión. Esta se dividió en dos etapas.

La primera etapa, se implementó un sistema que permita la correcta difusión de la señal TDT y EWBS a través de un enlace satelital que opera en la norma DVB. Aquí varios fabricantes, en conjunto con ingenieros japoneses y del IRTP, lograron enviar la señal BTS del estándar ISDB-Tb a través del enlace satelital en el estándar DVB. La empresa Videoswitch quien ganó la licitación pública para la provisión de equipamiento de un sistema de transmisión de alerta de emergencia EWBS por un vínculo satelital, se encargó de capacitar al área de ingeniería del IRTP para la implementación de este sistema, siguiendo las recomendaciones técnicas de fabricantes y especialistas en TDT y transmisiones satelitales.

La segunda etapa corresponde a la implementación de un sistema satelital en banda Ku, donde la empresa ST Engineering en conjunto con ingenieros del IRTP, logran implementar un sistema de transmisión satelital para la difusión de la señal TDT, incluyendo el EWBS, a nivel nacional. Todo esto, garantizando que cada una de las etapas cuenten con el equipamiento adecuado y una configuración en redundancia 1+1, de tal forma que al fallar cualquiera de los equipos, no presente interrupción del servicio.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- En este trabajo se logró diseñar e implementar en el IRTP, un sistema de enlace vía satélite que permite la difusión de la alerta de emergencia EWBS, sobre la Televisión Digital Terrestre, en el estándar ISDB-Tb.
- Se logró establecer los requerimientos técnicos en el Hub Satelital de la estación TDT del IRTP, para integrar e incorporar el sistema de alerta de emergencia EWBS.
- En base a los requerimientos técnicos, se logró implementar el Hub Satelital TDT con la integración del sistema de alerta de emergencia EWBS.
- Se alcanzó el objetivo de dimensionar el ancho de banda del stream BTS, para enviar la señal TDT por el enlace, garantizando la integridad de la señal EWBS.
- Se logró adaptar el stream BTS propio de la norma ISDB-Tb, hacia la norma DVB del enlace satelital, mediante el proceso de Remultiplexación del equipo EWDC-300.
- Se consiguió recuperar el stream BTS mediante la Remultiplexación a ISDB-Tb del equipo DMUX-500W.
- Se demostró la recepción de la señal de alerta de emergencia de una muestra en archivo TS del sistema satelital del presente trabajo, en un set top box TDT compatible con EWBS.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar un equipo de medición de transport stream, para realizar un análisis más detallado de los parámetros del stream BTS y MPEG-TS, ante algún problema en la cadena de transmisión.

El sistema de transmisión satelital del canal del Estado, de este presente trabajo, prioriza la transmisión de la señal de alerta de emergencia EWBS, por lo que difiere de los sistemas de transmisión de las estaciones TDT de un canal privado.

Se recomienda a los futuros investigadores, priorizar los parámetros del sistema EWBS (flag, descriptor de emergencia, superposición), así mismo el stream BTS (tamaño de paquete, tablas PSI/SI), debido a que estos parámetros son modificados en las transmisiones satelitales.

El presente trabajo se puede tomar como base para estudiar la viabilidad de implementar sistemas de alerta de emergencia en radio digital o telefonía celular.

Durante las pruebas de recepción de señal EWBS, se observó que los televisores que sintonizan TDT, no son compatibles con la señal EWBS, usando para ello un Set Top Box con EWBS. Por lo tanto, se sugiere al MTC, establecer como norma que los equipos receptores de TDT del estándar ISDB-Tb, que ingresen al país, tengan la capacidad de decodificar la señal EWBS.

CAPITULO VII: REFERENCIAS

Bautista, J. A. (2021). *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.* Obtenido de: https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/755/1/BAUTISTA%20HUARANCCA%2C%20JERSON%20ABEL.pdf

Campos, F., Castillo, J., Córdova, V., Corimanya, J., Matos, C., Palomino, W. & Rosales, J. (2015). *Una propuesta de modelo de difusión de alerta temprana para deslizamientos de tierra en el Perú usando la televisión digital terrestre. Tecnia, 25(1),*. Obtenido de: http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/22

Carhuamaca, A. E. (2011). *Diseño del sistema de transmisión satelital para el transporte de la señal ISDB-T BTS.* Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12404/1449

Dektec. (s.f.). *Catálogo*. Obtenido de archivo pdf: https://www.dektec.com/

Espín, A. P. (2014). *Análisis de un sistema de transmisión de alertas contra desastres naturales mediante TDT.* Obtenido de http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2878.

Gonzales, G. & Quiroz, J. (2019). *Diseño del sistema de transmisión en base al estándar ISDB-T, para la óptima migración de televisión Analógica a Digital Terrestre en la estación Radiodifusora Sony TV-canal 33. Chiclayo - Lambayeque*. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3825

Granja, N. (2011). *Análisis del transport stream para el estándar de televisión digital ISDB-TB.* Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4553

Illescas, M. A., Lara, R., Olmego, G. & Villamarín D. (2011). *Implementación de un Transmisor de Pruebas de TV Digital Terrestre ISDB-Tb para la emisión de aplicaciones interactivas*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/257645113_Implementacion_de_un_transmisor_de_pruebas_de_TV_Digital_terrestre_ISDB-Tb_para_la_emision_de_aplicaciones_interactivas

INICTEL-UNI. (2018). *Televisión Digital Terrestre ISDB-T*. Obtenido de Curso Taller dirigido al personal técnico del Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú.

IRTP. (2019). *Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb.* Obtenido de Capacitación al área técnica del IRTP, a cargo del ingeniero Hernán Berrocal, especialista en TDT.

IRTP. (s.f). *Información Institucional del Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú*. Obtenido de https://www.gob.pe/irtp.

ISDB-T, I. (2013). *Documento de armonización parte 3: Sistema de Alerta de Emergencias EWBS.* Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/393220-documento-de-armonizacion-para-la-tdt-isdb-t-otros-informes-television-digital-terrestre-tdt

Jácome, E. M. (2017). *Diseño de la infraestructura técnica del canal de televisión "CANELA TV" para proporcionar el servicio de televisión digital con la norma ISDB-T, en la ciudad de Quito.* Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17537

Laban, J. L. & 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.* Obtenido de: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581777

López, C. H. (2018). *Sistema de Alerta de Emergencia para Televisión Digital.* Obtenido de

http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/14950/1/Tesis.pdf

Merino, H. (2014). *Análisis de viabilidad de los HTS de banda KA para la prestación de servicios de banda ancha satelital en el Perú mediante la aplicación de modelos matemáticos en el desarrollo de cálculos de enlace.* Obtenido de:https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5353

MTC. (2023). *Informe anual de evaluación del proceso de implementación de la televisión digital terrestre (TDT) en el Perú.* Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/4980830-informe-anual-de-evaluacion-del-proceso-de-implementacion-de-la-television-digital-terrestre-tdt-en-el-peru-2023-radiodifusion-dgat-mtc

Orna, Á. G. (2016). *Estudio para la implementación de una red de alerta de emergencia por la ocurrencia de amenazas naturales y antrópicas usando las subportadoras de televisión digital.* Obtenido de: http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11315

Paredes, P. J. & Vilchez, E. Y. (2020). *Diseño de un receptor EWBS embebido en el beaglebone black para alerta temprana de tsunami en el Callo, Lima 2020*. Obtenido de: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3499/ELEC-T030_43320100_T%20%20%20VILCHEZ%20HERRERA%20EILMAR%20YEFIM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Páucar, R. (2010). *Análisis y Modelamiento de las Técnicas de Canal de Retorno e Interactividad para el Estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-T*. Obtenido de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/f1c4007c-c4d1-4f98-a2c9-

Pisciotta, N. (2010). *Sistema ISDB-Tb* . Obtenido de http://www2.elo.utfsm.cl/~elo352/Experiencia%20TVD%20web/SistemaISDB_Tb.pdf

Pulido, A. (2021). *Análisis del comportamiento de cobertura e interferencia para el sistema de Televisión Digital Terrestre de las estaciones de*

Cerro Oriente y Cerro Tasajero ubicadas en el departamento de Norte de Santander. Obtenido de: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/697/1/Pulido_2021_TG.pdf

Videoswitch. (2020). *Sistema de compresión para transmisión de alerta de emergencia EWBS.* Obtenido de: Capacitación al área de ingeniería del IRTP.

Videoswitch. (s.f.). *EWDC-300. [archivo pdf].* . Obtenido de: https://videoswitch.tv/pdf/1d8a50_EWDC-300_01F.pdf

Villacrés, D. (2013). *Implementación de Sistema Piloto de Transmisión de Alerta de Emergencia sobre la Television Digital Terrestre en el Ecuador. ESPE, Sangolquí, Ecuador*. Obtenido de: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6707

CAPITULO VIII: ANEXOS

Anexo A: Cálculos de Link Budget

eutelsat

Link Budget Analysis

Link Budget Summary

Link Name	**a) FWD 11 MHz rx 1.2m**
Tx/Rx link name	Lima / Cusco
Satellite	E117WA
Transponder	K38
Antenna diameters Tx/Rx (m)	4.8 / 1.2
Modulation + FEC	8 PSK 3/4
Info Bit rate (Mbps)	19.96
Symbol rate (Mbaud)	9.17
Bandwidth consumption (MHz)	11.00
Power consumption (MHz)	6.50
HPA Rating (W)	24.92
Throughput spectral efficiency (bps/Hz)	1.81
Clear Sky Link Margin (dB)	2.03
Availability (%)	99.727

Link Budget Details

Space Segment

Satellite	**E117WA**
Orbital Position	116.8°W
Transponder	**K38**
Transponder bandwidth (MHz)	36.00
Uplink Coverage	Ku3-SA Receive
Uplink frequency (MHz)	14280.000
Uplink Polarization	X
Downlink Coverage	Ku3-SA Transmit
Downlink frequency (MHz)	11980.000
Downlink Polarization	Y
Transponder mode	Linear
SFD (dBW/m²)	-80.88
IBO Multicarrier (dB)	3.0
OBO Multicarrier (dB)	2.0

Carrier Parameters and Resources

Topology	DISTRIBUTION
Modem Manufacturer	Newtec
Modem reference	
Technology	DVB-S2
Pilots	ON
Frame	Normal
Modulation	**8 PSK**
FEC	**3/4**
Spreading Factor	1
Info Bit rate (Mbps)	**19.96**
Symbol rate (Mbaud)	**9.17**
Modulation spectral efficiency (bit/sym)	2.18
E_b/N_0 (dB)	5.30
E_s/N_0 (dB)	8.68
IPFD carrier (dBW/m²)	-97.48
IBO carrier (dB)	10.43
OBO carrier (dB)	9.43
Roll Off (%)	20
Bandwidth consumption (MHz)	**11.00**
Power consumption (MHz)	**6.50**
Throughput spectral efficiency (bps/Hz)	**1.81**

Uplink Ground Segment

Earth Station Code	Other
Country	Peru - PE
Location	Lima
Longitude (°)	-77.05
Latitude (°)	-12.05
Distance to satellite (km)	37612.67
Atmospheric losses (dB)	0.20
Antenna size (m)	4.80
satellite G/T towards transmit station (dB/K)	**6.17**
Elevation angle (°)	42.34
Azimuth angle (°)	284.09
Uplink EIRP (dBW)	65.22
Operating HPA Power (clear sky) (W)	12.49
HPA OBO + cable losses (dB)	4.00
UPPC maximum rain fade compensation (dB)	0.00
HPA Rating (W)	**24.92**
PSD at Antenna Flange	-59.66

Downlink Ground Segment

Earth Station	Other
Country	Peru - PE
Location	Cusco
Longitude (°)	-71.98
Latitude (°)	-13.52
Distance to satellite (km)	38053.46
Atmospheric Losses (dB)	0.30
Antenna size (m)	1.20
Antenna G/T towards satellite (dB/K)	20.54
System temperature (K)	130.00
Elevation angle (°)	36.64
Azimuth angle (°)	283.24
Satellite EIRP towards receive station (dBW)	**53.35**

Clear Sky Analysis

Thermal Uplink C/N (dB)	23.12
Aggregated C/I Uplink (dB)	19.85
Uplink Propagation Losses (dB)	207.04
Thermal Downlink C/N (dB)	17.51
Aggregated C/I Downlink (dB)	12.84
Downlink Propagation Losses (dB)	205.62
C/N+I Overall (dB)	10.71
E_b/N_0 Overall (dB)	7.33
Clear Sky Link Margin (dB)	**2.03**

Rain Fade Analysis

UPPC maximum rain fade compensation (dB)	0.00
Uplink Rain Fade assumed in Link Budget (dB)	2.03
Carrier IBO under assumed uplink rain fade (dB)	12.46
Carrier OBO under assumed uplink rain fade (dB)	11.46
Provision to downlink degradation due to interference scaled to downlink fade conditions (dB)	2.46
Downlink Rain Fade assumed in Link Budget (dB)	2.90
Downlink G/T degradation due to rain (dB)	2.96
Downlink C/N under assumed rain fade (dB)	11.66

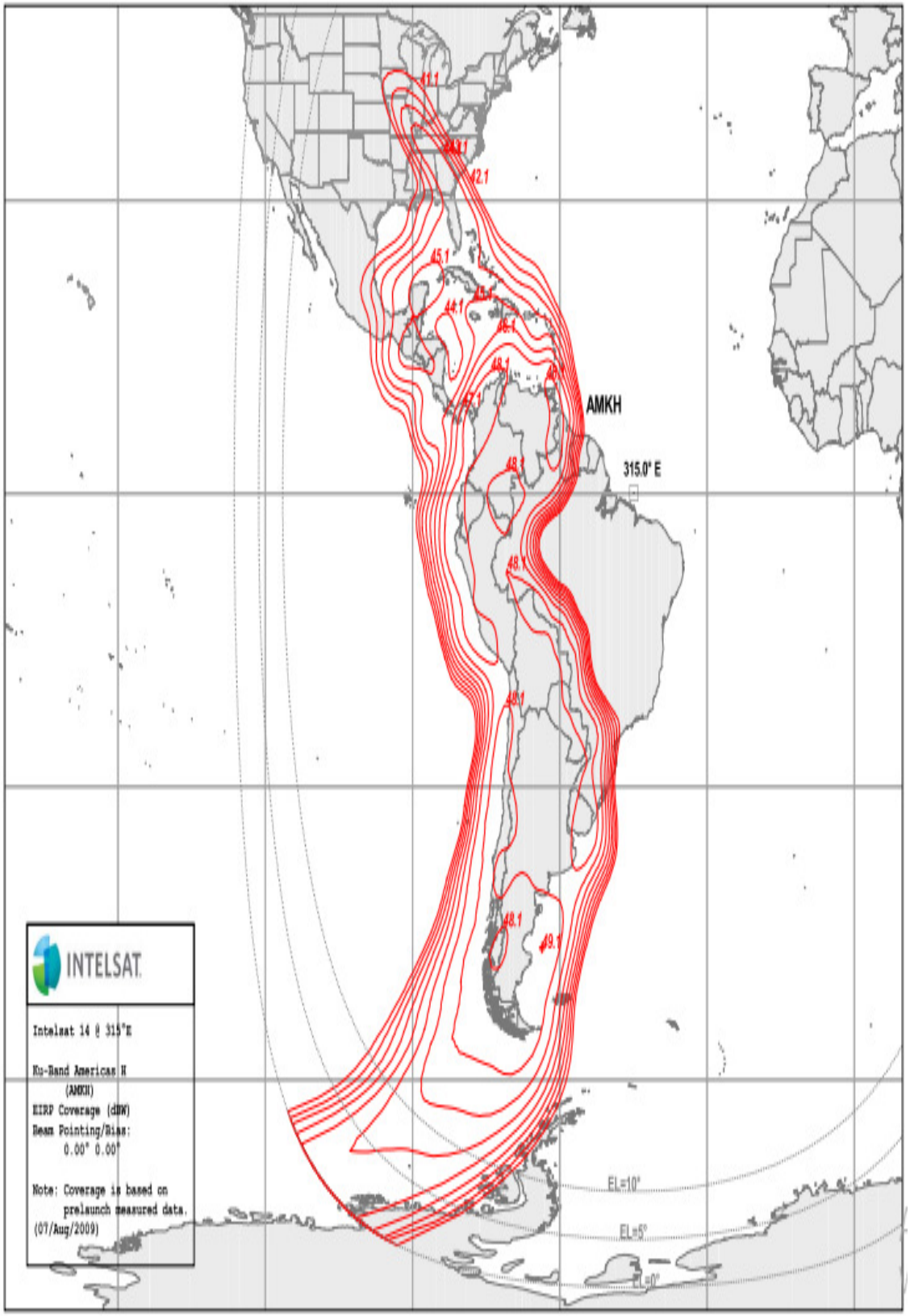
Link Availability Prediction

Uplink reference rain rate (ITU-R P.837) (mm/hr)	17.36
Availability corresponding to assumed uplink rain fade (%)	99.887
Downlink reference rain rate (ITU-R P.837) (mm/hr)	47.14
Availability corresponding to assumed downlink rain fade (%)	99.840
Availability corresponding to assumed (uncorrelated) uplink and downlink rain fade (%)	**99.727**

Anexo B: Huella y cobertura del satélite Eutelsat 117

Ubicación	Rango PIRE
Perú	52 dBW – 53 dBW

Anexo C: Huella y cobertura del satélite Intelsat 14



Anexo D: Especificaciones técnicas del HPA

SpacePath COMMUNICATIONS

STA5340 Ku Series 400W Ultralinear Ku-Band Antenna Mount HPA

FEATURES

Ultralinear
Lightweight
High Efficiency
Broadband

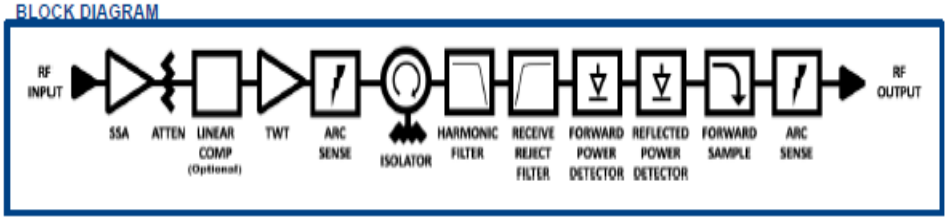
STA5340 Ku series 400W Antenna Mount HPA

The STA5340 Ku series HPA provides ultra linear, high efficiency performance in a compact, lightweight, rugged, weatherproof, antenna mount enclosure. The advanced packaging and cooling techniques enable the unit to operate in extreme environmental conditions from direct rain to direct sunlight. The amplifiers can be simply deployed anywhere in the world, are user-friendly and incorporate a comprehensive remote control facility as standard, including RS485, RS232 and Ethernet options.

The HPA incorporates a high efficiency multi-collector TWT powered by an advanced power supply built on over 30 years of experience in the design and manufacture of satellite amplifiers.

The company's products have an enviable reputation for performance, robust quality and reliable service.

BLOCK DIAGRAM



RF Performance:

Frequency	
KU1	13.75 – 14.50 GHz
KU2	12.75 – 14.50 GHz
KU3	13.75 – 14.80 GHz
KU4	12.75 – 13.25 GHz
Bandwidth	500 MHz / 750 MHz
Output Power	(for load VSWR ≤ 1.5:1)
TWT Power	56.0 dBm (400 W)
Rated (flange)	55.4 dBm (350 W) typical
Linear, P_{LIN}	49.5 dBm (90 W)
(with optional Linearizer)	52.5 dBm (180 W)
Gain	
Gain	≥ 70 dB
Variation, 80 MHz, ΔG_{80MHz}	≤ 0.8 dB peak-peak
Variation, 750 MHz, ΔG_{750MHz}	≤ 2.5 dB peak-peak
Slope, ΔG_{SLOPE}	± 0.04 dB/MHz
Gain Stability vs. Time @constant drive & temp	± 0.25 dB/24 hours
Gain Stability vs. Temperature @ constant drive & frequency	± 1.0 dB
Adjustment range, G_{ADJ}	30.0 dB typical
Adjustment step size	0.1 dB
Linearity	
AM/PM @ $P_O \leq P_{LIN}$ - 1dB	≤ 2.0°/dB
Inter-modulations (IMD) 2-tone	≤ -28 dBc @ $P_O \leq P_{LIN}$ – 1 dB
Spectral Re-growth (SR)	≤ -30 dBc @ $P_O \leq P_{LIN}$ – 1 dB
Noise Power Ratio (NPR)	≤ -19 dBc @ $P_O \leq P_{LIN}$ – 1 dB
Input VSWR (Return Loss)	≤ 1.3:1 (17.7 dB)
Output VSWR (Return Loss)	≤ 1.3:1 (17.7 dB)
Load VSWR (no damage)	≤ 2.0:1 (9.5 dB)
Harmonic 2nd & 3rd	≤ -60 dBc
Noise Power	
Transmit Band (T_X)	≤ -70 dBW/4KHz
Receive Band (R_X)	≤ -150 dBW/4KHz (10.65 – 11.75/12.75 GHz)
Spurious @ $P_o \leq$ MLP	≤ -60 dBc
Residual AM	≤ -50 dBc, f < 10KHz ≤ -20(1.5+LOG(frequency KHz))dBc, f = 10KHz to 500KHz ≤ -85 dBc >500KHz
Phase Noise	10 dB below IESS requirement ≤ - 50 dBc, AC fundamental ≤ - 47 dBc, Sum of all spurs
Group Delay (any 80 MHz)	
Linear	0.01 nsec/MHz, max
Parabolic	0.005 nsec/MHz², max
Ripple	0.5 nsec/Peak-Peak, max

Prime Power:

AC Input Voltage	99-265 VAC ± 10%, single phase 50-60 Hz ± 5%
Full Load Current	12.5 A max @ 200 VAC
Power Consumption	1300 VA typical 1450 VA maximum
Power Factor	0.98 typical 0.96 minimum

Environmental:

Ambient Temperature	-40°C to +60°C
Relative Humidity	100% condensing
Altitude	12,000 ft. with standard adiabatic de-rating of 2°C/1000 ft., operating 50,000 ft., non-operating
Shock	15 g peak, 11mSec, 1/2 sine
Vibration	3.2 g rms, 10-500 Hz
Acoustic Noise	65 dBA @ ≥3 ft. from amplifier
Solar Gain	1120 2/m²

Mechanical:

Dimensions	Request outline
Length	52 cm
Width	26 cm
Height	26 cm
Weight	21 kg typical
RF Input	Type N(f) 50 ohm
RF Output	WR-75
RF Sample	Type N(f) 50 ohm
AC Input	Amphenol C016 20C003 200 12
Ethernet	RJF71B
M&C Connector	PT07E18-32S (MS3114E-18-32S)

© SpacePath Communications Limited 2019

Anexo E: Especificaciones técnicas de la antena Cassegrain

CPI Communications & Power Industries

www.cpii.com/antennas

4.8 Meter Cassegrain Antenna

Specifications

ELECTRICAL [1]	C-Band 2 Port Circular Polarized Receive	C-Band 2 Port Circular Polarized Transmit	C-Band 4 Port Circular Polarized [4] Receive	C-Band 4 Port Circular Polarized [4] Transmit	X-Band 2 Port Circular Polarized Receive	X-Band 2 Port Circular Polarized Transmit	Ku-Band 4 Port Linear Polarized [4] Receive	Ku-Band 4 Port Linear Polarized [4] Transmit	DBS-Band 4 Port Linear Polarized Receive	DBS-Band 4 Port Linear Polarized Transmit
Frequency (GHz)	3.625-4.200	5.850-6.425	3.625-4.200	5.850-6.425	7.250-7.750	7.900-8.400	10.950-12.750	13.750-14.500	10.700-12.750	17.300-18.400
Antenna Gain, Midband dBi [2]	44.16	48.10	44.00	47.90	49.50	50.10	53.50	55.20	53.10	56.90
VSWR	1.55:1	1.30:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1
Pattern Beamwidth [2] -3 dB, at midband	1.04°	0.67°	1.08°	0.69°	0.55°	0.52°	0.34°	0.28°	0.36°	0.23°
Antenna Noise Temperature (K)										
5° Elevation	60 K		54 K		61 K		80 K		73 K	
10° Elevation	57 K		44 K		51 K		67 K		59 K	
20° Elevation	47 K		39 K		45 K		58 K		50 K	
40° Elevation	43 K		37 K		42 K		53 K		44 K	
Typical G/T (dB/K) [3]	25.3 (4.000 GHz, 30 K LNA)		25.6 (4.000 GHz, 30 K LNA)		30.0 (7.500 GHz, 45 K LNA)		32.4 (11.850 GHz, 70 K LNA)		32.3 (11.725 GHz, 70 K LNA)	
Axial Ratio	1.80 dB	0.75 dB	0.50 dB	0.50 dB	1.50 dB	1.50 dB				
Power Handling (total)		5 kW CW		5 kW CW		5 kW CW		2 kW CW		2 kW CW
Cross Polarization Isolation (dB)										
On Axis	19.7 dB	27.3 dB	30.8 dB	30.8 dB	21.3 dB	21.3 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB
Within a 1.0 dB Beamwidth	19.7 dB	27.3 dB	30.8 dB	30.8 dB	21.3 dB	21.3 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	30.0 dB
Port-to-Port Isolation (dB)										
Rx/Tx (Rx frequency)	0 dB	-60 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-110 dB	0 dB	-50 dB	0 dB	-75 dB
Tx/Rx (Tx frequency)	-100 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-110 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB
Sidelobe Performance	Meets ITU-RS-580						Meets ITU-RS-580, FCC			
RF Specification	975-2635		975-4289		975-2427		975-2114		975-2446	

[1] All values are at rear feed flange. [2] C-Band Rx values are at 4 GHz. [3] Typical G/T at 20° elevation with clear horizon using single bolt-on LNA feed.
[4]) Also available in extended frequency bands.

Communications & Power Industries

www.cpii.com/antennas

4.8 Meter Cassegrain Antenna

Specifications

MECHANICAL/ENVIRONMENTAL [5]	Fixed Post Mount Pedestal (PM)	Motorizable Kingpost Pedestal (KP)	Motorizable High Wind Kingpost Pedestal (KP-HW)
Antenna Diameter	4.8 meters (15.83 feet)		
Antenna Type	Compact cassegrain design		
Reflector Construction	16 precision-formed aluminum panels with heat-diffusing white paint Cleaned and brightened aluminum back-up structure		
Hub Dimensions	48 in (122 cm) OD, 29 in (74 cm) depth		
Mount Configuration	Elevation over azimuth pedestal, constructed of galvanized steel		
Drive Type Azimuth Travel Elevation Travel	Manual struts 360° coarse, 40° fine adjustment 0 to 90° continuoust	Manual strut or jack screw 120° continuous 0 to 90° continuous	Manual jack screws 120° continuous 0 to 90° continuous
Foundation (L x W x D) Concrete Reinforcing Steel	12.5 x 12.5 x 1.5 ft (3.8 x 3.8 x 0.38 m) 8.7 yds³ (6.65 m³) 1,125 lbs. (510 kg)		16.5 x 16.5 x 2.5 ft (5.0 x 5.0 x 0.76 m) 25.5 yds³ (19.5 m³) 1,680 lbs. (762 kg)
Shipping Containers	One 20 ft standard container	One 40 ft HC container	One 20 ft standard container
Wind Loading Operational Survival (any Position) Survival (at Zenith)	45 mph (72 km/h) gusting to 60 mph (97 km/h) 125 mph (200 km/h) @ 58° F (15° C) N/A		Up to 62 mph (100 km/h) 180 mph (290 km/h) @ 58° F (15° C) 210 mph (338 km/h) @ 58° F (15° C)
Temperature Operational Survival	+5° to +122°F (-15° to +50° C) -22° to +140°F (-30° to +60° C), low temperature options available		
Rain	Up to 4 in/h (10 cm/h)		
Relative Humidity	0 to 100% with condensation		
Solar Radiation	360 BTU/h/ft² (1,000 Kcal/h/m²)		
Ice	1 in (2.5 cm) on all surfaces or 1/2 in (1.3 cm) on all surfaces with 80 mph (130 km/h) wind gusts		
Atmospheric Conditions Survival	As encountered in coastal regions and/or heavily industrialized areas		
Shock and Vibration	As encountered during shipment by airplane, ship or truck		

[5] Some specifications may vary based on the combination of equipment, options and/or upgrades ordered.