



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**SISTEMA DE MONITOREO DE LA PROGRAMACIÓN DE LAS  
ESTACIONES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN LA  
CIUDAD DE GUAYAQUIL**

**AUTOR:**

**Guzmán Miranda, Carlos Alberto**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de**

**MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTORA:**

**MSc. Ruilova Aguirre, María Luzmila**

**Guayaquil, Ecuador**

**11 de marzo del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Guzmán Miranda, Carlos Alberto**, como requerimiento para la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**.

**TUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ruilova Aguirre, María Luzmila**

**DIRECTOR DELA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Romero Paz, Manuel de Jesús**

**Guayaquil, 11 de marzo del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Guzmán Miranda, Carlos Alberto**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, “**Sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil**”, previo a la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 11 de marzo del 2019**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Guzmán Miranda, Carlos Alberto**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Guzmán Miranda, Carlos Alberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 11 de marzo del 2019**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Guzmán Miranda, Carlos Alberto**

# REPORTE URKUND

← → ↻ <https://secure.orkund.com/view/46347005-394405-970773#q1bKLvayijYONtcrNLYAYksdQxMzIDaP1VEqzkzPyOzL7MS05VsjLQMzAwNjMHKvE0MTlztzAyMzY0rQUA> ☆ ⓘ ⋮

**URKUND** Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

| Documento   | Lista de fuentes  | Bloques |
|---|---|---------|
| <a href="#">Trabajo Titulacion - Carlos Guzmán Miranda.docx</a> (D47432062) | <a href="http://www.sukasa.com/decodificador-iso2-t-mundy-home.html">http://www.sukasa.com/decodificador-iso2-t-mundy-home.html</a>   |         |
| Presentado 2019-01-30 23:46 (-05:00)  | 1433448866 Borrador aprobado TESIS 4 Junio.docx   |         |
| Presentado por orlandophilco_7@hotmail.com                                  | <a href="http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11315/caso%20de%20estudi...">http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11315/caso%20de%20estudi...</a>     |         |
| Recibido orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com                            | <a href="#">Tesis Final Veliz Jorge_22Abril2014.docx</a>  |         |
| Mensaje Tesis Ing. Guzman <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>       | <a href="https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-presento-qlan-maestro-transicion-ha...">https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-presento-qlan-maestro-transicion-ha...</a> |         |
| 1% de estas 65 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.         | <a href="https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102644/Mart%C3%AADnez%20-1620Co...">https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102644/Mart%C3%AADnez%20-1620Co...</a>         |         |

⏏ ⏪ ⏩ ⏴ ⏵ ⏶ ⏷ ⏸ ⏹ ⏺ ⏻ ⏼ ⏽ ⏾ ⏿ ⏰ ⏱ ⏲ ⏳ ⏴ ⏵ ⏶ ⏷ ⏸ ⏹ ⏺ ⏻ ⏼ ⏽ ⏾ ⏿ ⏰ ⏱ ⏲ ⏳

⚠ 1 Advertencias. ↻ Reiniciar ⬇ Exportar 📄 Compartir

---

52% #1 Activo Archivo de registro Urkund: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Tesis Final Veliz... 52%

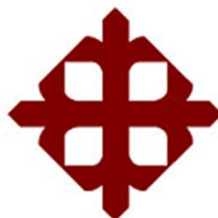
| CERTIFICACIÓN  | CERTIFICACIÓN   |
|--|---|
| Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por Guzmán Miranda, Carlos Alberto, como requerimiento para la obtención del Título de Magister en Telecomunicaciones. | Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. JORGE ANDRÉS VELIZ FUENTES como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES. |
| TUTORA   |   |
| f. _____ Rullova Aguirre, María Luzmila  |   |
| DIRECTOR DE LA CARRERA   |   |
| f. _____ Romero Paz, Manuel de Jesús   |   |
| Guayaquil, a los (día) del mes de (mes) del año 2019   |   |
| SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES   |   |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD   |   |

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia, a mis compañeros de trabajo, a mis profesores, a mi tutora y a todas las personas que aportaron de una u otra manera en la elaboración exitosa de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi madre, a mi hermana, a mi esposa y a mi hijo, por estar siempre cerca de mí apoyándome de una u otra manera, dándome ánimo para seguir siempre adelante y por su paciencia en los momentos difíciles.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**María Luzmila Ruilova Aguirre**

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**Manuel de Jesús Romero Paz**

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Orlando Philco Asqui**

REVISOR

f. \_\_\_\_\_

**Córdova Rivadeneira Luis**

REVISOR



# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....                       | 1  |
| 1.1    Introducción .....   | 1  |
| 1.2    Antecedentes.....  | 2  |
| 1.3    Definición del Problema.....                               | 6  |
| 1.4    Justificación .....  | 6  |
| 1.5    Objetivos.....   | 6  |
| 1.5.1    Objetivo General .....                                   | 6  |
| 1.5.2    Objetivos Específicos.....                               | 6  |
| 1.6    Hipótesis.....   | 7  |
| 1.7    Metodología de la Investigación .....                      | 7  |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....                                   | 8  |
| 2.1    Las ondas electromagnéticas en la televisión.....          | 8  |
| 2.1.1    Las ondas electromagnéticas.....                         | 8  |
| 2.1.2    El espectro radioeléctrico .....                         | 10 |
| 2.2    La Modulación .....  | 11 |
| 2.2.1    Modulación en amplitud .....                             | 11 |
| 2.2.2    Modulación en frecuencia .....                           | 11 |
| 2.2.3    Modulación de fase .....                                 | 12 |
| 2.2.4    Modulación de fase en cuadratura QPSK .....              | 13 |
| 2.2.5    Modulación de fase en cuadratura diferencial DQPSK ..... | 14 |
| 2.2.6    Modulación de amplitud en cuadratura QAM .....           | 15 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3   | OFDM .....   | 16 |
| 2.4   | El sistema de televisión .....                         | 17 |
| 2.4.1 | Componentes de un sistema de televisión .....          | 17 |
| 2.4.2 | Las señales de televisión.....                         | 18 |
| 2.4.3 | Intensidad de campo eléctrico .....                    | 20 |
| 2.5   | Antenas.....   | 21 |
| 2.5.1 | Antena isotrópica.....                                 | 21 |
| 2.5.2 | Antena omnidireccional .....                           | 22 |
| 2.5.3 | Antena direccional.....                                | 22 |
| 2.5.4 | Antena monopolo .....                                  | 22 |
| 2.5.5 | Antena dipolo .....                                    | 22 |
| 2.5.6 | Antena Yagi Uda .....                                  | 23 |
| 2.6   | Historia de la Televisión.....                         | 23 |
| 2.7   | La Televisión en el Ecuador.....                       | 24 |
| 2.8   | Estándar ISDB-Tb de Televisión Digital Terrestre ..... | 30 |
| 2.8.1 | Segmentación de ISDB-Tb.....                           | 31 |
| 2.8.2 | Intervalo de guarda ISDB-Tb.....                       | 32 |
| 2.8.3 | Capas jerárquicas .....                                | 32 |
| 2.8.4 | Modos de operación de ISDB-Tb .....                    | 33 |
| 2.8.5 | Offset de frecuencia .....                             | 38 |
| 2.8.6 | Parámetros de los segmentos OFDM .....                 | 40 |
| 2.8.7 | Sistema de transmisión ISDB-Tb .....                   | 42 |
| 2.8.8 | Codificación de los TSP .....                          | 43 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2.8.9   | Entrelazado .....  | 45 |
| 2.8.10  | Ventajas y desventajas de TDT.....   | 47 |
| 2.9   | Legislación de Telecomunicaciones .....  | 48 |
| 2.10  | Análisis de la Normativa Vigente .....   | 49 |
| 2.10.1  | Constitución de la República del Ecuador.....                                      | 49 |
| 2.10.2  | Ley Orgánica de Telecomunicaciones .....   | 50 |
| 2.10.3  | Resolución 084-05-CONATEL-2010 .....   | 51 |
| 2.10.4  | Resolución RTV-596-16-CONATEL-2011 .....   | 51 |
| 2.10.5  | Resolución RTV-961-26-CONATEL-2011 .....   | 51 |
| 2.10.6  | Resolución ARCOTEL-2016-0098 .....   | 54 |
| 2.10.7  | Resolución 12-09-ARCOTEL-2017 .....  | 55 |
| 2.10.8  | Resolución ARCOTEL-2017-0301 .....   | 57 |
| CAPÍTULO 3: EQUIPAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO ..... |  | 62 |
| 3.1   | Equipos y elementos necesarios para recepción y distribución de señal de TDT ..... | 62 |
| 3.1.1   | Antenas de recepción.....  | 62 |
| 3.1.2   | Splitter .....   | 64 |
| 3.2   | Equipos para decodificación de la señal de TDT .....                               | 64 |
| 3.2.1   | Equipo decodificador de ISDB-Tb .....  | 64 |
| 3.3   | Equipos para grabación y monitoreo de la señal de TDT .....                        | 68 |
| 3.3.1   | Equipo de grabación de video digital.....  | 68 |
| 3.3.2   | Equipo de visualización (Televisor).....   | 72 |
| 3.4   | Elementos adicionales necesarios para el sistema de monitoreo...                   | 73 |

|                             |  |     |
|-----------------------------|--|-----|
| 3.4.1                       | Cable coaxial.....   | 73  |
| 3.4.2                       | Cable de audio y video.....  | 74  |
| 3.4.3                       | Cable HDMI.....  | 75  |
| 3.4.4                       | Cable UTP.....   | 75  |
| 3.4.5                       | Rack.....  | 76  |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS..... |  | 78  |
| 4.1                         | Mediciones de las señales de TDT.....  | 78  |
| 4.1.1                       | Equipo de medición del espectro.....   | 78  |
| 4.1.2                       | Antena para medición del espectro.....   | 79  |
| 4.1.3                       | Cable coaxial para mediciones.....   | 80  |
| 4.1.4                       | Ubicación geográfica de las mediciones.....  | 81  |
| 4.1.5                       | Mediciones de intensidad de campo, modulación, diagrama de constelación y MER..... | 84  |
| 4.1.6                       | Diagramas de eco y gráficas espectrales.....                                       | 105 |
| 4.1.7                       | Decodificación de señales de TDT.....  | 113 |
| 4.2                         | Diseño del sistema de monitoreo.....   | 125 |
| CONCLUSIONES.....           |  | 129 |
| RECOMENDACIONES.....        |  | 130 |
| GLOSARIO.....               |  | 131 |
| BIBLIOGRAFIA.....           |  | 135 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....   | 1  |
| Figura 1.1: Países que adoptaron ISDB-T .....                                       | 5  |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....   | 8  |
| Figura 2.1: Onda sinusoidal.....  | 9  |
| Figura 2.2: Onda modulada en Amplitud.....  | 11 |
| Figura 2.3: Onda modulada en Frecuencia .....                                       | 12 |
| Figura 2.4: Onda modulada en Fase.....  | 12 |
| Figura 2.6. Constelación QPSK.....  | 14 |
| Figura 2.7. Constelación DQPSK.....   | 15 |
| Figura 2.8. Diagramas de constelación de modulaciones QPSK, 16QAM y 64QAM. ....     | 16 |
| Figura 2.9. Transformada de Fourier de un pulso de duración $\Delta t$ . ....       | 16 |
| Figura 2.10. Portadoras ortogonales. ....   | 17 |
| Figura 2.11: Sistema de televisión digital terrestre.....                           | 17 |
| Figura 2.12: División de un cuadro de televisión .....                              | 19 |
| Figura 2.13: Antena monopolo .....  | 22 |
| Figura 2.14: Antena dipolo .....  | 23 |
| Figura 2.15: Antena Yagi Uda .....  | 23 |
| Figura 2.16: Canales de TV analógica por provincia.....                             | 28 |
| Figura 2.17: Canales de TDT por provincia.....                                      | 29 |
| Figura 2.18: Canales de TV analógica y digital operando en canales adyacentes ..... | 29 |

|   |           |
|---|-----------|
| Figura 2.19: Porcentaje de hogares preparados para recibir TDT .....                            | 30        |
| Figura 2.20: Visión general del sistema de transmisión de ISDB-Tb.....                          | 30        |
| Figura 2.21: Distribución de segmentos en el canal ISDB-Tb .....                                | 31        |
| Figura 2.22: Subportadoras OFDM .....   | 31        |
| Figura 2.23: Señal reflejada e intervalo de guarda.....   | 32        |
| Figura 2.24: Transmisión jerárquica. ....   | 33        |
| Figura 2.25: Señal reflejada de TDT .....   | 37        |
| Figura 2.26: Distribución de portadoras en un canal de ISDB-Tb .....                            | 40        |
| Figura 2.27: Numeración de portadoras ISDB-T .....  | 40        |
| Figura 2.28: Sistema de bloques de codificación del canal en el sistema de<br>transmisión ..... | 42        |
| Figura 2.29: Estructura del cuadro multiplex en la BTS .....                                    | 43        |
| Figura 2.30: MPEG-2 TSP y TSP de transmisión.....   | 45        |
| Figura 2.31: Codificador convolucional .....  | 45        |
| Figura 2.32: Ubicación de portadoras OFDM.....  | 46        |
| Figura 2.33: Entrelazador de bytes de ISDB-Tb.....  | 46        |
| Figura 2.34: Regiones del mundo para atribución de frecuencias.....                             | 56        |
| <b>CAPÍTULO 3: EQUIPAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO</b><br>.....                       | <b>62</b> |
| Figura 3.1: Antena de interior de base magnética.....   | 62        |
| Figura 3.2: Antena de interior Greentek UVR-AV185.....  | 63        |
| Figura 3.3: Antena de exterior Volteck ANDO-4.....  | 63        |
| Figura 3.4: Antena de exterior Volteck ANGI-360 .....   | 63        |
| Figura 3.5: Splitter 1 a 8 .....  | 64        |

|   |           |
|---|-----------|
| Figura 3.6: Decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B .....                      | 65        |
| Figura 3.7: Decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B, panel posterior .....     | 65        |
| Figura 3.8: Mando a distancia de decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B ..... | 66        |
| Figura 3.9: Decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTv 168.....                          | 67        |
| Figura 3.10: Decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTv 168, panel posterior .....       | 67        |
| Figura 3.11: Mando a distancia de decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTv 168 .....   | 67        |
| Figura 3.12: DVR Samsung SRD-1670D .....  | 70        |
| Figura 3.13: DVR Tribid .....   | 72        |
| Figura 3.14: Televisor UN43J5200DHCZE .....   | 73        |
| Figura 3.15: Cable Coaxial RG-6 .....   | 74        |
| Figura 3.16: Cable de audio y video con terminales RCA.....                         | 75        |
| Figura 3.17: Cable HDMI.....  | 75        |
| Figura 3.18: Cable UTP Cat-6.....   | 76        |
| Figura 3.19: Rack de piso abierto de 19" y 24 UR.....                               | 76        |
| Figura 3.20: Bandeja para rack de 19" .....   | 77        |
| Figura 3.21: Multi-toma eléctrica para rack de 19" .....                            | 77        |
| <b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....</b>  | <b>78</b> |
| Figura 4.1: Analizador de espectro ETH de Rohde & Schwarz .....                     | 78        |
| Figura 4.2: Antena dipolo A.H. Systems modelo FCC-4 SN 425.....                     | 79        |
| Figura 4.3: Ubicaciones geográficas de los sitios de medición. ....                 | 82        |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.4: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Atarazana.....                                 | 83 |
| Figura 4.5: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Iletel. ....                                   | 83 |
| Figura 4.6: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y Ceibos.....   | 84 |
| Figura 4.7: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en la Ciudadela Atarazana.....  | 85 |
| Figura 4.8: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en la Ciudadela Iletel. ....    | 86 |
| Figura 4.9: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en Ceibos.....                  | 86 |
| Figura 4.10: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en la Ciudadela Atarazana..... | 87 |
| Figura 4.11: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en la Ciudadela Iletel. ....   | 87 |
| Figura 4.12: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en Ceibos.....                 | 88 |
| Figura 4.13: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en la Ciudadela Atarazana..... | 88 |
| Figura 4.14: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en la Ciudadela Iletel. ....   | 89 |
| Figura 4.15: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en Ceibos.....                 | 89 |
| Figura 4.16: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en la Ciudadela Atarazana..... | 90 |
| Figura 4.17: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en la Ciudadela Iletel. ....   | 90 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 4.18: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en Ceibos.....                 | 91 |
| Figura 4.19: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en la Ciudadela Atarazana..... | 91 |
| Figura 4.20: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en la Ciudadela letel. ....    | 92 |
| Figura 4.21: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en Ceibos.....                 | 92 |
| Figura 4.22: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en la Ciudadela Atarazana..... | 93 |
| Figura 4.23: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en la Ciudadela letel. ....    | 93 |
| Figura 4.24: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en Ceibos.....                 | 94 |
| Figura 4.25: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en la Ciudadela Atarazana..... | 94 |
| Figura 4.26: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en la Ciudadela letel. ....    | 95 |
| Figura 4.27: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en Ceibos.....                 | 95 |
| Figura 4.28: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en la Ciudadela Atarazana..... | 96 |
| Figura 4.29: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en la Ciudadela letel. ....    | 96 |
| Figura 4.30: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en Ceibos.....                 | 97 |
| Figura 4.31: Resultados de IC y MER para canal 21. ....   | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4.32: Resultados de IC y MER para canal 23. ....                                  | 99  |
| Figura 4.33: Resultados de IC y MER para canal 25. ....                                  | 99  |
| Figura 4.34: Resultados de IC y MER para canal 27. ....                                  | 100 |
| Figura 4.35: Resultados de IC y MER para canal 29. ....                                  | 100 |
| Figura 4.36: Resultados de IC y MER para canal 33. ....                                  | 101 |
| Figura 4.37: Resultados de IC y MER para canal 35. ....                                  | 101 |
| Figura 4.38: Resultados de IC y MER para canal 39. ....                                  | 102 |
| Figura 4.39: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 21 en los 3 sitios..... | 103 |
| Figura 4.40: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 23 en los 3 sitios..... | 103 |
| Figura 4.41: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 25 en los 3 sitios..... | 103 |
| Figura 4.42: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 27 en los 3 sitios..... | 103 |
| Figura 4.43: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 29 en los 3 sitios..... | 104 |
| Figura 4.44: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 33 en los 3 sitios..... | 104 |
| Figura 4.45: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 35 en los 3 sitios..... | 104 |
| Figura 4.46: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 39 en los 3 sitios..... | 105 |
| Figura 4.47: Diagrama de eco para canal 21. ....   | 106 |
| Figura 4.48: Diagrama de eco para canal 23. ....   | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.49: Diagrama de eco para canal 25. ....          | 106 |
| Figura 4.50: Diagrama de eco para canal 27. ....          | 107 |
| Figura 4.51: Diagrama de eco para canal 29. ....          | 107 |
| Figura 4.52: Diagrama de eco para canal 33. ....          | 107 |
| Figura 4.53: Diagrama de eco para canal 35. ....          | 108 |
| Figura 4.54: Diagrama de eco para canal 39. ....          | 108 |
| Figura 4.55: Gráfica espectral para canal 21.....         | 109 |
| Fuente: Elaborado por el autor.....                       | 109 |
| Figura 4.56: Gráfica espectral para canal 23.....         | 110 |
| Figura 4.57: Gráfica espectral para canal 25.....         | 110 |
| Figura 4.58: Gráfica espectral para canal 27.....         | 111 |
| Figura 4.59: Gráfica espectral para canal 29.....         | 111 |
| Figura 4.60: Gráfica espectral para canal 33.....         | 112 |
| Figura 4.61: Gráfica espectral para canal 35.....         | 112 |
| Figura 4.62: Gráfica espectral para canal 39.....         | 113 |
| Figura 4.63: Búsqueda de canal 21 en receptor de TDT..... | 114 |
| Figura 4.64: Programación de canal 21 en HD. ....         | 114 |
| Figura 4.65: Programación de canal 21 en SD.....          | 114 |
| Figura 4.66: Programación de canal 21 en One Seg. ....    | 115 |
| Figura 4.67: Búsqueda de canal 23 en receptor de TDT..... | 115 |
| Figura 4.68: Programación de canal 23 en HD. ....         | 115 |
| Figura 4.69: Programación de canal 23 en SD.....          | 116 |
| Figura 4.70: Programación de canal 23 en One Seg. ....    | 116 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.71: Búsqueda de canal 25 en receptor de TDT..... | 116 |
| Figura 4.72: Programación de canal 25 en HD. ....         | 117 |
| Figura 4.73: Programación de canal 25 en One Seg. ....    | 117 |
| Figura 4.74: Búsqueda de canal 27 en receptor de TDT..... | 117 |
| Figura 4.75: Programación de canal 27 en HD. ....         | 118 |
| Figura 4.76: Programación de canal 27 en SD.....          | 118 |
| Figura 4.77: Programación de canal 27 en One Seg. ....    | 118 |
| Figura 4.78: Búsqueda de canal 29 en receptor de TDT..... | 119 |
| Figura 4.79: Programación de canal 29 en HD. ....         | 119 |
| Figura 4.80: Programación de canal 29 en SD.....          | 119 |
| Figura 4.81: Programación de canal 29 en One Seg. ....    | 120 |
| Figura 4.82: Búsqueda de canal 33 en receptor de TDT..... | 120 |
| Figura 4.83: Programación de canal 33 en HD. ....         | 120 |
| Figura 4.84: Programación de canal 33 en SD.....          | 121 |
| Figura 4.85: Programación de canal 33 en One Seg. ....    | 121 |
| Figura 4.86: Búsqueda de canal 35 en receptor de TDT..... | 121 |
| Figura 4.87: Programación de canal 35 en HD. ....         | 122 |
| Figura 4.88: Programación de canal 35 en SD.....          | 122 |
| Figura 4.89: Programación de canal 35 en One Seg. ....    | 122 |
| Figura 4.90: Búsqueda de canal 39 en receptor de TDT..... | 123 |
| Figura 4.91: Programación de canal 39 en HD. ....         | 123 |
| Figura 4.92: Diseño del sistema de monitoreo. ....        | 126 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....  | 1  |
| Tabla 1.1: Países que adoptaron ISDB-T.....  | 4  |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....  | 8  |
| Tabla 2.1: El espectro radioeléctrico .....  | 10 |
| Tabla 2.2: Formas de onda QPSK con tabla de mapeo I/Q con código gray<br>.....                   | 14 |
| Tabla 2.3: Tabla de cálculo de fase DQPSK .....  | 15 |
| Tabla 2.4: Canales de TV Privados.....   | 25 |
| Tabla 2.5: Canales de TV Públicos .....  | 26 |
| Tabla 2.6: Canales de TV Comunitarios.....   | 27 |
| Tabla 2.7: Parámetros del sistema de TDT .....   | 33 |
| Tabla 2.8: Esquema ISDB-T en Japón y Brasil .....  | 34 |
| Tabla 2.9: Parámetros del segmento OFDM.....   | 40 |
| Tabla 2.10: Número de TSP transmitidos en un cuadro multiplex.....                               | 44 |
| Tabla 2.11: Especificaciones técnicas de los televisores para recepción<br>Full-Seg de TDT ..... | 52 |
| Tabla 2.12: Especificaciones técnicas de los Set Top Box para recepción<br>de TDT .....          | 54 |
| Tabla 2.13: Rango de frecuencias para recepción de TDT según el PNF                              | 56 |
| Tabla 2.14: Rango de frecuencias para recepción de TDT según la norma<br>técnica.....            | 59 |
| Tabla 2.15: Canalización de banda de TDT .....   | 59 |
| Tabla 2.16: Multiprogramación según la norma técnica .....                                       | 60 |

|  |     |
|--|-----|
| CAPÍTULO 3: EQUIPAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO .....                      | 62  |
| Tabla 3.1: Características técnicas de STB Mundy Home DEC-012B .....                 | 66  |
| Tabla 3.2: Características técnicas de STB Maxitec diTv 168 .....                    | 67  |
| Tabla 3.3: Características técnicas de DVR Samsung SRD-1670D.....                    | 68  |
| Tabla 3.4: Características técnicas de DVR Tribid.....                               | 70  |
| Tabla 3.5: Características técnicas de Televisor UN43J5200DHCZE .....                | 72  |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....  | 78  |
| Tabla 4.1: Características de antena dipolo .....                                    | 79  |
| Tabla 4.2: Ganancia y configuración de antena dipolo A.H. Systems FCC-4 SN 425 ..... | 80  |
| Tabla 4.3: Características de cable RG-58U .....                                     | 80  |
| Tabla 4.4: Sitios de medición .....  | 81  |
| Tabla 4.5: Sitio de transmisión de señales de TDT .....                              | 82  |
| Tabla 4.6: Escenarios de transmisión – recepción de señales de TDT....               | 84  |
| Tabla 4.7: Resultados de mediciones de intensidad de campo, MER y modulación .....   | 97  |
| Tabla 4.8: Resultados de mediciones de eco e intervalos de guarda ....               | 108 |
| Tabla 4.9: Resultados de pruebas de decodificación en el sitio RX2.....              | 123 |
| Tabla 4.10: Materiales del sistema de monitoreo .....                                | 127 |
| Tabla 4.11: Equipos del sistema de monitoreo.....                                    | 128 |

## RESUMEN

La Televisión Digital Terrestre – TDT es un servicio que se encuentra aún en etapa de despliegue en el Ecuador, desde la adopción del estándar ISDB-Tb aún queda una gran parte del espectro radioeléctrico que no ha migrado de la televisión analógica hacia TDT, por lo cual es importante la implementación de sistemas de monitoreo y control del espectro radioeléctrico de parte de la entidad de regulación y control.

El presente trabajo presenta una propuesta de un sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de TDT, lo cual permitirá coadyuvar al control del uso del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicaciones en la banda de UHF, se realiza un análisis técnico de la idoneidad del sitio de recepción de señales mediante la medición de los parámetros técnicos de las señales de TDT, se analizan equipos set top box (STB), antenas que operan en la banda UHF y equipos de grabación de video, para finalmente presentar el diseño del sistema propuesto para el monitoreo y control del uso del espectro radioeléctrico de TDT en la ciudad de Guayaquil.

**Palabras Claves:** Televisión Digital Terrestre, Radiocomunicaciones, ISDB-Tb, Espectro Radioeléctrico, Sistema de monitoreo, Control del espectro.



## **ABSTRACT**

Digital Terrestrial Television - DTT is a service that is still in the stage of deployment in the Ecuador, since the adoption of the standard ISDB-Tb is still a large part of the radio spectrum that has not migrated to DTT from analog television, so it is important the implementation of systems of monitoring and control of the spectrum on the part of the entity of regulation and control.

The present work presents a proposal for a system of monitoring stations for DTT programming, allowing to contribute to the control of the use of the radio spectrum and radio communication in the UHF band services, through an analysis of technical suitability of the site of reception of signals by means of the measurement of technical parameters of the DTT signals, analyzes equipment set top box, antennas operating in the UHF band and video recording equipment, to finally present the design of the system proposed for the monitoring and control of the use of the radio spectrum of DTT in the city of Guayaquil.

Key words: Digital Terrestrial Television, Radiocommunication, ISDB-Tb, Radio spectrum, System of monitoring, control of the spectrum.

# **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## **1.1 Introducción**

La necesidad del ser humano de comunicarse con sus semejantes siempre ha sido imperante, con el desarrollo de las tecnologías de las comunicaciones, principalmente a partir del siglo XIX, con el impulso científico del estudio de las ondas electromagnéticas, nacieron las telecomunicaciones.

Con la aparición en el siglo XX de televisión abierta analógica, se marca el inicio de la era de las imágenes en movimiento, las que son transmitidas por medio de ondas electromagnéticas para un sinnúmero de televidentes en un área determinada; en los inicios de la televisión, las imágenes fueron en blanco y negro por los años treinta, habiendo que esperar unos cuantos años hasta fines de los años sesenta para poder tener transmisiones de televisión abierta analógica a color.

Un hito en la historia se da con el cambio de las señales analógicas por las señales digitales, lo que llevó a la creación de la Televisión Digital Terrestre (TDT), en la cual se transmite señales discretas comúnmente llamadas unos y ceros, y brinda muchas ventajas sobre los sistemas analógicos, ya que se puede transmitir imágenes de mejor calidad en alta definición (HD),

Las entidades de control y regulación de nuestro país, tomando en consideración aspectos técnicos, socio económicos, de cooperación internacional y despliegue, analizaron diferentes estándares de TDT, y escogieron en el año 2010 el estándar ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial, con modificaciones brasileñas) para el Ecuador (CONATEL, 2010), de aquí en adelante este renovado servicio vino a ser parte del control de ARCOTEL, para lo cual dicha entidad debe realizar monitoreos a nivel de parámetros técnicos y de uso del espectro radioeléctrico, siendo una buena opción realizar las grabaciones de video de manera individual para cada estación, realizando la recepción de la señal de cada canal mediante una antena que permita captar las señales en la banda UHF y el uso de receptores “set top box” con la capacidad de

decodificación del estándar ISDB-Tb, para posteriormente encaminar estas señales hacia un grabador de video digital (DVR) para su almacenamiento y control mediante la visualización, ya sea en vivo o en una fecha posterior.

## **1.2 Antecedentes**

En Febrero de 1982, el Comité Consultativo Internacional de Radio (CCIR), predecesor de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aprobó la recomendación CCIR-601, con la cual se formó un puente entre el mundo analógico y el digital, siendo uno de los documentos más importantes en los que se basa el desarrollo de la televisión, actualmente esta recomendación ha sido actualizada y se denomina UIT-R BT.601-7, entre los parámetros más importantes se señala la frecuencia de muestreo de las señales de luminancia y diferencia de color, así como la cantidad de bits que se deben utilizar en el muestreo, considerando siempre que el desarrollo debe permitir compatibilidad con lo existente, es así que la recomendación considera especificaciones aplicables tanto a sistemas de 525 líneas (americano) como de 625 líneas (europeo), logrando con esto una aplicación a nivel mundial (UIT-R, 2011); desde los años noventa en los estudios se han utilizado señales de televisión digital sin compresión acorde a la norma CCIR-601, las cuales no son convenientes para la transmisión por radiofrecuencia al usuario final, puesto que poseen una tasa de datos de 270 Mb/s y peor aún en señales HD en las que la tasa de datos sobrepasa los 800 Mb/s(Fisher, 2008).

La Asociación de Radio Industrias y Negocios (Association of Radio Industries and Businesses - ARIB), organización compuesta por varias empresas japonesas y extranjeras, desarrolló el estándar para difusión de televisión digital denominado Servicios Integrados de Difusión Digital Terrestre (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial –ISDB-T), en Japón, en el año 1999, y se puso en operación en el año 2003(SUPERTEL, 2010).

El sistema ISDB-Tb, también conocido como SBTVD, es el sistema Japonés Brasileño de Televisión Digital Terrestre, ha sido definido

teniendo como base al sistema ISDB-T japonés, que luego de exhaustivos estudios de un grupo de estudio de profesionales brasileños coordinado por el Ministro Brasileño de Comunicaciones y liderado por la Agencia Brasileña de Telecomunicaciones (ANATEL) con el respaldo del Centro de desarrollo de investigación en Telecomunicaciones (CPqD), optaron por realizar ciertas modificaciones al estándar japonés, siendo una de las modificaciones principales la utilización de una codificación de video MPEG-4.

Las modificaciones brasileñas han tenido acogida en el mundo, de tal manera que el Grupo de Expertos de Difusión Digital (Digital Broadcasting Experts Group - DiBEG) de Japón, el cual da soporte técnico a países que se encuentran en el proceso de adopción del estándar de TDT, coloca dentro de las condiciones técnicas del estándar de adopción ISDB-T, algunas de las modificaciones brasileñas, entre los puntos a considerar se encuentran los siguientes:

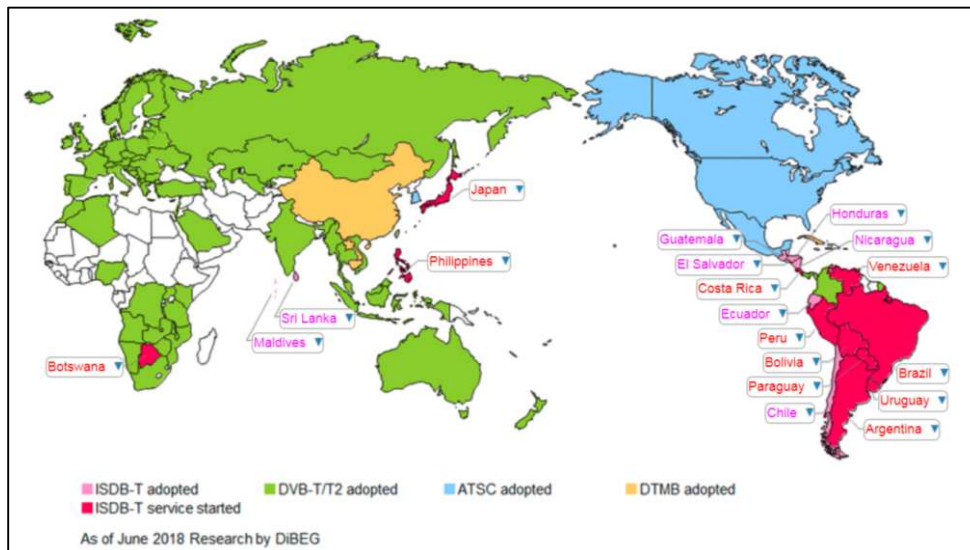
- En Japón y Brasil se usan los sistemas de 525 líneas y 60 campos, y el ancho de banda de televisión analógica estándar M es de 6 MHz(DiBEG, 2015).
- Japón y Brasil usan los mismos parámetros para el sistema de transmisión de ISDB-T(DiBEG, 2015).
- Ambos países utilizan en la multiplexación el mismo sistema estándar MPEG-2(DiBEG, 2015).
- En la codificación de video, Japón utiliza MPEG-2, mientras que Brasil utiliza MPEG-4 AVC(DiBEG, 2015).
- Para la codificación de audio, Japón utiliza MPEG-2 AAC, mientras que Brasil utiliza MPEG-4 AAC(DiBEG, 2015).
- La información de servicio ha sido cambiada con base en la versión japonesa ARIB STD-B10, para los caracteres alfanuméricos de Latinoamérica(DiBEG, 2015).
- En el sistema de difusión de datos, Japón usa BML, mientras Brasil usa GINGA(DiBEG, 2015).

Los países que han adoptado el estándar ISDB-T son los siguientes:

Tabla 1.1: Países que adoptaron ISDB-T

| País        | Fecha de adopción  |
|-------------|--|
| Japón       | Creado en Japón, se lo utiliza desde diciembre de 2003                           |
| Brasil      | Junio 2006   |
| Perú        | Abril 2009   |
| Argentina   | Agosto 2009  |
| Chile       | Septiembre 2009  |
| Venezuela   | Octubre 2009   |
| Ecuador     | Marzo 2010   |
| Costa Rica  | Mayo 2010  |
| Paraguay    | Junio 2010   |
| Filipinas   | Junio 2010<br>Noviembre 2013 (reconfirmación)                                    |
| Bolivia     | Julio 2010   |
| Uruguay     | Diciembre 2010   |
| Maldivas    | Octubre 2011 (difusión nacional)<br>Abril 2014 (decidido como estándar nacional) |
| Botswana    | Febrero 2013   |
| Guatemala   | Mayo 2013  |
| Honduras    | Septiembre 2013  |
| Sri Lanka   | Mayo 2014  |
| Nicaragua   | Agosto 2015  |
| El Salvador | Enero 2017   |

Fuente: (DIBEG, 2018)



*Figura 1.1: Países que adoptaron ISDB-T*

**Fuente:** (DiBEG, 2018)

A partir de la adopción del estándar de TDT en el Ecuador en el año 2010, se han concesionado algunas frecuencias de TDT en algunas ciudades del Ecuador(ARCOTEL, 2018).

Con la promulgación de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones en el año 2015, se asignaron algunas competencias a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, entre las cuales se encuentra la competencia de ejercer el control técnico de los medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico, así como monitorear y controlar el uso del espectro radioeléctrico.

Como entidad rectora del sector de las telecomunicaciones, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información – MINTEL, es el ente encargado del plan de transición de tecnología de televisión analógica a digital, el MINTEL ha anunciado que de acuerdo al Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre, el cese de emisiones de las señales analógicas se dará en 4 fases(MINTEL, 2018) según el siguiente cronograma:

- Fase 1: 17 de mayo del año 2020 para la ciudad de Quito y sus alrededores.
- Fase 2: 09 de julio del año 2020, para la ciudad de Guayaquil y sus alrededores.
- Fase 3: 03 de junio del año 2022, ciudades con población entre un millón y 200 mil habitantes.
- Fase 4: 01 de diciembre del año 2023, ciudades con población menor a 200 mil habitantes.

Con el objetivo de continuar con la migración de televisión analógica a digital, el MINTEL tiene en marcha el Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre, el cual entre otros puntos de impulso a esta tecnología, considera el incremento de cobertura de TDT, brindar facilidades a la población menos favorecida para que pueda adquirir receptores de TDT, realización de campañas de difusión informativa, estimular la oferta de terminales por medio de la industria, estrategias de

reciclaje de equipos electrónicos y fomento del desarrollo de contenidos digitales (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2018).

### **1.3 Definición del Problema**

La necesidad de la entidad de control de tener la capacidad de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil de manera ininterrumpida, en cumplimiento a las competencias institucionales acorde a la legislación vigente.

### **1.4 Justificación**

Un sistema que permita realizar el monitoreo simultáneo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre de los medios de comunicación social que difunden su señal en la ciudad de Guayaquil, permitiría contribuir al control del uso del espectro radioeléctrico de la Coordinación Zonal 5 de la ARCOTEL, de manera ininterrumpida los 365 días del año.

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo General**

- Realizar el diseño de un sistema que permita monitorear de manera simultánea la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre que difunden su señal en la ciudad de Guayaquil.

#### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Describir el estado del arte del estándar ISDB-Tb de televisión digital terrestre.
- Estudiar la normativa vigente en el Ecuador en el ámbito de la Televisión Digital Terrestre.
- Investigar y definir, el equipo receptor de Televisión Digital Terrestre con el estándar ISDB-Tb y el equipo de grabación de video digital idóneo para almacenar la información de la

programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre, los cuales se utilizarán en el diseño sistema de monitoreo.

- Realizar mediciones de los parámetros técnicos principales de la señal de TDT y realizar un análisis de los mismos acorde a la normativa vigente, considerando sitios estratégicos dentro de la ciudad de Guayaquil.
- Realizar el diseño y describir el funcionamiento del sistema como tal.

## **1.6 Hipótesis**

Con el diseño de un sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre se demostrará que es posible que la Coordinación Zonal 5 de la entidad de control pueda realizar de manera ininterrumpida el control del uso del espectro radioeléctrico de los canales de UHF concesionados a las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil de manera simultánea.

## **1.7 Metodología de la Investigación**

Es una investigación de tipo cuasi-experimental, puesto que se realizarán mediciones de la señal de televisión digital terrestre en distintos puntos de la ciudad de Guayaquil, siendo los diferentes parámetros técnicos de transmisión de los sistemas de TDT susceptibles de cambios por parte de las empresas a las que pertenecen y que no pueden ser manipulados durante las mediciones por el investigador.

Es una investigación de tipo descriptiva, considerando que se realizará una descripción del funcionamiento de los equipos en el diseño propuesto.

Es una investigación de tipo analítica, debido a que se analizarán los resultados obtenidos de las mediciones para tomar decisiones sobre la idoneidad del sitio para una futura implantación del sistema de monitoreo.



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Las ondas electromagnéticas en la televisión

#### 2.1.1 Las ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética es la propagación del campo eléctrico y magnético en el espacio sin la necesidad de un medio físico, estas ondas tienen algunas características propias como la frecuencia, el periodo, la amplitud, la longitud de onda, y la velocidad de propagación.

La frecuencia ( $f$ ) es el número de ciclos por segundo de una oscilación y se mide en Hercios (Hz).

El periodo ( $T$ ) es el tiempo que dura una oscilación completa y es inversamente proporcional a la frecuencia, se mide en segundos.

$$f = \frac{1}{T}$$

**Fórmula 2.1.** Frecuencia de una señal electromagnética.

La amplitud ( $A$ ) se refiere al valor máximo que puede alcanzar la onda en referencia al eje de oscilación, se mide en metros.

La velocidad de propagación ( $c$ ) de una onda electromagnética depende del medio por el cual se transmite, si la propagación es en el vacío cumple con lo siguiente:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

**Fórmula 2.2.** Velocidad de propagación de una señal electromagnética (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016).

Donde:

$c$  es el equivalente a la velocidad de la luz, es igual a  $3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$\epsilon_0$  es la constante dieléctrica de vacío igual a  $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$

$\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío igual a  $4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$

La longitud de onda ( $\lambda$ ) es la distancia mínima entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado de oscilación, se mide en metros.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

**Fórmula 2.3.** Longitud de onda de una señal electromagnética (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016).

Una onda electromagnética puede representarse por la ecuación de una onda sinusoidal:

$$x = A * \text{sen}(wt + \varphi)$$

**Fórmula 2.4.** Onda sinusoidal.

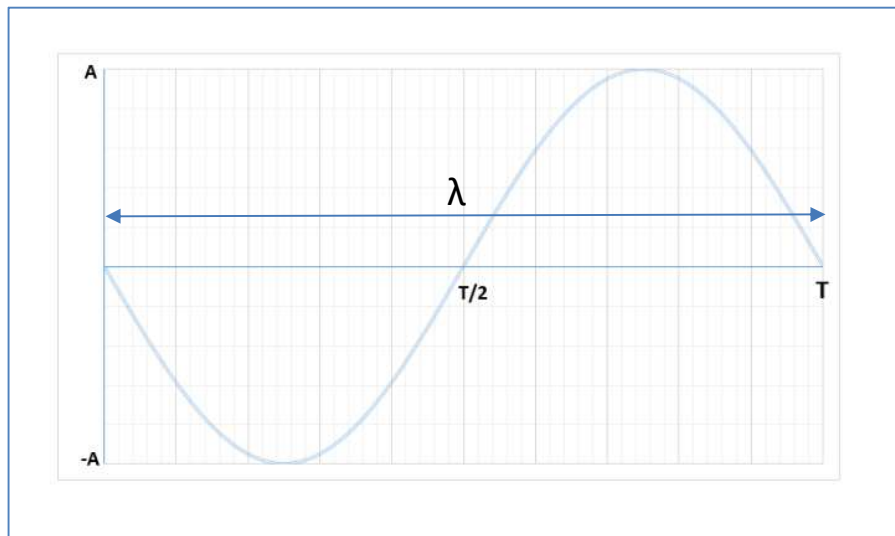
Donde:

X = onda sinusoidal

A = amplitud la onda

W = velocidad angular

$\varphi$  = fase



*Figura 2.1: Onda sinusoidal*

**Fuente:** Elaborado por el autor

Las ondas electromagnéticas son una parte importante de las telecomunicaciones; las telecomunicaciones se refiere a la transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o

informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos(UIT, 2016).

## 2.1.2 El espectro radioeléctrico

Existe una división de las ondas electromagnéticas que se la conoce como ondas radioeléctricas o espectro radioeléctrico, las cuales comprenden a la porción de las ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz(UIT, 2016).

Tabla 2.1: El espectro radioeléctrico

| # de banda | Símbolo | Gama de frecuencias | Subdivisión métrica    |
|------------|---------|---------------------|------------------------|
| 4          | VLF     | 3 a 30 kHz          | Ondas miriamétricas    |
| 5          | LF      | 30 a 300 kHz        | Ondas kilométricas     |
| 6          | MF      | 300 a 3 000 kHz     | Ondas hectométricas    |
| 7          | HF      | 3 a 30 MHz          | Ondas decamétricas     |
| 8          | VHF     | 30 a 300 MHz        | Ondas métricas         |
| 9          | UHF     | 300 a 3 000 MHz     | Ondas decimétricas     |
| 10         | SHF     | 3 a 30 GHz          | Ondas centimétricas    |
| 11         | EHF     | 30 a 300 GHz        | Ondas milimétricas     |
| 12         | -       | 300 a 3 000 GHz     | Ondas decimilimétricas |

NOTA 1: La «banda N» (N = número de la banda) se extiende de  $0,3 \times 10^N$  Hz a  $3 \times 10^N$  Hz.

NOTA 2: Prefijos: k = kilo ( $10^3$ ), M = mega ( $10^6$ ), G = giga ( $10^9$ ).

Fuente: (UIT, 2016)

Las ondas radioeléctricas se utilizan en distintos servicios de telecomunicaciones, uno de ellos es el servicio de radiodifusión, el cual es un servicio de radiocomunicaciones, cuya difusión de señales llegan al público en general en un área determinada, uno de estos servicios de radiodifusión es el de la televisión, la cual permite la transmisión de imágenes y sonido en un área determinada(UIT, 2016)

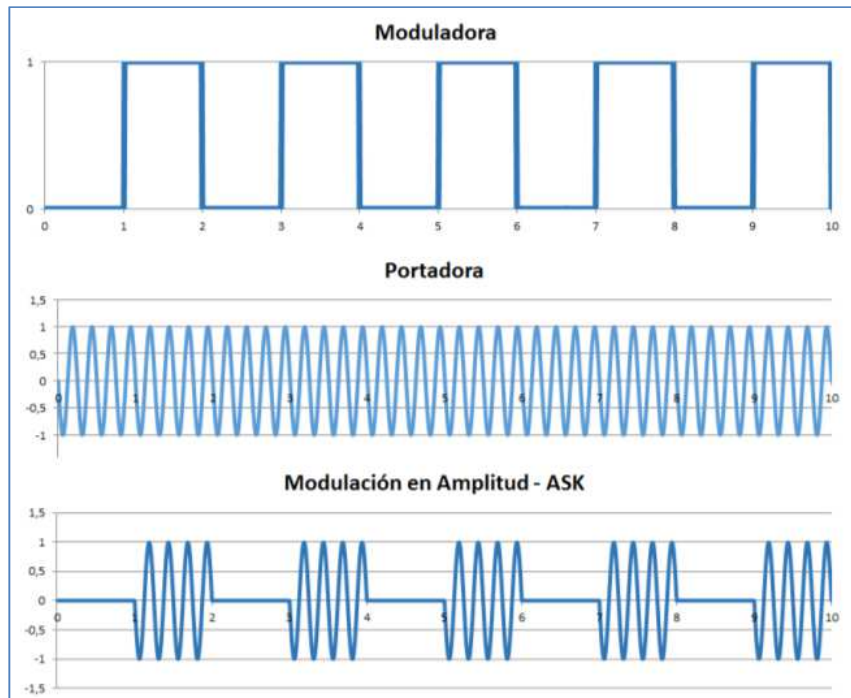
La televisión puede ocupar muchas bandas de frecuencias, pero existe un orden dado en cada país, lo cual se explica en mayor detalle en el capítulo 2.10.8 del presente documento, a cada canal de televisión se le asigna una banda de frecuencias, para que emita la señal de difusión a los televidentes.

## 2.2 La Modulación

Con la finalidad de transmitir la información ya sea analógica o digital de manera eficiente, es conveniente utilizar esquemas de modulación, la modulación de una señal consiste en cambiar determinadas características de la señal denominada portadora de acuerdo a los cambios que se presenten en la señal denominada moduladora que es la que contiene la información.

### 2.2.1 Modulación en amplitud

Consiste en una técnica en la cual se cambia el valor de amplitud de una señal portadora con referencia a una señal moduladora.



*Figura 2.2: Onda modulada en Amplitud*  
**Fuente:** Elaborado por el autor

### 2.2.2 Modulación en frecuencia

Consiste en una técnica en la cual se cambia el valor de frecuencia de una señal portadora con referencia a una señal moduladora.

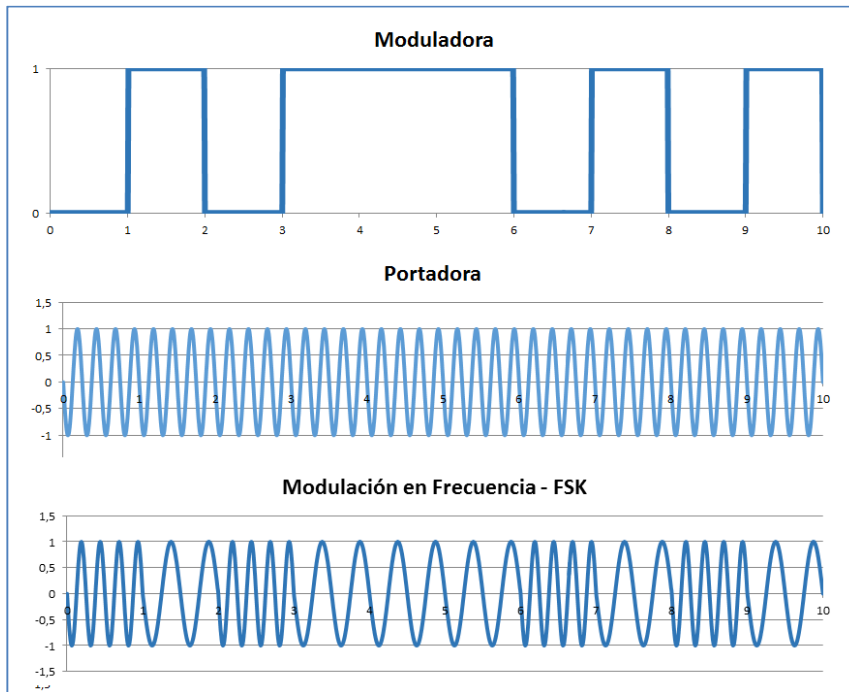


Figura 2.3: Onda modulada en Frecuencia  
Fuente: Elaborado por el autor

### 2.2.3 Modulación de fase

Consiste en una técnica en la cual se cambia el valor de fase de una señal portadora con referencia a una señal moduladora.

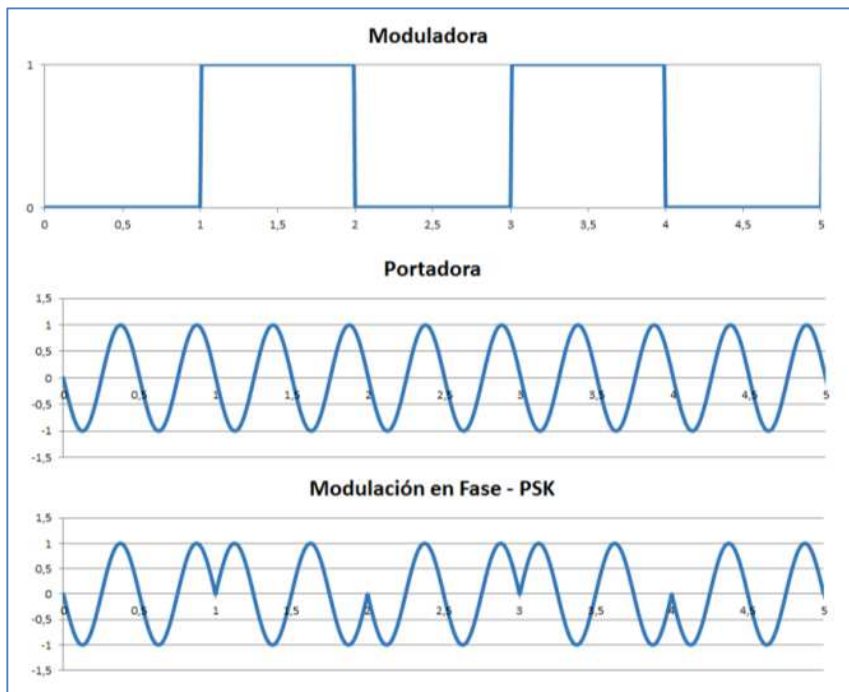


Figura 2.4: Onda modulada en Fase  
Fuente: Elaborado por el autor

## 2.2.4 Modulación de fase en cuadratura QPSK

Consiste en una técnica que permite cambiar el valor de fase de una señal portadora, pero de tal manera que entre un estado y el siguiente, existe 90° de diferencia de fase, habiendo un total de 4 estados posibles, para las fases de 45°, 135°, 225° y 315°.

Esta técnica utiliza un modulador I/Q y la codificación de Gray para codificar a cada uno de los estados, la codificación es: 00, 10, 11 y 01, de tal manera que entre un estado y el siguiente solo cambia el valor de 1 bit. En un circuito separador de bits (SB), el modulador I/Q separa el flujo de bits (FB) en los bits pares y los impares, posteriormente por medio de un conversor digital – analógico (CDA), a los bits impares (en fase – “In phase”) se les asocia un nivel de señal VI, conformando una señal moduladora y los bits pares (en cuadratura – “Quadrature”) se les asocia un nivel de señal VQ, conformando otra señal moduladora, a los bits en fase se los transforma en señales analógicas modulando en amplitud una portadora de la forma “cos(wt)” con la señal VI, y a los bits en cuadratura se los transforma en señales analógicas modulando en amplitud una portadora de la forma “sen (wt)” con la señal VQ, de esta manera se tiene que los vectores resultantes “VI.cos(wt)” y “VQ.sen (wt)”, los cuales son ortogonales entre si al estar desfasados en 90°, la suma de estos 2 vectores da como resultado la forma de onda de una señal QPSK(Cubero, 2009), esta situación se la puede observar en la siguiente figura:

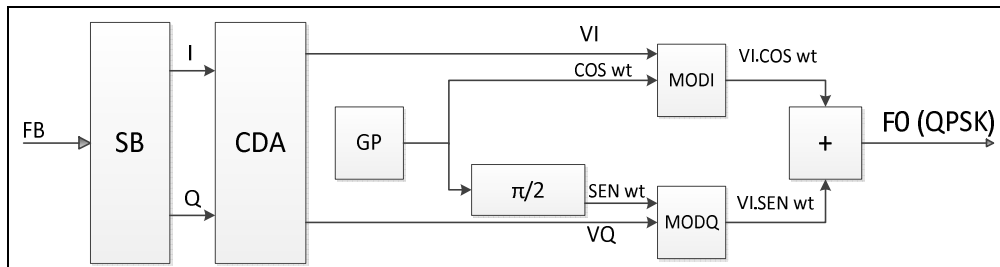


Figura 2.5: Modulador QPSK

Fuente: (Cubero, 2009)

$$FO (QPSK) = VI \cos(wt) + VQ \sen(wt) = \sqrt{V_I^2 + V_Q^2} \cos(wt - \varphi)$$

**Fórmula 2.5.** Forma de onda QPSK (Cubero, 2009).

Tabla 2.2: Formas de onda QPSK con tabla de mapeo I/Q con código gray

| Símbolos |   | Nivel eléctrico |    | Formas de onda QPSK                               |
|----------|---|-----------------|----|---|
| I        | Q | VI              | VQ |   |
| 0        | 0 | 1               | 1  | $\cos wt + \sen wt = \sqrt{2} \cos(wt - \pi/4)$   |
| 1        | 0 | -1              | 1  | $-\cos wt + \sen wt = \sqrt{2} \cos(wt - 3\pi/4)$ |
| 1        | 1 | -1              | -1 | $-\cos wt - \sen wt = \sqrt{2} \cos(wt - 5\pi/4)$ |
| 0        | 1 | 1               | -1 | $\cos wt - \sen wt = \sqrt{2} \cos(wt - 7\pi/4)$  |

Fuente: (Cubero, 2009).

Los posibles resultados indicados en la tabla anterior, se los grafica en un diagrama de constelación, habiendo un total de 4 estados, para las fases de 45°, 135°, 225° y 315° acorde a lo mencionado previamente.

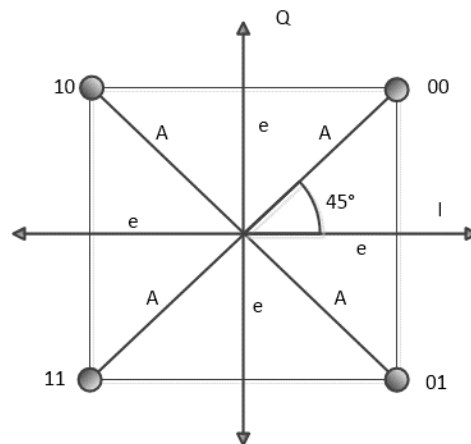


Figura 2.6. Constelación QPSK.

Fuente:(Cubero, 2009)

En la modulación QPSK, se utiliza 2 bits por símbolo, por tal situación los estados posibles son solamente 4.

### 2.2.5 Modulación de fase en cuadratura diferencial DQPSK

Consta de 2 bits por símbolo y permite el cambio de fase de una señal portadora, se representa con dos constelaciones con un desplazamiento de fase de  $\pi/4$  entre la una y la otra, el cambio de estado se da con respecto a la fase de la señal anterior.

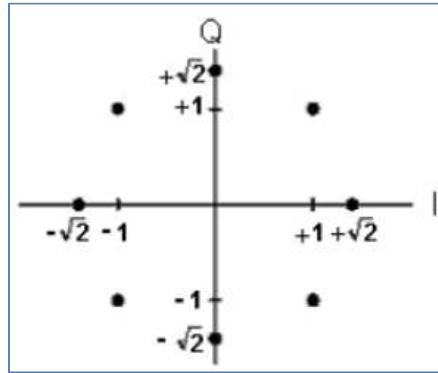


Figura 2.7. Constelación DQPSK.

Fuente:(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Tabla 2.3: Tabla de cálculo de fase DQPSK

| Entrada<br>$b_0' b_1'$ | Salida $\theta_j$ |
|------------------------|-------------------|
| 0 0                    | $\pi/4$           |
| 0 1                    | $-\pi/4$          |
| 1 0                    | $3\pi/4$          |
| 1 1                    | $-3\pi/4$         |

Fuente:(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

### 2.2.6 Modulación de amplitud en cuadratura QAM

Consiste en una técnica que permite cambiar el valor de amplitud y de fase de una señal portadora, existen varios niveles de modulación QAM, los cuales se dan de acuerdo al número de bits por símbolo, siendo este de al menos 2 bits por símbolo, las modulaciones QAM más utilizadas son 16 QAM (4 bit/símbolo) y 64 QAM (6 bit/símbolo), en 16 QAM se tienen 16 posibles estados o combinaciones de bits, mientras que en 64 QAM se tienen 64 posibles estados o combinaciones de bits.

En el caso de 4QAM se usan 2 bit/símbolo y es equivalente a la modulación QPSK, puesto que la amplitud es constante en los 4 símbolos, y solamente la fase es la que cambia.



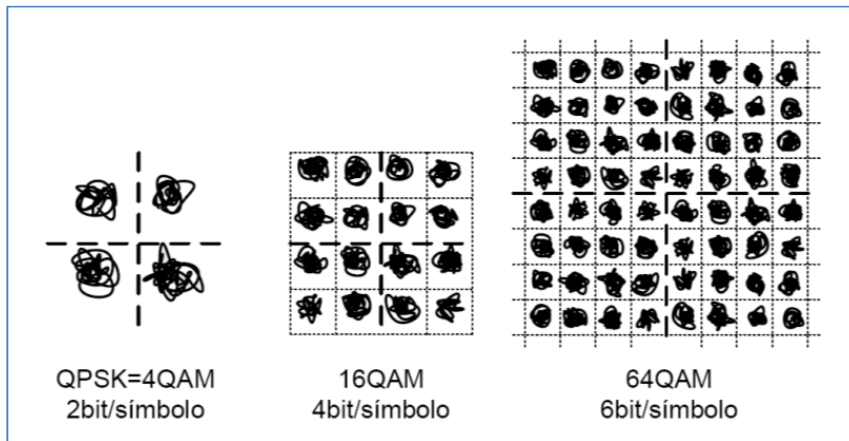


Figura 2.8. Diagramas de constelación de modulaciones QPSK, 16QAM y 64QAM.  
Fuente:(Fisher, 2008)

### 2.3 OFDM

OFDM significa Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una técnica utilizada para transportar información utilizando muchas portadoras ortogonales entre sí, las cuales se encuentran una al lado de la otra, al ser ortogonales, las portadoras no se interfieren las unas con las otras.

Cada una de las portadoras puede ir modulada de manera diferente y deben estar separadas por un valor constante  $\Delta f$  el cual es igual al inverso de la duración de un símbolo.

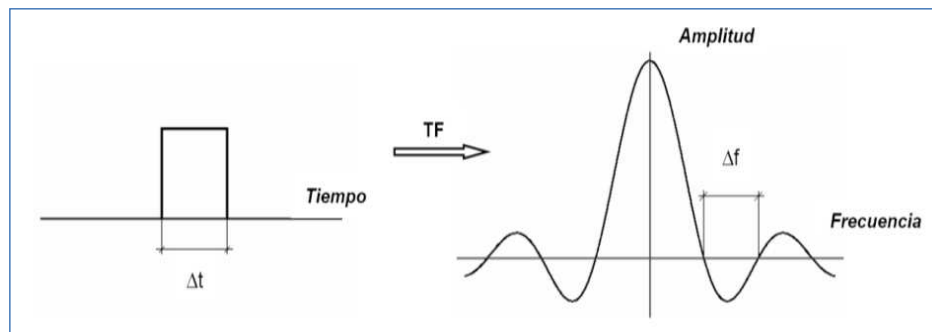


Figura 2.9. Transformada de Fourier de un pulso de duración  $\Delta t$ .  
Fuente:(Pisciotta, 2010)

Al transmitir las diferentes portadoras debe tomarse en cuenta que estén espaciadas en el valor  $\Delta f$ , al cumplirse esta condición, se da que en el momento en el que una portadora tiene su valor en la cresta de la señal, las demás están en el cruce por cero.

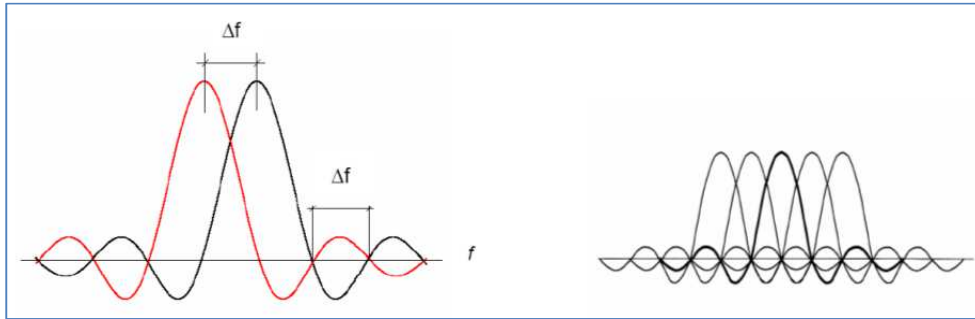


Figura 2.10. Portadoras ortogonales.  
Fuente:(Pisciotta, 2010)

## 2.4 El sistema de televisión

### 2.4.1 Componentes de un sistema de televisión

Un sistema de televisión se compone de manera general de un estudio y un transmisor, en el estudio se genera la programación, la cual es enviada por algún medio al transmisor, el medio puede ser un enlace físico, ya sea por cable coaxial o de fibra óptica, por medio de un radioenlace o un enlace satelital.

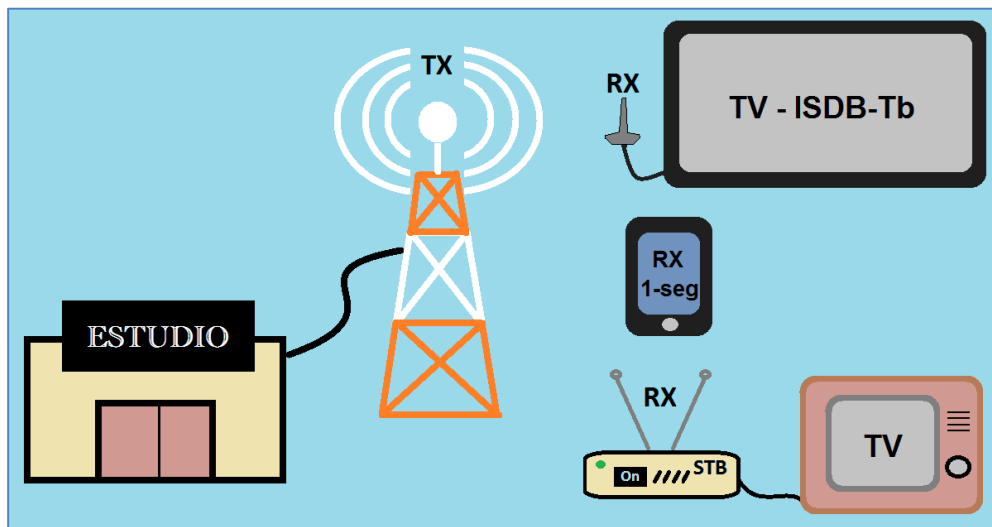


Figura 2.11: Sistema de televisión digital terrestre  
Fuente: Elaborado por el autor

La ubicación del equipo transmisor por lo general es un sitio elevado en referencia a la altura sobre el nivel del mar del área a servir, el transmisor es el equipo en el cual se configura la frecuencia del canal asignado y la potencia de transmisión autorizada por la ARCOTEL, una vez que la señal

sale del transmisor, se la dirige al sistema radiante por medio de cable (guía de onda).

El sistema radiante está conformado por una o varias antenas que permiten la emisión de señales en la banda VHF o UHF según la frecuencia asignada, el mismo que posee una ganancia, la ganancia es una relación que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena(UIT, 2016), la ganancia del sistema radiante permite elevar la potencia de transmisión.

#### **2.4.2 Las señales de televisión**

El sistema de televisión basa sus inicios sobre dos sistemas, los de 525 líneas con una frecuencia de campo de 60 Hz y los de 625 líneas con una frecuencia de campo de 50 Hz, y en el caso de televisión analógica en Ecuador se utiliza el estándar NTSC-M, el cual contempla 6 MHz para cada canal, este sistema utiliza 525 líneas, y para la transmisión de video la modulación en amplitud AM con banda lateral vestigial, y para el audio la modulación en FM, encontrándose la portadora de video a 1.25 MHz del inicio de la banda asignada y la portadora de audio a 0.25 MHz antes del final de la banda asignada.

De las 525 líneas, no todas son visibles ni de manera vertical ni horizontal, los intervalos no visibles se los utiliza para el borrado vertical y horizontal, estos borrados se activan mediante determinados pulsos de determinados valores de voltaje insertados en la señal.

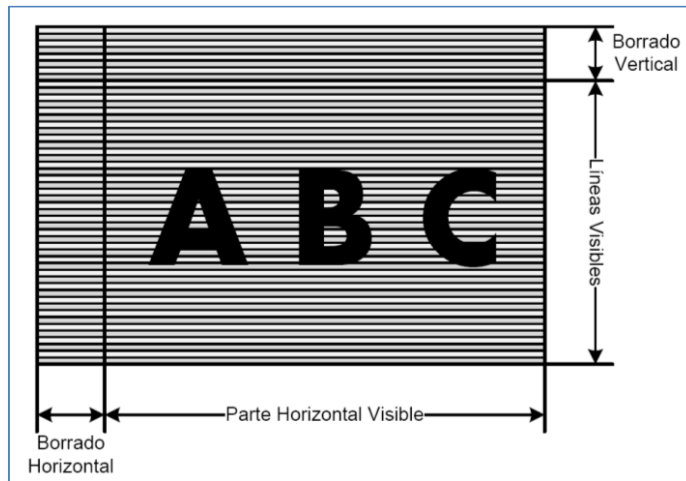


Figura 2.12: División de un cuadro de televisión  
Fuente: (Fisher, 2008)

Existen dos tipos de barrido de líneas, el progresivo y el entrelazado, en el progresivo, se barren las líneas una por una de arriba hacia abajo en orden, en cambio en el barrido entrelazado, se forman dos campos, uno con el barrido de las líneas impares y otro con las líneas pares y la unión de los dos campos conforma un cuadro.

Las señales principales que componen las imágenes son la luminancia (brillo o densidad luminosa) y la crominancia (color), la luminancia es básicamente la información utilizada en los primeros sistemas de televisión y contiene la información de blanco, negro y las tonalidades grises que se pueden dar, y la crominancia se da en los sistemas de color y lleva información de tres colores R(Rojo), G(Verde) y B(Azul), la señal de crominancia se divide en dos señales, la diferencia de color azul menos la luminancia (B-Y) y la diferencia de color rojo menos la luminancia (R-Y), y de acorde a estudios de la sensibilidad del ojo humano las señales con estas componentes deben obedecer a las fórmulas:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

**Fórmula 2.6.** Luminancia (Fisher, 2008)

$$U = 0.49(B-Y)$$

**Fórmula 2.7.** Señal de crominancia U(Fisher, 2008)

$$V = 0.88(R-Y)$$

**Fórmula 2.8.** Señal de crominancia V(Fisher, 2008)

La información de color en la señal de televisión analógica se encuentra modulada en fase y en amplitud a 3.579545 MHz.

Un punto a considerar es que los estándares de televisión analógica trabajan con una relación de aspecto de 4:3, es decir 4 unidades de ancho (eje horizontal) por 3 unidades de alto (eje vertical).

### **2.4.3 Intensidad de campo eléctrico**

Con la finalidad de evitar interferencias, la entidad de regulación ha emitido normativas para establecer los canales asignables y la división geográfica con el fin de limitar la cobertura de cada canal, estos parámetros son asignados en la suscripción del contrato de concesión de uso de frecuencias de cada estación de televisión.

Una interferencia es el efecto de una energía no deseada debido a una o varias emisiones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad y pérdida de la información (UIT, 2016).

Las señales que se difunden por el transmisor de televisión pueden ser receptadas por cualquier usuario en el área de cobertura del canal, utilizando un televisor, en el caso de televisión analógica, se necesita un televisor con el estándar NTSC-M, en el caso de TDT, hay tres opciones, en la primera opción se necesita un televisor con el estándar ISDB-Tb, en la segunda opción se utiliza un set top box (STB) para la recepción y decodificación del estándar ISDB-Tb y la salida del STB conectarla a un televisor, y en la tercera opción es utilizar un receptor portátil (Tablet, teléfono celular, etc.) con el estándar ISDB-Tb para poder receptar la señal del canal lógico one-seg, el funcionamiento de este canal se explicará más adelante.

Una de las formas en las cuales técnicamente se puede establecer que una señal electromagnética llega a un determinado sitio con un nivel aceptable de señal es mediante la medición de la intensidad de campo eléctrico de una señal en determinada frecuencia.

La intensidad de campo eléctrico es la fuerza por unidad de carga que experimenta una partícula cargada dentro de un campo eléctrico (CONATEL, 2005).

En las mediciones de intensidad de campo de las señales de radiodifusión se debe considerar el factor de antena, de la antena a utilizar en la medición, el factor de antena es el factor de conversión que se aplica al convertir la tensión de la antena en intensidad de campo. Se suele expresar en dB y se utiliza del modo siguiente:

$$E = U + AF$$

**Fórmula 2.9.** Intensidad de campo eléctrico (UIT-R, 2010).

Donde:

E: Intensidad de campo eléctrico [dB( $\mu$ V/m)]

U: Tensión de salida de la antena [dB( $\mu$ V)]

AF: Factor de antena (dB)

Otra forma de obtener la intensidad de campo eléctrico es mediante cálculo utilizando el uso del método de predicción de cobertura:

$$E = 106.9 - 20.\log(d)$$

**Fórmula 2.10.** Intensidad de campo eléctrico por método de predicción(UIT-R, 2014).

Donde:

E: Intensidad de campo eléctrico [dB( $\mu$ V/m)]

d: distancia [km]

## **2.5 Antenas**

### **2.5.1 Antena isotrópica**

Es la antena cuya radiación se emite en absolutamente todas las direcciones de manera uniforme, su patrón de radiación es una esfera perfecta, en la práctica no existe este tipo de antena, sin embargo su patrón de radiación, ganancia y directividad es utilizado como escala de comparación en el estudio de otro tipo de antenas (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012).

## 2.5.2 Antena omnidireccional

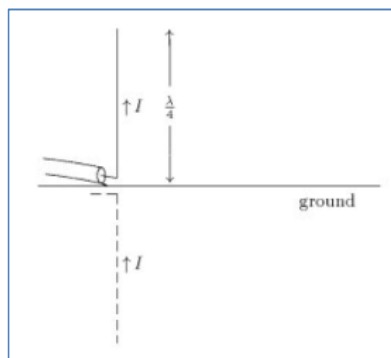
Es una antena cuya radiación es emitida en la mayor cantidad de direcciones posibles con una distribución relativamente uniforme, son utilizadas para transmitir información a una gran cantidad de receptores cuyas posiciones son desconocidas (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012).

## 2.5.3 Antena direccional

También son conocidas como antenas directivas, su función es emitir radiación en una dirección específica.

## 2.5.4 Antena monopolo

Está compuesta por un solo cable, el cual se encarga de emitir la radiación, este cable generalmente tiene una dimensión de un cuarto de longitud de onda, se comporta de igual manera que una antena dipolo pero irradia solo la mitad de la potencia (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012).



*Figura 2.13: Antena monopolo*

Fuente: (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012)

## 2.5.5 Antena dipolo

Está conformada por un conductor partido por la mitad ubicados sobre el mismo eje a una distancia corta, al cual se le conecta un cable coaxial por medio del cual se inyecta la señal sinusoidal, son antenas omnidireccionales, su patrón de radiación tiene la forma de una dona sin el hueco central (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012), una

variación de esta antena es la antena dipolo de media onda, en la cual cada cable conductor posee un longitud de un cuarto de longitud onda, dando una longitud total de la antena de media longitud de onda, este tipo de dipolos generan una radiación óptima en el plano paralelo a la antena, en comparación a dipolos con longitudes arbitrarias.

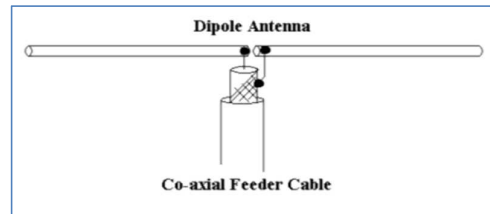


Figura 2.14: Antena dipolo

Fuente: (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012)

### 2.5.6 Antena Yagi Uda

Es una antena directiva compuesta por varios dipolos colocados sobre el mismo plano, posee un dipolo más largo que los demás en uno de los extremos, este es el reflector, solo uno de los dipolos es alimentado, este es el más cercano al reflector, los demás dipolos son llamados directores, y sirven para amplificar y dar dirección a la radiación (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012).

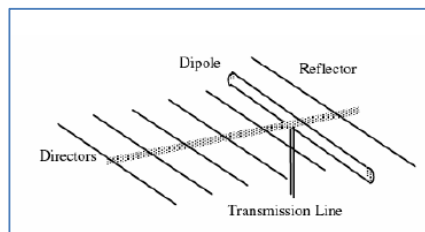


Figura 2.15: Antena YagiUda

Fuente: (Curotto, Espinosa, Vergara, & Morales, 2012)

## 2.6 Historia de la Televisión

La televisión nació a finales del siglo XIX con el nombre de foto telegrafía, en 1884 el ingeniero alemán Paul Gottlieb Nipkow patentó el disco de “exploración lumínica”, el cual permitía examinar imágenes a través de pequeños agujeros, en 1923 el científico escocés John Logie Baird perfeccionó el disco Nipkow y fundó la estación de televisión “Television



Limited” en 1924 y se emitieron las primeras señales de televisión en Londres.

Sin embargo, la televisión se empezó a popularizar recién en los años cincuenta del siglo XX, con el nacimiento de nuevas estaciones de televisión alrededor del mundo.

En 1953 llega la televisión a color a los Estados Unidos, con la adopción del estándar NTSC(National Television System Committee), y en 1963 en Europa se adopta el sistema PAL (Phase Alternating Line).

Luego de estos avances, la televisión despegó alrededor del mundo, se calcula que para los años sesenta se habían vendido 12 millones de receptores en Inglaterra(SUPERTEL, 2010).

## **2.7 La Televisión en el Ecuador**

En septiembre de 1959 se dieron las primeras emisiones de televisión analógica en la ciudad de Guayaquil, de aquí que se da la primera concesión de frecuencia para televisión en el Ecuador a la Sra. Linda Zambrano para que opere el denominado Canal 4, inaugurado el 12 de diciembre de 1960(SUPTEL, 2007), el cual es conocido actualmente como RED TELESISTEMA (R.T.S).

La televisión a color llegó al Ecuador por primera vez, con la señal de Teleamazonas el 22 de febrero de 1974, durante los años sesenta y setenta se levantaron algunos canales de televisión en el país en la banda de VHF, y poco a poco ya en los años ochenta se comenzaron a levantar repetidores de las estaciones de televisión en distintas ciudades del país.

En los años noventa empezaron a levantar señales de canales de televisión en la banda de UHF(SUPERTEL, 2010).

Actualmente en Ecuador, el sistema de televisión analógica es el estándar NTSC-M, el cual utiliza 525 líneas horizontales por cada cuadro y utiliza un ancho de banda de 6 MHz para cada canal.

En el año 2007, con la finalidad de que Ecuador adopte un estándar de TDT, mediante Decreto Ejecutivo N° 681 de 18 de octubre de 2007, se delega a la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL, para realizar una investigación de los diferentes estándares de TDT alrededor del mundo y poder determinar el estándar de TDT para el Ecuador.

Se realizaron investigaciones a los estándares de TDT: ATSC (americano), ISDB-Tb (japonés brasileño), DVB-T (europeo) y DTMB (chino).

Como resultado de la investigación se generó el “Informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador” presentado por la SUPERTEL el 19 de marzo de 2010, este informe sirvió como insumo base de la resolución 084-05-CONATEL-2010 de 25 de marzo de 2010, con la cual se adoptó al sistema ISDB-Tb como estándar de TDT en Ecuador, el informe en cuestión, consideró los siguientes aspectos para la recomendación de la adopción del estándar de TDT en Ecuador:

- Estudio y Pruebas Técnicas
- Impacto Socioeconómico
- Cooperación Internacional.
- Despliegue

Actualmente el Ecuador se encuentra en el proceso de implementación de TDT, es así que existen provincias que ya cuentan con este servicio, como lo son Azuay, Cotopaxi, Guayas, Imbabura, Manabí, Morona Santiago, Pastaza, Pichincha y Tungurahua (ARCOTEL, 2018), sin embargo la presencia de estaciones de televisión analógica aún es muy superior en todo el país siendo aproximadamente de un 95% respecto al 5% de estaciones de TDT, dándose el caso de que las estaciones de televisión operan en modo de transmisión Simulcast, es decir emiten la misma programación al mismo tiempo por un canal analógico y por un canal de TDT.

A continuación se muestra una estadística de los canales de televisión en el Ecuador:

Tabla 2.4: Canales de TV Privados

| PROVINCIA | Comercial Privada    |     |
|-----------|----------------------|-----|
|           | TV Abierta Analógica | TDT |
| Azuay     | 24                   | 1   |
| Bolívar   | 6                    | -   |
| Cañar     | 11                   | -   |

|                                |            |           |
|--------------------------------|------------|-----------|
| Carchi                         | 14         | -         |
| Chimborazo                     | 19         | -         |
| Cotopaxi                       | 11         | 1         |
| El Oro                         | 12         | -         |
| Esmeraldas                     | 14         | -         |
| Galápagos                      | 15         | -         |
| Guayas                         | 21         | 8         |
| Imbabura                       | 11         | -         |
| Loja                           | 26         | -         |
| Los Ríos                       | 10         | -         |
| Manabí                         | 22         | 2         |
| Morona Santiago                | 13         | 1         |
| Napo                           | 12         | -         |
| Orellana                       | -          | -         |
| Pastaza                        | 8          | 1         |
| Pichincha                      | 27         | 10        |
| Santa Elena                    | 13         | -         |
| Santo Domingo de los Tsáchilas | 10         | -         |
| Sucumbios                      | 6          | -         |
| Tungurahua                     | 18         | 2         |
| Zamora Chinchipe               | 15         | -         |
| <b>Total General</b>           | <b>338</b> | <b>26</b> |

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

Tabla 2.5: Canales de TV Públicos

| PROVINCIA       | Servicio Público     |     |
|-----------------|----------------------|-----|
|                 | TV Abierta Analógica | TDT |
| Azuay           | 9                    | 1   |
| Bolívar         | 6                    | -   |
| Cañar           | 6                    | -   |
| Carchi          | 11                   | -   |
| Chimborazo      | 7                    | -   |
| Cotopaxi        | 4                    | -   |
| El Oro          | 3                    | -   |
| Esmeraldas      | 21                   | -   |
| Galápagos       | 7                    | -   |
| Guayas          | 10                   | 1   |
| Imbabura        | 8                    | 1   |
| Loja            | 9                    | -   |
| Los Ríos        | 9                    | -   |
| Manabí          | 21                   | -   |
| Morona Santiago | 5                    | -   |

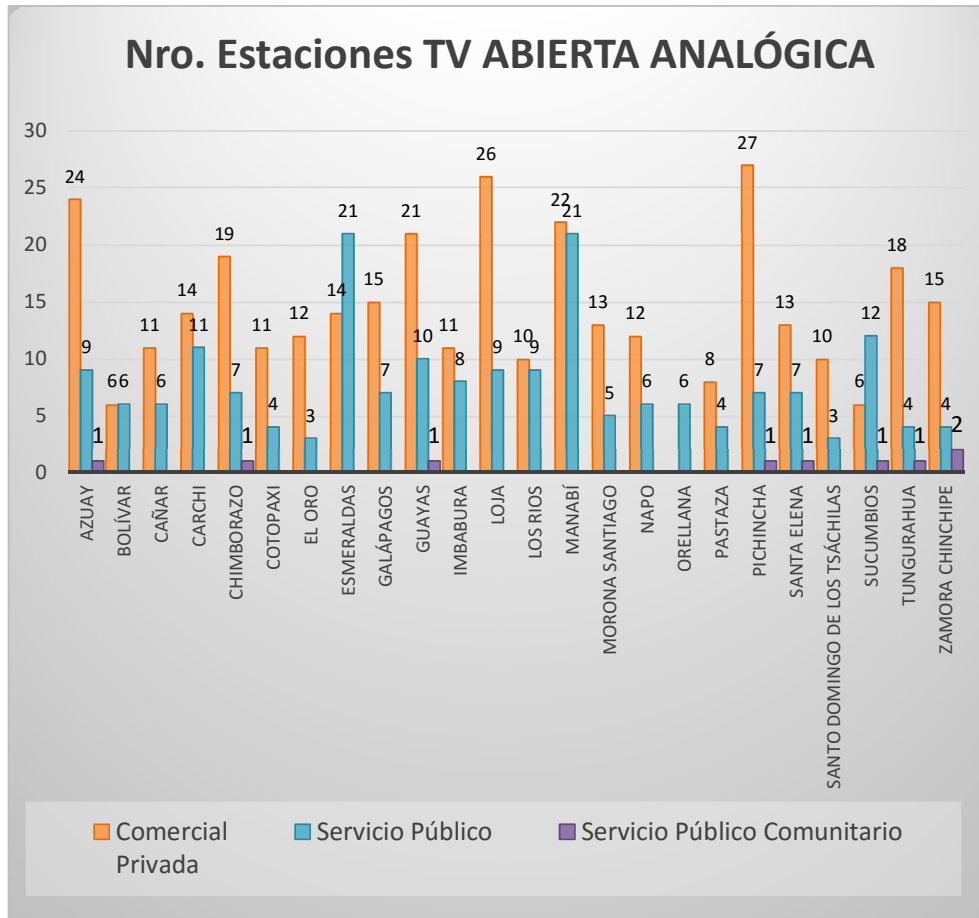
|                                |            |          |
|--------------------------------|------------|----------|
| Napo                           | 6          | -        |
| Orellana                       | 6          | -        |
| Pastaza                        | 4          | -        |
| Pichincha                      | 7          | 1        |
| Santa Elena                    | 7          | -        |
| Santo Domingo de los Tsáchilas | 3          | -        |
| Sucumbios                      | 12         | -        |
| Tungurahua                     | 4          | -        |
| Zamora Chinchipe               | 4          | -        |
| <b>Total General</b>           | <b>189</b> | <b>4</b> |

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

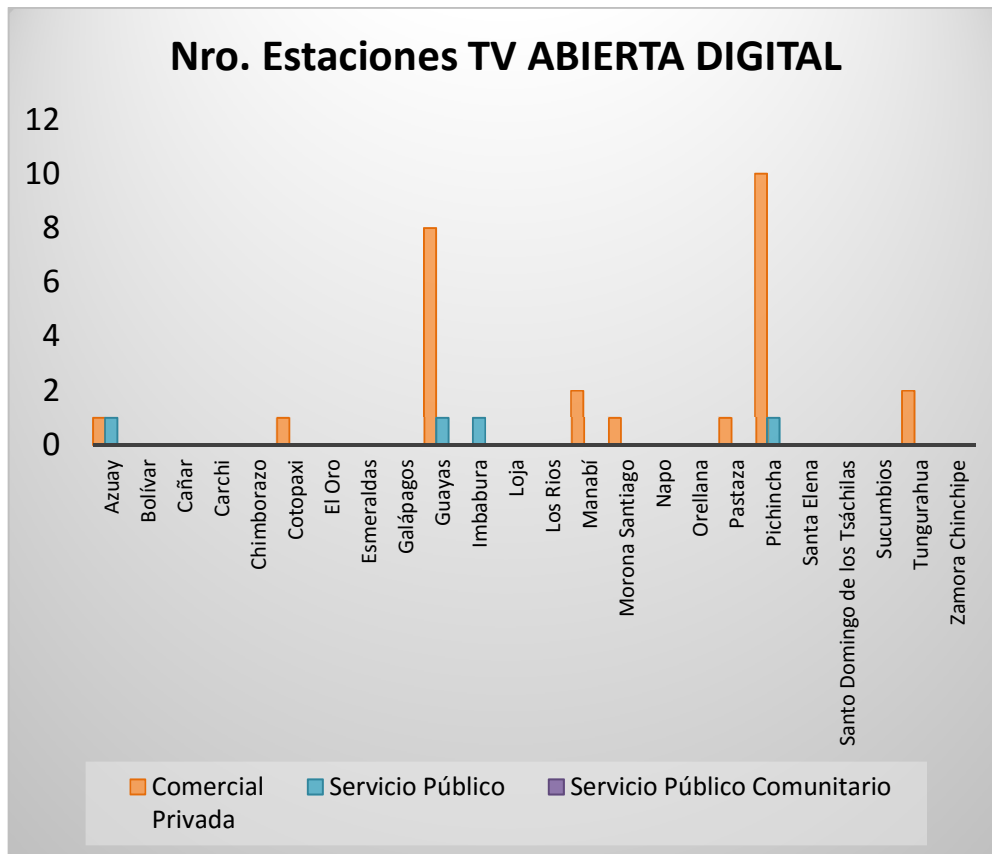
Tabla 2.6: Canales de TV Comunitarios

| PROVINCIA                      | Servicio Público Comunitario |          |
|--------------------------------|------------------------------|----------|
|                                | TV Abierta Analógica         | TDT      |
| Azuay                          | 1                            | -        |
| Bolívar                        | -                            | -        |
| Cañar                          | -                            | -        |
| Carchi                         | -                            | -        |
| Chimborazo                     | 1                            | -        |
| Cotopaxi                       | -                            | -        |
| El Oro                         | -                            | -        |
| Esmeraldas                     | -                            | -        |
| Galápagos                      | -                            | -        |
| Guayas                         | 1                            | -        |
| Imbabura                       | -                            | -        |
| Loja                           | -                            | -        |
| Los Ríos                       | -                            | -        |
| Manabí                         | -                            | -        |
| Morona Santiago                | -                            | -        |
| Napo                           | -                            | -        |
| Orellana                       | -                            | -        |
| Pastaza                        | -                            | -        |
| Pichincha                      | 1                            | -        |
| Santa Elena                    | 1                            | -        |
| Santo Domingo de los Tsáchilas | -                            | -        |
| Sucumbios                      | 1                            | -        |
| Tungurahua                     | 1                            | -        |
| Zamora Chinchipe               | 2                            | -        |
| <b>Total General</b>           | <b>9</b>                     | <b>0</b> |

Fuente: (ARCOTEL, 2018)

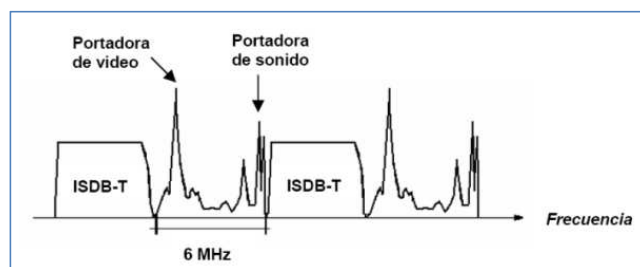


*Figura 2.16: Canales de TV analógica por provincia*  
**Fuente:** (ARCOTEL, 2018)



*Figura 2.17: Canales de TDT por provincia*  
**Fuente:** (ARCOTEL, 2018)

Debido a la operación de canales analógicos con canales digitales de manera simultánea en el espectro de la banda UHF en algunas ciudades, de manera espectral se puede observar de la siguiente manera:



*Figura 2.18: Canales de TV analógica y digital operando en canales adyacentes*  
**Fuente:**(Pisciotta, 2010)

Según datos del MINTEL, se puede observar la brecha de cobertura y acceso a TDT con el porcentaje de cobertura de TDT a nivel nacional y el porcentaje de hogares del país que están preparados para recibir la difusión de las señales del servicio gratuito de TDT:



Figura 2.19: Porcentaje de hogares preparados para recibir TDT  
Fuente:(Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2018)

## 2.8 Estándar ISDB-Tb de Televisión Digital Terrestre

El estándar de Televisión Digital Terrestre se lo denomina Servicios Integrados de Difusión Digital Terrestre con modificaciones brasileñas (Integrated Services Digital Broadcasting–Terrestrial - ISDB-Tb).

En la transmisión una o varias entradas de flujos de datos de transporte (TS) se deben remultiplexar para crear un único TS el cual debe ser sometido a la codificación de acuerdo al servicio y posteriormente debe ser enviado como una señal OFDM. (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

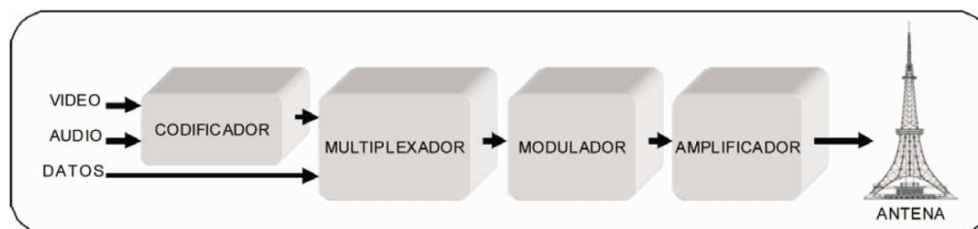


Figura 2.20: Visión general del sistema de transmisión de ISDB-Tb  
Fuente:(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

El estándar contempla un ancho de banda de la frecuencia del canal de 6 MHz. (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

### 2.8.1 Segmentación de ISDB-Tb

El espectro de la radiodifusión de televisión digital debe obligatoriamente consistir en 13 bloques OFDM sucesivos, con cada segmento ocupando 1/14 del ancho de canal de televisión (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

Este sistema utiliza en la transmisión, bandas de segmentos OFDM (Band Segmented Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing - BST-OFDM), esta segmentación de datos permite colocar en el ancho de banda asignado, varios servicios de televisión en definición estándar SD, alta definición HD y el canal denominado “one-seg” OS que quiere decir “un segmento” (one segment).

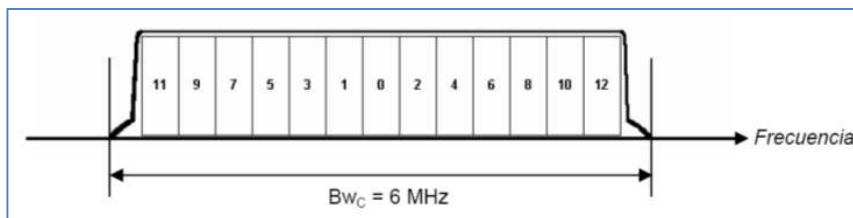


Figura 2.21: Distribución de segmentos en el canal ISDB-Tb

Fuente:(Pisciotta, 2010)

Un segmento OFDM contempla 1/14 de ancho de canal de televisión, para transmisión de señal, agregando portadoras de señal de control a la portadora de datos o señal procesada para formar un cuadro (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

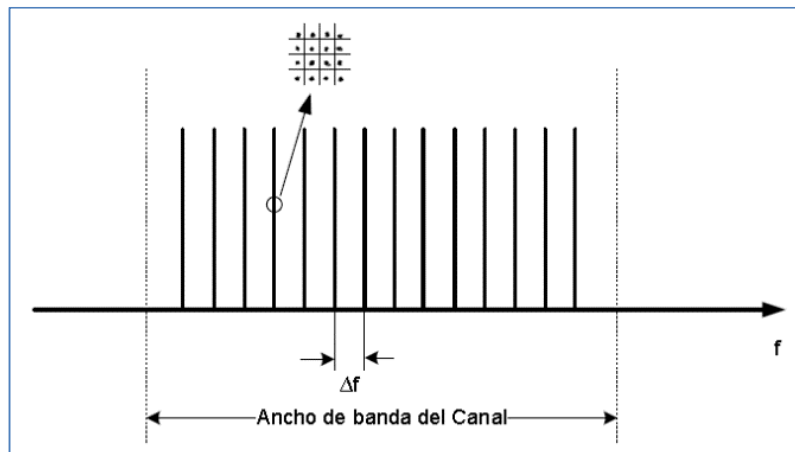


Figura 2.22: Subportadoras OFDM

Fuente:(Fisher, 2008).



## 2.8.2 Intervalo de guarda ISDB-Tb

Debido a la presencia de la misma señal reflejada por multitrayectoria o por señales interferentes, pueden generar interferencia inter-simbólica (ISI), para evitar esta situación se añade después de cada símbolo un espacio que se conoce como intervalo de guarda, este intervalo toma solamente determinados valores definidos en el estándar ISDB-T.

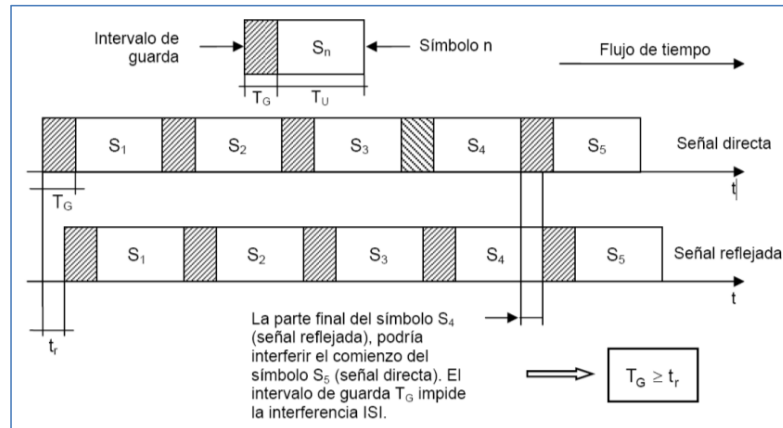


Figura 2.23: Señal reflejada e intervalo de guarda

Fuente:(Pisciotta, 2010).

## 2.8.3 Capas jerárquicas

En el estándar ISDB-T se utiliza una transmisión jerárquica, la cual se realiza a través unidades de segmentos OFDM, cada capa jerárquica contiene uno o varios segmentos OFDM, en cada capa se puede especificar valores de entrelazado de tiempo, tasa de codificación interna y esquema de modulación, siendo posible especificar hasta un máximo de 3 capas jerárquicas.

La codificación debe permitir la transmisión de distintas capas jerárquicas, las cuales poseen distintos parámetros de transmisión y pueden ser transmitidas simultáneamente.

La codificación debe permitir también la recepción parcial del segmento central ubicado en la capa jerárquica A, denominado one-seg, este segmento es excluido del entrelazado de frecuencia con los demás segmentos.

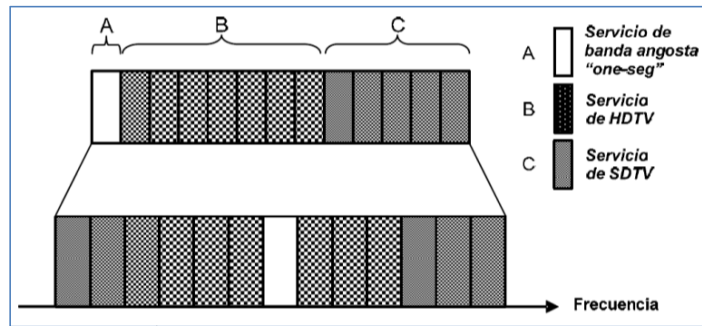


Figura 2.24: Transmisión jerárquica.  
Fuente:(Pisciotta, 2010)

### 2.8.4 Modos de operación de ISDB-Tb

Para permitir la operación de acuerdo con la distancia entre las estaciones de una Red de Frecuencia Única SFN, el estándar permite seleccionar entre tres opciones de separación de portadoras OFDM, esas tres opciones de separación se conocen como modos del sistema.

La separación de frecuencia es aproximadamente de 4 kHz, 2 kHz ó 1 kHz, respectivamente para los modos 1, 2 y 3. El número de portadoras varía dependiendo del modo, pero la tasa útil de cada modo debe obligatoriamente ser exactamente la misma en todos los modos. (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Tabla 2.7: Parámetros del sistema de TDT

| Parámetro                        | Valor  |
|----------------------------------|--|
| Número de segmentos              | 13   |
| Ancho del segmento               | $6000/14 = 428,57$ KHz   |
| Banda UHF                        | 5,575 MHz (modo 1)<br>5,573 MHz (modo 2)<br>5,572 MHz (modo 3)   |
| Número de portadoras             | 1405 (modo 1)<br>2809 (modo 2)<br>5617 (modo 3)                  |
| Método de modulación             | DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM                                      |
| Duración de los símbolos activos | 252 us (modo 1)<br>504 us (modo 2)<br>1008 us (modo 3)           |
| Separación de portadoras         | $Bws/108 = 3,968$ KHz (modo 1)<br>$Bws/216 = 1,984$ KHz (modo 2) |

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
|                                    | Bws/432 = 0,992 KHz (modo 3)  |
| Duración del intervalo de guarda   | ¼, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo<br>63; 31,5; 15,75; 7,875 us (modo 1)<br>126; 63; 31,5; 15,75 us (modo 2)<br>252; 126; 63; 31,5 us (modo 3)  |
| Duración total de los símbolos     | 315; 283,5; 267,75; 259,875 us (modo 1)<br>628; 565; 533,5; 517,75 us (modo 2)<br>1260; 1134; 1071; 1039,5 us (modo 3)  |
| Duración del cuadro de transmisión | 204 símbolos OFDM   |
| Codificación de canal              | Código convolucional, tasa = ½ con 64 estados. Puzado para las tasas 2/3, ¾, 5/6, 7/8   |
| Entrelazamiento interno            | Entrelazamiento intra e intersegmentos (entrelazamiento en frecuencia)<br>Entrelazamiento convolucional con profundidad de interleaving<br>0; 380; 760; 1520 símbolos (modo 1)<br>0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2)<br>0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3) |

Fuente:(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Acorde al DiBEG, las especificaciones que se proponen actualmente para el estándar ISDB-T corresponden a Japón y a Brasil, a continuación se muestran los esquemas utilizados para los dos países:

Tabla 2.8: Esquema ISDB-T en Japón y Brasil

| Parámetro                      | Japón                    | Brasil |
|--------------------------------|--------------------------|--------|
| Referencia: Difusión analógica | Sistema NTSC-M           |        |
| Líneas de escaneo              | 525                      |        |
| Frecuencia de campo            | 60/1001 Hz               |        |
| Espacio de canal               | 6                        |        |
| Sistema de transmisión         | ISDB-T (OFDM segmentado) |        |
| Número de segmentos            | 13                       |        |

|  |   |            |                          |                           |
|--|---|------------|--------------------------|---------------------------|
| Número de portadoras                                     | 1405/2809/5617 (modo 1/2/3)   |            |                          |                           |
| Método de modulación                                     | DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM   |            |                          |                           |
| Intervalo de guarda                                      | $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{8}$ , $\frac{1}{16}$ , $\frac{1}{32}$                               |            |                          |                           |
| Codificación interna                                     | Convolutacional $\frac{1}{2}$ , $\frac{2}{3}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{5}{6}$ , $\frac{7}{8}$ |            |                          |                           |
| Codificación externa                                     | RS (204, 188)   |            |                          |                           |
| Canales RF   | UHF 13-62   |            | VHF 7-13, UHF 14-69      |                           |
| Multiplexación   | Sistema MPEG-2  |            |                          |                           |
| Codificación de video                                    | Video MPEG-2  |            | MPEG-4 AVC               |                           |
| Resolución de Video (*<br>especificado solo en<br>Japón) | Vertical  | Horizontal | Escaneo                  | Relación<br>de<br>aspecto |
|  | 480   | 720        | 60I                      | 4:3                       |
|  | 480   | 720        | 60I                      | 16:9                      |
|  | 480   | 720        | 60P                      | 16:9                      |
|  | 720   | 1280       | 60P                      | 16:9                      |
|  | 1080*   | 1440*      | 60I*                     | 16:9*                     |
|  | 1080  | 1920       | 60I                      | 16:9                      |
| Codificación de audio                                    | MPEG-2 AAC  |            | MPEG-4 AAC               |                           |
| Contenedor   | ADTS  |            | LATM/LOAS                |                           |
| Perfil   | AAC-LC  |            | AAC-LC + SBR             |                           |
| Máximo número de canales                                 | 5.1 canales   |            |                          |                           |
| SI   | Sistema de sección  |            |                          |                           |
| Subtítulos   | Síncronos/asíncronos PES independiente  |            |                          |                           |
| Datos  | BML   |            | Ginga                    |                           |
| Recepción portátil                                       | Servicio One-seg  |            |                          |                           |
| Codificación de video                                    | MPEG-4 AVC/H.264  |            | MPEG-4 AVC/H.264         |                           |
| Codificación de audio                                    | MPEG-2 AAC-LC +<br>SBR  |            | MPEG-4 AAC-LC<br>+SBR/PS |                           |

Fuente:(DiBEG, 2015)

El ancho de banda utilizado en cada modo se lo calcula multiplicando el ancho de banda asignado a un segmento por el número de segmentos que se utilizan, y a este valor se le suma el valor de la separación entre

las frecuencias portadoras; la separación entre frecuencias portadoras se obtiene al dividir el ancho de banda asignado a un segmento sobre el número de portadoras que se tenga en dicho segmento, esto en cada uno de los modos de transmisión, como ejemplo de cálculos de lo indicado en la tabla anterior se muestra a continuación algunos cálculos realizados para el Modo 1 de transmisión de ISDB-T.

$$BW_s = \frac{BW_c}{14} = \frac{6000}{14} = 428,5714 \text{ KHz}$$

**Fórmula 2.11.** Ancho de banda ocupado por 1 segmento ISDB-T.

Donde:

$BW_c$  es el ancho de banda total asignado a un canal.

$$\Delta f = \frac{BW_s}{L_s} = \frac{428,5714}{108} = 3,968 \text{ KHz}$$

**Fórmula 2.12.** Separación entre portadoras para el modo 1.

Donde:

$L_s$  es el número de portadoras de un segmento para el modo en cuestión.

$$BW_{OFDM} = BW_s * N_s + \Delta f = 428,57 * 13 + 3,968 = 5575,397 \text{ KHz}$$

**Fórmula 2.13.** Ancho de banda ocupado por los 13 segmentos OFDM para el modo 1.

Donde:

$N_s$  es el número de segmentos utilizados.

$$T_u = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{3,968} = 252 \text{ us}$$

**Fórmula 2.14.** Tiempo de duración útil del símbolo para el modo 1.

$$T_g = \frac{T_u}{4} = \frac{252}{4} = 63 \text{ us}$$

**Fórmula 2.15.** Intervalo de guarda de 1/4 para el modo 1.

$$T_g = \frac{T_u}{8} = \frac{252}{8} = 31,5 \text{ us}$$

**Fórmula 2.16.** Intervalo de guarda de 1/8 para el modo 1.

$$T_g = \frac{T_u}{16} = \frac{252}{16} = 15,75 \text{ us}$$

**Fórmula 2.17.** Intervalo de guarda de 1/16 para el modo 1.

$$Tg = \frac{Tu}{32} = \frac{252}{32} = 7,875 \text{ us}$$

**Fórmula 2.18.** Intervalo de guarda de 1/32 para el modo 1.

$$Ts = Tu + Tg = 63 + 252 = 315 \text{ us}$$

**Fórmula 2.19.** Duración total del símbolo con intervalo de guarda de 1/4 para el modo 1.

La intención de introducir diferentes modos y diferentes valores de intervalos de guarda tiene relación con las señales interferentes que se pueden presentar en los distintos escenarios de recepción, fundamentalmente en sistemas SFN.

Por ejemplo si una señal de TDT reflejada viaja 30 Km más desde el transmisor hacia el receptor que la señal directa:

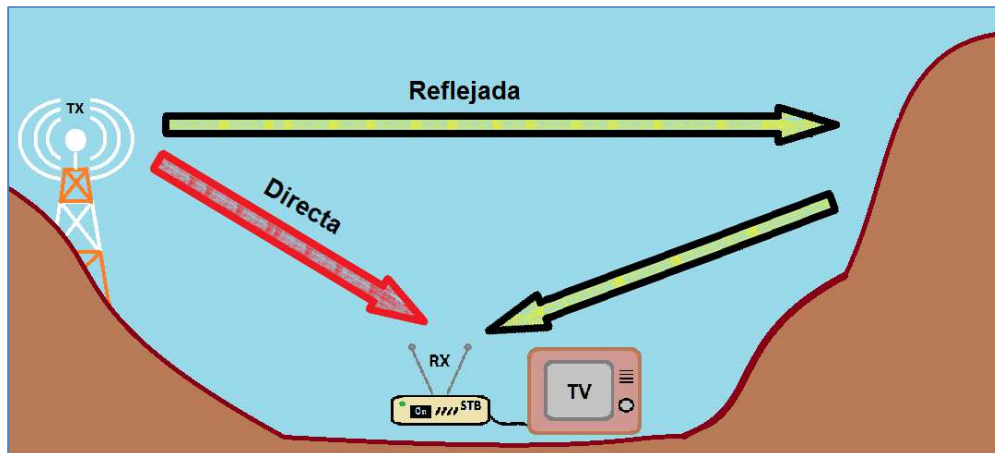


Figura 2.25: Señal reflejada de TDT  
Fuente: Elaborado por el autor.

Tenemos que la señal reflejada tiene un retraso de:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c} = \frac{30[Km]}{0,3[\frac{Km}{us}]} = 100us$$

**Fórmula 2.20.** Retardo de la onda reflejada.

Donde:

C = velocidad de la luz

Al tener la onda reflejada un retraso de 100us, se debe escoger un modo de operación del transmisor que tenga un intervalo de guarda igual o superior a 100us, en este caso el modo 1 definitivamente queda

descartado y se debe escoger el modo dos con intervalo de guarda de  $\frac{1}{4}$  que es 126us, o el modo 3 con intervalo de guarda de  $\frac{1}{4}$  que es 252us o de  $\frac{1}{8}$  que es 126us, acorde a la tabla 2.7.

Todos los 13 segmentos OFDM deben ser convertidos en señales de transmisión OFDM por la Transformada rápida de Fourier inversa (IFFT), cuya velocidad de muestreo es igual para los tres modos de ISDB-T, y su valor es de 8,126 MHz y se calcula acorde a la siguiente ecuación:

$$f_{IFFT} = \frac{2^n}{T_u}$$

**Fórmula 2.21.** Frecuencia de muestreo de IFFT (UIT-R, 2010).

Donde:

$2^n$  = número de portadoras de cada modo (n=11 en modo 1; n=12 en modo 2 y n=13 en modo 3).

$T_u$  = Tiempo útil del símbolo de cada modo (252 en modo 1; 504 en modo 2 y 1008 en modo 3).

### 2.8.5 Offset de frecuencia

La frecuencia de transmisión es desplazada positivamente en un valor de 1/7 MHz (142,857 KHz) con referencia a la frecuencia central del canal de 6 MHz asignado, y debido a que el ancho de banda utilizado es inferior a los 6 MHz, quedan bandas de guarda de 5/14 MHz en el lado inferior y de 1/14 MHz en el lado superior.

Estas relaciones provienen de la televisión analógica, donde el espaciamiento total entre la portadora de video de un canal y el límite inferior (1,25 MHz) más el espaciamiento total entre la portadora de audio de un canal y el límite superior (0,25 MHz) da un total de 1,5 MHz, al sacar la relación entre las separaciones y el total máximo se tiene:

$$Separacion\ Video = \frac{1,25}{1,5} \times 100 = 83,33\%$$

**Fórmula 2.22.** Relación de separación de portadora de video analógico(Pisciotta, 2010).

$$Separacion\ Audio = \frac{0,25}{1,5} \times 100 = 16,66\%$$

**Fórmula 2.23.** Relación de separación de portadora de audio analógico (Pisciotta, 2010).

Aplicando estas relaciones para un canal de TDT, considerando que el espacio no utilizado corresponde al ancho de banda de 1 segmento:

$$G1 = 0,833 \times BW_s = 0,833 \times 428,5714 = 357,14 \text{ KHz}$$

**Fórmula 2.24.** Separación inferior de la banda para la relación de 83,3% (Pisciotta, 2010).

$$G2 = 0,166 \times BW_s = 0,166 \times 428,5714 = 71,42 \text{ KHz}$$

**Fórmula 2.25.** Separación inferior de la banda para la relación de 16,6% (Pisciotta, 2010).

Haciendo que G1 y G2 corresponda a una cantidad de portadoras múltiplo entero de  $\Delta f$ :

$$L_{G1} = \frac{G1}{\Delta f} = \frac{357,14}{3,968} = 89,9 \approx 90$$

**Fórmula 2.26.** Número de portadoras de separación en la banda inferior (Pisciotta, 2010).

$$L_{G2} = \frac{G2}{\Delta f} = \frac{71,42}{3,968} = 17,9 \approx 18$$

**Fórmula 2.27.** Número de portadoras de separación en la banda superior (Pisciotta, 2010).

La norma adopta 90 portadoras nulas en la banda de guarda inferior y 18 portadoras nulas en la banda de guarda superior, siendo los espacios de guarda:

$$G1 = 90 \times \Delta f = 90 \times \frac{6}{108} = \frac{5}{14} \text{ MHz}$$

**Fórmula 2.28.** Intervalo de guarda inferior del canal de ISDB-T (Pisciotta, 2010).

$$G2 = 18 \times \Delta f = 18 \times \frac{6}{108} = \frac{1}{14} \text{ MHz}$$

**Fórmula 2.29.** Intervalo de guarda superior del canal de ISDB-T (Pisciotta, 2010).

Debido a estos valores asimétricos de intervalos de guarda, la frecuencia central F0 se desplaza 1/7 MHz hacia el lado superior.



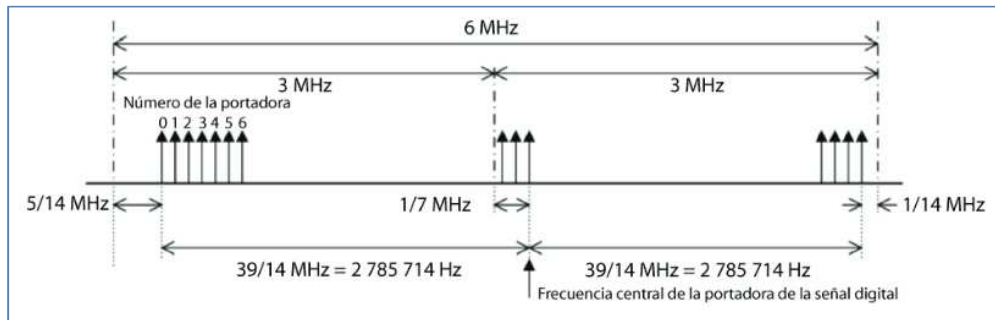


Figura 2.26: Distribución de portadoras en un canal de ISDB-Tb  
Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2008).

Las portadoras del estándar son numeradas solamente si son portadoras activas, es decir las primeras 90 portadoras no son numeradas:

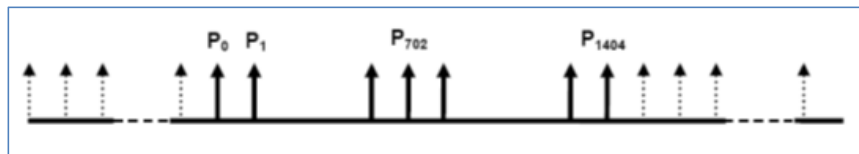


Figura 2.27: Numeración de portadoras ISDB-T  
Fuente: (Pisciotta, 2010).

## 2.8.6 Parámetros de los segmentos OFDM

Los parámetros del segmento OFDM deben estar acorde a la siguiente tabla:

Tabla 2.9: Parámetros del segmento OFDM

| Modo                                    |                   | Modo 1                    |       | Modo 2                    |       | Modo 3                    |       |
|---|-------------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Ancho de banda                          |                   | 6000/14 = 428,57 KHz      |       |                           |       |                           |       |
| Separación entre frecuencias portadoras |                   | 6000/(14*108) = 3,968 KHz |       | 6000/(14*216) = 1,984 KHz |       | 6000/(14*432) = 0,992 KHz |       |
| Número de portadoras                    | Total             | 108                       | 108   | 216                       | 216   | 432                       | 432   |
|   | Datos             | 96                        | 96    | 192                       | 192   | 384                       | 384   |
|   | SP <sup>a</sup>   | 9                         | 0     | 18                        | 0     | 36                        | 0     |
|   | CP <sup>a</sup>   | 0                         | 1     | 0                         | 1     | 0                         | 1     |
|   | TMCC <sup>b</sup> | 1                         | 5     | 2                         | 10    | 4                         | 20    |
|   | AC1 <sup>c</sup>  | 2                         | 2     | 4                         | 4     | 8                         | 8     |
| AC2 <sup>c</sup>                        | 0                 | 4                         | 0     | 9                         | 0     | 19                        |       |
| Esquema de modulación de las portadoras |                   | QPSK<br>16QAM<br>64QAM    | DQPSK | QPSK<br>16QAM<br>64QAM    | DQPSK | QPSK<br>16QAM<br>64QAM    | DQPSK |
| Símbolos por cuadro                     |                   | 204                       |       |                           |       |                           |       |

| Tamaño del símbolo efectivo   | 252 us  | 504 us   | 1008 us  |
|---|---|--|--|
| Intervalo de guarda   | 63 μs (1/4),<br>31,5 μs (1/8),<br>15,75 μs (1/16)       | 126 μs (1/4),<br>63 μs (1/8),<br>31,5 μs (1/16)            | 252 μs (1/4),<br>126 μs (1/8),<br>63 μs (1/16)             |
| Longitud del cuadro   | 64,26 ms (1/4),<br>57,834 ms (1/8),<br>54,621 ms (1/16) | 128,52 ms (1/4),<br>115,668 ms (1/8),<br>109,242 ms (1/16) | 257,04 ms (1/4),<br>231,336 ms (1/8),<br>218,484 ms (1/16) |
| Frecuencia de muestreo de la IFFT   | 512/63 = 8,12698 MHz                                    |  |  |
| Entrelazamiento interno   | Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)          |  |  |
| Codificador externo   | RS (204,188)  |  |  |
| <sup>a</sup> SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación.<br><sup>b</sup> TMCC es información de control.<br><sup>c</sup> AC se usa para transmitir información adicional. AC1 está disponible en igual número en todos los segmentos, mientras que AC2 está disponible solamente en segmento de modulación diferencial. |   |  |  |

**Fuente:**(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Para el cálculo de la tasa de datos se debe considerar la siguiente ecuación:

$$R[bps] = \frac{k_o * k_i * b_p * N_s * L_D}{T_s}$$

**Fórmula 2.30.** Tasa de transmisión de datos (Pisciotta, 2010).

Donde:

Ko = es la codificación externa y es igual a 188/204

Ki = código convolucional, puede ser (1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8)

bp = Número de bits por símbolo

Ns = Número de segmentos utilizados

LD = Número de portadoras de datos

$T_s$  = Duración total del símbolo, depende del modo y del tipo de intervalo de guarda que se utilice

Considerando un ejemplo para un esquema ISDB-T con modulación 64QAM, código convolucional 7/8, intervalo de guarda de 1/32, en el modo 3, reemplazando en la ecuación anterior, tenemos:

$$R[bps] = \frac{0,921569 * 0,875 * 6 * 13 * 384}{1039,5 \times 10^{-6}} = 23234700 \text{ bps}$$

**Fórmula 2.31.** Ejemplo de tasa de transmisión de datos.

### 2.8.7 Sistema de transmisión ISDB-Tb

El diagrama del sistema de transmisión de ISDB-Tb puede ser dividido en bloques acorde a lo siguiente:

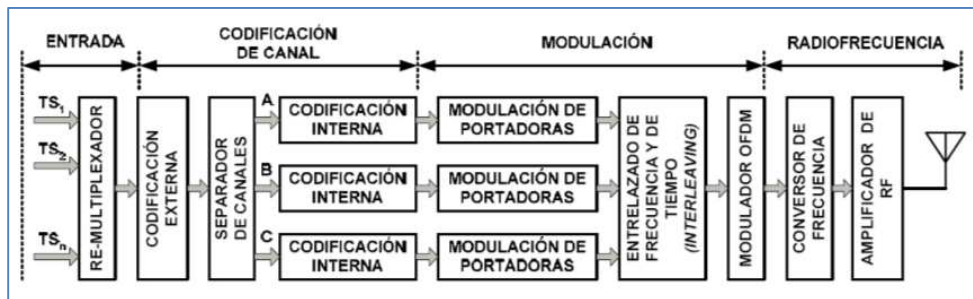


Figura 2.28: Sistema de bloques de codificación del canal en el sistema de transmisión

Fuente:(Pisciotta, 2010)

Acorde al diagrama anterior se puede resumir el funcionamiento de ISDB-Tb, en el bloque de entrada ingresa la información de los diferentes servicios por medio de cada TS independiente a un re-multiplexor para crear un único TS compuesto por paquetes llamados TSP de 204 bytes de longitud a un flujo sincrónico BTS de 32.5 Mbps, posteriormente en el bloque de codificación externa se añaden los bits de protección y se separa en capas jerárquicas la información y cada capa se codifica nuevamente, esta vez con los códigos convolucionales, posteriormente se realiza el entrelazamiento de tiempo y frecuencia, y se modula cada capa jerárquica para generar la señal OFDM mediante el uso de IFFT y añadidura del intervalo de guarda, para finalmente llevar a RF en la frecuencia y potencia asignada al canal digital y difundir la señal.

## 2.8.8 Codificación de los TSP

El flujo binario (BTS) debe contener la información necesaria para que el separador de canales identifique cada paquete de transporte TSP(Transport Packet Stream) y lo entregue a la capa jerárquica correspondiente.

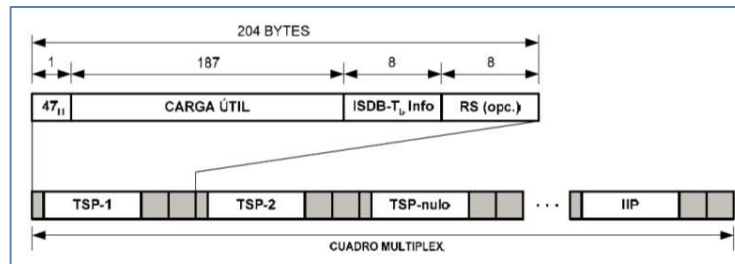


Figura 2.29: Estructura del cuadro multiplex en la BTS

Fuente:(Pisciotta, 2010)

Los bytes del campo ISDB-Tb Info contienen información de:

- Indicador de capa jerárquica
- Contador de TSP
- Cabecera de cuadro
- Información auxiliar

Los bytes del campo RS (opc.) son opcionales y pueden llevar bytes de paridad Reed Solomon (204-196-4), capaces de corregir hasta 4 bytes erróneos en cada TSP.

A nivel de BTS, la información de configuración de la red viene en el TMCC (Transmission Multiplexing Configuration Control), este campo debe contener información necesaria para que el receptor pueda identificar el modo de operación (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007), el TMCC viene en un TSP denominado IIP (ISDB-Tb Information Packet), la información del TMCC contiene:

- Cantidad de muestras IFFT
- Intervalo de guarda
- Esquema de modulación
- Codificación interna
- Cantidad de segmentos

El TSP IIP también contiene el NSI (Network Synchronization Information), el cual contiene la siguiente información:

- Etiqueta de sincronización de tiempo
- Tiempo de retardo máximo
- Información de control de equipamiento
- Identificación de equipamiento

Cada cuadro multiplex contiene un determinado número de TSP, esto depende del modo y del intervalo de guarda:

*Tabla 2.10: Número de TSP transmitidos en un cuadro multiplex*

| Modo   | $T_g = 1/4$ | $T_g = 1/8$ | $T_g = 1/16$ | $T_g = 1/32$ |
|--------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Modo 1 | 1280        | 1152        | 1088         | 1056         |
| Modo 2 | 2560        | 2304        | 2176         | 2112         |
| Modo 3 | 5120        | 4608        | 4352         | 4224         |

**Fuente:**(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007)

Luego de la separación de los TCP en las capas jerárquicas los campos ISDB-Tb Info y RS (opc.) son sustituidos por 16 nuevos bytes de paridad Reed Solomon (204-188-8) para el proceso de corrección de errores FEC (Forward Error Correction), para realizar la codificación externa, el codificador Reed Solomon toma los 188 bytes de datos y crea matemáticamente una etiqueta de 16 bytes, esta etiqueta es añadida al final del TSP y corresponden a los bytes de paridad, posteriormente en el receptor se compara los 188 bytes recibidos y verifica si corresponde a la etiqueta, si los bytes no corresponden, genera un paquete procurando el mayor parecido, esta técnica permite corregir hasta 8 bytes aleatorios erróneos en el TSP.

El primer byte del TSP siempre es el de sincronización, el cual corresponde al valor 47<sub>H</sub> (01000111<sub>b</sub>).

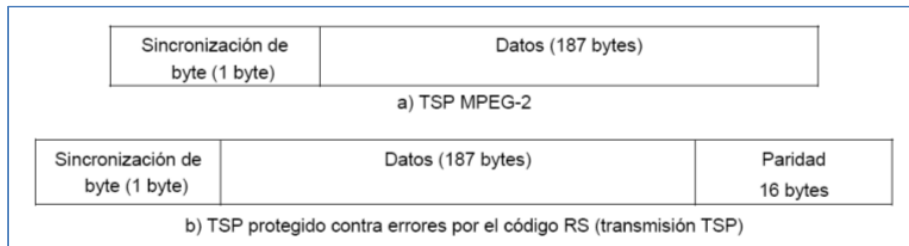


Figura 2.30: MPEG-2 TSP y TSP de transmisión  
Fuente: (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

Para realizar la codificación interna se lo realiza utilizando los denominados códigos convolucionales, estos códigos pueden ser elegidos para cada capa y pueden tomar los valores de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$  o  $\frac{7}{8}$ , en el caso del valor de  $\frac{1}{2}$  por cada bit de entrada va a haber 2 bits de salida, la información se duplica, en el caso del valor  $\frac{2}{3}$ , por cada 2 bits de entrada va a haber 3 bits de salida, teniendo solamente 1 bit repetido y así en los demás casos, en el siguiente gráfico se muestra el funcionamiento de la codificación convolucional, la cual es relativamente sencilla en la transmisión, pero no es sencilla la decodificación en el receptor, para esto se utiliza un decodificador de Viterbi.

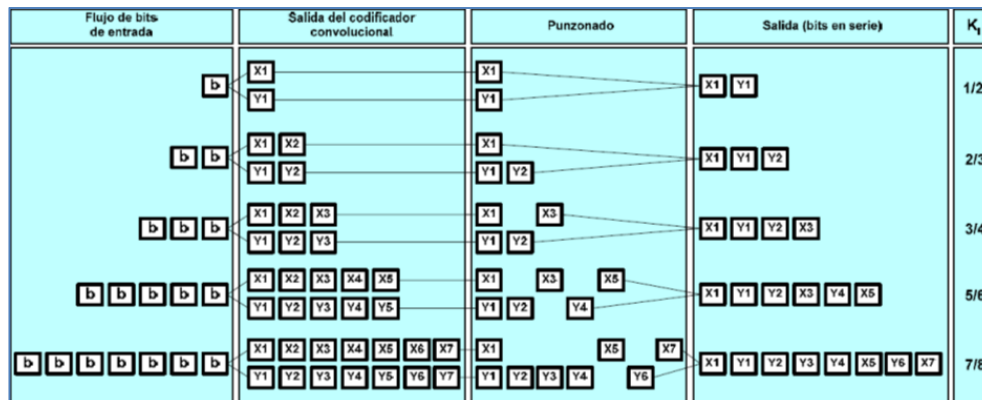


Figura 2.31: Codificador convolucional  
Fuente: (Pisciotta, 2010)

### 2.8.9 Entrelazado

Debido a la inestabilidad de la transmisión en una frecuencia en periodos de tiempo considerables, puede presentarse degradación de la señal, es por este motivo que las portadoras de la señal OFDM se ubican considerando el entrelazado "interleaving" de tiempo y de frecuencia, de tal manera que un conjunto de bits contiguos de información no se envíen

juntos ni en tiempo ni en frecuencia, y en caso de darse una interferencia, la afectación en la información transmitida será menor, por lo tanto será más fácil superar el inconveniente con las técnicas de recuperación de errores del estándar.

La televisión digital terrestre debe utilizar obligatoriamente el entrelazado de tiempo (time interleaving) para proveer una codificación con la menor tasa de errores para recepción móvil, en las cuales son inevitables las variaciones de intensidad de campo.

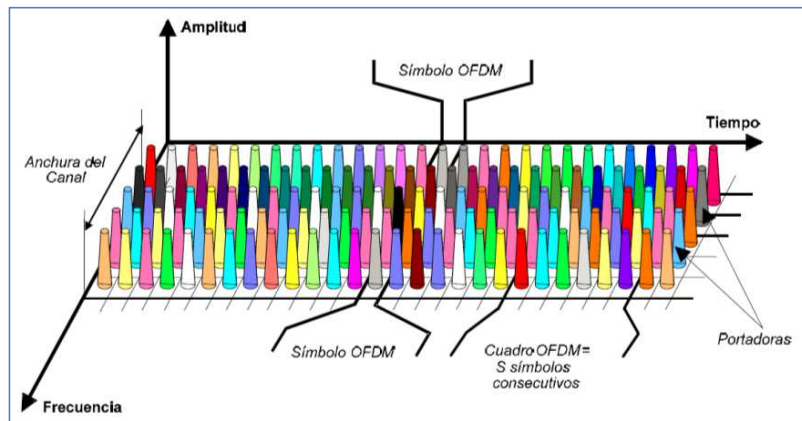


Figura 2.32: Ubicación de portadoras OFDM

Fuente:(Pisciotta, 2010).

Para el entrelazamiento de tiempo, el orden de transmisión de los bytes es cambiado de tal manera que se produce un retardo de 11 TSP, los bytes se almacenan en un buffer y se van transmitiendo en un orden determinado, un orden diferente al que los bytes ingresaron, el entrelazado se realiza en cada capa jerárquica y se lo realiza con los parámetros  $A = 17$  bytes y  $k = 12$  líneas:

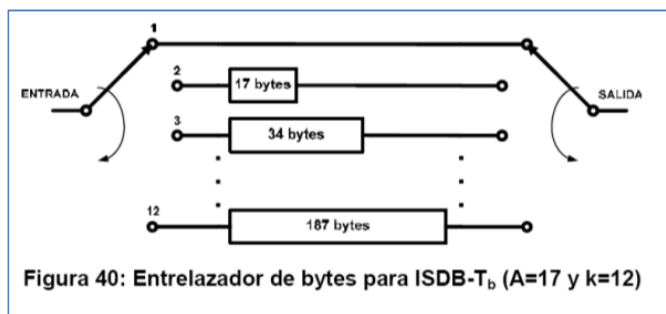


Figura 40: Entrelazador de bytes para ISDB-T<sub>b</sub> (A=17 y k=12)

Figura 2.33: Entrelazador de bytes de ISDB-T<sub>b</sub>

Fuente:(Pisciotta, 2010)

### **2.8.10 Ventajas y desventajas de TDT**

La TDT se diferencia de la televisión analógica primeramente porque la señal analógica por su naturaleza es continua en el tiempo y puede tener infinito número de valores, en cambio la señal digital es discreta y solo puede tener valores de uno y cero.

Las ventajas que ofrece la TDT sobre la televisión analógica son las siguientes:

- Uso eficiente del espectro, debido al uso de técnicas de codificación de audio y video, es posible tener muchos programas en el mismo ancho de banda de 6 MHz, al contrario de un canal de televisión analógica que solo permite un programa en los 6 MHz.
- TDT es robusto frente al ruido y las interferencias
- Uso efectivo del recurso de frecuencia mediante una red SFN, el cual constituye una red de difusión de varios repetidores en la misma frecuencia.
- La calidad de audio de TDT es notablemente superior a la de televisión analógica, ya que soporta audio multicanal con sonido envolvente.
- El video posee mayor resolución que los sistemas analógicos, proporcionando mayor detalle a las imágenes, con resoluciones 720p (1280x720) y 1080i (1920x1080) en HD.
- TDT permite visualizar las imágenes con una relación de aspecto de 16:9 (ancho:alto).
- Los transmisores de TDT consiguen obtener áreas de cobertura equivalentes a las de televisión analógica con menor potencia de transmisión.
- TDT permite la recepción en terminales móviles y portátiles con la inclusión del canal One-seg.
- Es posible la interactividad con el usuario a través de aplicaciones de datos con software Ginga.

Las desventajas que tiene TDT en referencia a la televisión analógica son las siguientes:



- Se necesita un equipo receptor que puede decodificar el estándar, en este caso el televisor con el que se observaba solamente televisión analógica no sirve para TDT, se requiere invertir en la compra de un nuevo televisor o en la compra de un Set Top Box para poder visualizar TDT.
- La inversión por actualización de tecnología de analógica a digital en los equipos de transmisión de las estaciones de televisión, es considerable.

## **2.9 Legislación de Telecomunicaciones**

En 1967 se crea en el Ecuador el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, entidad encargada de coordinar actividades de las empresas de telecomunicaciones estatales, administrando y controlando los servicios de telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico (SUPTEL, 2007), actualmente esta entidad se encuentra extinta.

En 1972 se promulga la Ley Básica de Telecomunicaciones y se crea el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL), entidad encargada del control y explotación de las telecomunicaciones en el Ecuador (SUPTEL, 2007), actualmente esta ley se encuentra derogada y el IETEL se encuentra extinto.

En 1975 se expide la Ley de radiodifusión y televisión, en la que se regula la concesión de frecuencias de radio y televisión (SUPTEL, 2007), actualmente esta ley se encuentra derogada.

En Agosto de 1992 se promulga la Ley Especial de Telecomunicaciones, que separa las funciones de administración, regulación y control de la operación de los servicios de telecomunicaciones, creando la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTEL), así como también crea el EMETEL como sucesor de IETEL, actualmente esta ley se encuentra derogada, y la SUPTEL y el EMETEL se encuentran extintos.

En mayo de 1995 se promulga la Ley Reformativa a la Ley de Radiodifusión y Televisión, creando el Consejo Nacional de Radiodifusión

y Televisión (CONARTEL) como órgano encargado de la regulación de estos servicios, dejando la administración y control a la SUPTEL, actualmente esta ley se encuentra derogada, y el CONARTEL y la SUPTEL se encuentran extintos.

En agosto de 1995 con la promulgación de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, en la cual se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) como órgano regulador y a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) como organismo ejecutor de las políticas, dejando el control de todos los servicios a la SUPTEL, actualmente esta ley se encuentra derogada, y el CONATEL, la SENATEL y la SUPTEL se encuentran extintos.

Con Resolución ST-2008-0058 de 6 de mayo de 2008 la Superintendencia de Telecomunicaciones modificó sus siglas de SUPTEL a SUPERTEL, actualmente la SUPERTEL se encuentra extinta.

El 13 de agosto de 2009, con Decreto ejecutivo N°8, se elimina el CONARTEL, asumiendo sus funciones el CONATEL, actualmente el CONATEL se encuentra extinto.

En febrero de 2015 se promulga la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, la cual elimina a las entidades CONATEL, SUPERTEL y SENATEL, y crea a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL, la cual asume las funciones de administración, regulación y control que realizaban las entidades CONATEL, SUPERTEL y SENATEL, esta ley se encuentra vigente a la fecha del presente documento.

## **2.10 Análisis de la Normativa Vigente**

### **2.10.1 Constitución de la República del Ecuador**

**Artículo 261.-** *El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre: (...) El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones; puertos y aeropuertos*(Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008, 2008).

## 2.10.2 Ley Orgánica de Telecomunicaciones

Con la promulgación de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT), según el Tercer Suplemento del Registro Oficial de 18 de febrero de 2015, se crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL:

**Artículo 142.- Creación y naturaleza.** *Créase la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como persona jurídica de derecho público, con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes(Registro Oficial, 2015).*

Entre las competencias asignadas a ARCOTEL en el “Artículo 144.- Competencias de la Agencia.” de la LOT, se encuentran las siguientes:

5. *Ejercer el control técnico de los medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes, tales como los de audio y video por suscripción.*

6. *Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.*

22. *Inspeccionar y fiscalizar la instalación, establecimiento y explotación de redes de telecomunicaciones y los sistemas de los medios de comunicación social que usen el espectro radioeléctrico, así como las redes de audio y vídeo por suscripción(Registro Oficial, 2015).*

En referencia al cumplimiento de la normativa de parte de los diferentes prestadores de servicios se observa el “**Artículo 111.- Cumplimiento de Normativa.** *Los equipos e infraestructura de las estaciones radiodifusoras de onda media, corta, frecuencia modulada, televisión abierta y sistemas de audio y video por suscripción deberán instalarse y operar de conformidad con lo dispuesto en la normativa que para el efecto emita la*

*Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.*”(Registro Oficial, 2015).

### **2.10.3 Resolución 084-05-CONATEL-2010**

Con esta Resolución, firmada el 25 de marzo de 2010, se acoge el informe técnico emitido por la SUPERTEL, en el cual tomando en consideración aspectos técnicos, socio-económicos, de cooperación internacional y despliegue, la SUPERTEL analizó diferentes estándares de TDT, y recomendó el estándar ISDB-T/SBTVD (Japonés con variaciones brasileñas), y se decide finalmente adoptar el estándar de TDT:

*ARTICULO UNO. Acoger el informe presentado por la Superintendencia de Telecomunicaciones para la Definición e Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador*(CONATEL, 2010).

*ARTICULO DOS. Adoptar el estándar de televisión digital ISDB-T INTERNACIONAL (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) para el Ecuador, con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil y las que hubieren al momento de su implementación, para la transmisión y recepción de señales de televisión digital terrestre.*(CONATEL, 2010).

### **2.10.4 Resolución RTV-596-16-CONATEL-2011**

Con la Resolución N° RTV-596-16-CONATEL-2011 de 29 de julio del 2011, el CONATEL resolvió delegar al Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información - MINTEL, a que lidere y coordine el proceso de implementación de la TDT en el Ecuador(CONATEL, 2011).

### **2.10.5 Resolución RTV-961-26-CONATEL-2011**

En esta Resolución se aprueban las características técnicas mínimas para los televisores para TDT, con esta normativa se pudo delimitar técnicamente, en coordinación con otros organismos del estado, la importación de equipos terminales de televisión que cumplan con el

estándar de TDT adoptado(CONATEL, 2011), esto se vio reforzado en el año 2013 cuando en el Registro Oficial No. 149, publicado el 23 de diciembre de 2013, entró en vigencia el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 083 “*Televisores con sintonizador del estándar de televisión digital ISDB-T Internacional*”, este documento indica los requisitos que deben cumplir los televisores que se comercialicen en el Ecuador de conformidad con el estándar de TDT adoptado en el país(MINTEL, 2018). Entre las características técnicas principales se tienen las siguientes:

*Tabla 2.11: Especificaciones técnicas de los televisores para recepción Full-Seg de TDT*

| Característica                                      | Descripción  | Observación  |
|---|--|--|
| Sistema de televisión                               | NTSC-M; ISDB-Tb  | Se debe garantizar doble sintonizador hasta que ocurra el apagón analógico.  |
| Recepción de canales                                | Banda VHF: 2 al 13<br>Banda UHF: 14 al 69                                | La recepción analógica se realizará del canal 2 al 69 hasta que ocurra el apagón analógico.<br><br>La recepción digital se realizará en los canales del 7 al 69. |
| Frecuencia de la portadora central de canales (MHz) | VHF: 177+1/7 al 213+1/7<br>UHF: 473+1/7 al 605 +1/7 y 617+1/7 al 803+1/7 | Se incluyen los rangos de la banda I de VHF  |
| Sensibilidad  | Mínimo de entrada: -77dBm<br><br>Máximo de entrada: -20dBm               | -  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| Desmapeo   | 16QAM<br><br>64QAM  | -  |
| Almacenamiento/a<br>cceso a los<br>canales                             | Acceso al canal digital   | Se debe acceder a través<br>del canal virtual        |
| Interfaces externas  | Entrada de antena: Tipo F, 75<br>ohmios, desbalanceado  | -  |
| Perfiles y niveles<br>de video   | H.264/AVC HP @ L4.0   | -  |
| Formato de salida<br>de video/Relación<br>de<br>aspecto/Resolució<br>n | 525i(480i)/4:3/720x480<br>525i(480i)/16:9/720x480<br>525p(480p)/16:9/720x480<br>750p(720p)/16:9/1280x720<br>1125i(1080i)/16:9/1920x1080 | -  |
| Tasa de cuadros  | 30fps   | -  |
| Codificación de<br>audio   | MPEG-4 AAC  | -  |
| Idioma   | Español   | Audio, leyenda, closed-<br>caption y datos primarios |
| Alimentación de<br>energía eléctrica                                   | 120 VAC; 60 Hz  | -  |

**Fuente:** (CONATEL, 2011)

## 2.10.6 Resolución ARCOTEL-2016-0098

En esta Resolución se aprueban las características técnicas mínimas para los receptores de TDT Set Top Box, con esta normativa se pudo delimitar técnicamente, en coordinación con otros organismos del estado, la importación de equipos terminales de televisión Set Top Box que cumplan con el estándar de TDT adoptado (ARCOTEL, 2016), esto se vio reforzado en el año 2017 cuando en el Registro Oficial No. 104, publicado el 20 de octubre de 2017, entró en vigencia el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 161 “Decodificadores para el estándar de televisión digital terrestre ISDB-T Internacional”, este documento indica los requisitos que deben cumplir los decodificadores que se comercialicen en el Ecuador, de conformidad con el estándar de TDT adoptado en el país.

Entre las características técnicas principales se tienen las siguientes:

*Tabla 2.12: Especificaciones técnicas de los Set Top Box para recepción de TDT*

| Característica                                      | Descripción  |
|---|--|
| Sistema de televisión                               | ISDB-Tb  |
| Interfaces externas                                 | Entrada de antena: Tipo F, 75 ohmios, desbalanceado      |
| Recepción de canales                                | Banda UHF: 14 al 51                                      |
| Ancho de banda del canal full-seg                   | 6 MHz  |
| Frecuencia de la portadora central de canales (MHz) | UHF: 473+1/7 al 605 +1/7 y 617+1/7 al 695+1/7            |
| Sensibilidad  | Mínimo de entrada: -77dBm<br>Máximo de entrada: -20dBm   |
| Desmapeo  | 16QAM<br>64QAM   |
| Canal Virtual                                       | Numeración del canal virtual debe ser igual al analógico |

|   |   |
|---|---|
| Mando a distancia   | Encendido/apagado (on/off), funciones numéricas (0 a 9), selección secuencial de canales, Control de volumen, acceso a Guía de programación (EPG) |
| Perfiles y niveles de video                               | H.264/AVC HP @ L4.0   |
| Formato de salida de video/Relación de aspecto/Resolución | 525i(480i)/4:3/720x480<br>525i(480i)/16:9/720x480<br>525p(480p)/16:9/720x480<br>750p(720p)/16:9/1280x720<br>1125i(1080i)/16:9/1920x1080           |
| Tasa de cuadros   | 30fps   |
| Salida de video analógico                                 | Salida de video compuesto (CVBS), salida de antena (passthrough)  |
| Salida de video digital                                   | HDMI (opcional)   |
| Codificación de audio                                     | MPEG-4 AAC  |
| Idioma  | Selección de idioma primario incluido el español.   |
| Alimentación de energía eléctrica                         | 120 VAC; 60 Hz  |
| EWBS  | Recepción del aviso de emergencia (opcional).   |

Fuente: (ARCOTEL, 2016)

### 2.10.7 Resolución12-09-ARCOTEL-2017

En noviembre de 2015 se desarrolló la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-15), de la cual se obtuvo como resultado una actualización del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la ITU en su edición del año 2016, este documento sirvió como insumo para la elaboración del nuevo Plan Nacional de Frecuencias (PNF).

El RR, recomienda el uso de las distintas bandas de frecuencias para determinados servicios, de tal manera que los servicios de



telecomunicaciones se desarrollen con armonía alrededor del mundo, en el RR se ha realizado una división geográfica del mundo en diferentes regiones, para hacer las recomendaciones de uso de frecuencias, donde Ecuador se encuentra en la Región 2:

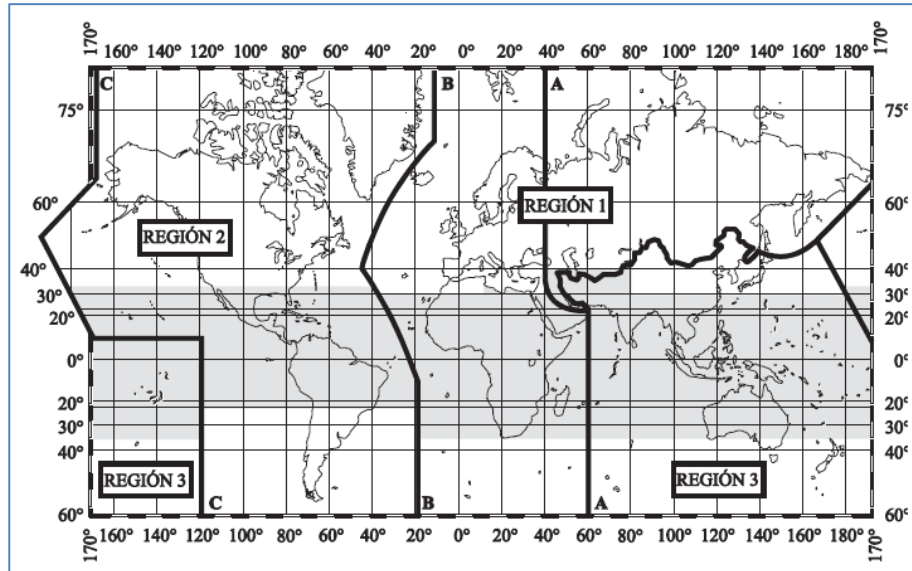


Figura 2.34: Regiones del mundo para atribución de frecuencias  
Fuente:(UIT, 2016)

Con la Resolución 12-09-ARCOTEL-2017 se aprueba la actualización integral del Plan Nacional de Frecuencias (PNF), en lo que respecta a las frecuencias asignadas para TDT se tienen los siguientes rangos:

Tabla 2.13: Rango de frecuencias para recepción de TDT según el PNF

| Rango de frecuencias [MHz] |
|----------------------------|
| 470–512                    |
| 512–608                    |
| 614–698                    |

Fuente: (ARCOTEL, 2017)

De lo indicado en la tabla anterior, se debe considerar lo siguiente acorde a las notas plasmadas en el PNF:

- EQA.15. La banda 482 – 488 MHz (canal 16), se utiliza para el servicio de radiodifusión con emisiones de televisión, a título primario (ARCOTEL, 2017).
- EQA.15. La banda 470 – 482 MHz (canales 14 y 15) se utiliza para el servicio de radiodifusión con emisiones de televisión, a título primario, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Loja, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Azuay, excepto la banda de 476 – 482 MHz (canal 15) en el cantón Cuenca (ARCOTEL, 2017).
- EQA.20. En la banda 488 – 512 MHz operan, a título primario, sistemas de radios de dos vías (ARCOTEL, 2017).
- EQA.20. En la banda 470 – 482 MHz operan, a título primario, sistemas de radios de dos vías en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Santa Elena, El Oro, Tungurahua, Cotopaxi, Sucumbíos y Galápagos (ARCOTEL, 2017).
- EQA.35. En las bandas 479 – 483,480 MHz y 489 – 492,975 MHz, también operan, a título primario, redes de acceso para los servicios de telefonía fija, portador y acceso a Internet en el Cantón Cuenca (ARCOTEL, 2017).
- 5.293. En Argentina y Ecuador, la banda de frecuencias 470-512 MHz está atribuida a título primario a los servicios fijo y móvil (ARCOTEL, 2017).

### **2.10.8 Resolución ARCOTEL-2017-0301**

Con esta Resolución se expidió la “*Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre*”, la cual establece las condiciones técnicas para la asignación y operación de canales de TDT en el Ecuador, la misma que indica que el estándar de transmisión para el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre es ISDB-T Internacional (ISDB-Tb), esta normativa se base en la normativa de la UIT y de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT).

Se observan los principales aspectos de esta norma a continuación:

**Área de cobertura.-** Corresponde a la superficie geográfica a servir con una intensidad de campo igual o mayor a la intensidad de campo definida en el literal b) del artículo 10 de la Resolución ARCOTEL-2017-0301(ARCOTEL, 2015).

**Canal físico.-** Es el segmento del espectro de 6 MHz de anchura de banda, en el que se transmiten las señales de audio, video y datos de una o varias estaciones de televisión digital terrestre, identificado por un número o por las frecuencias límite superior e inferior, de acuerdo a la distribución de canales que se muestra en artículo 6 de la Resolución ARCOTEL-2017-0301(ARCOTEL, 2015).

**Canal lógico.-** Identifica a cada servicio existente dentro del mismo canal físico; un servicio representa una señal de televisión digital terrestre(ARCOTEL, 2015).

**Canal virtual.-** número de canal que puede ser igual o diferente al del canal físico, a través del cual el receptor muestra las señales del canal físico asociado(ARCOTEL, 2015).

**Estación matriz.-** Es el conjunto del estudio principal, transmisor y demás instalaciones necesarias para la operación de la estación de TDT(ARCOTEL, 2015).

**Estudio principal.-** Es el área en donde se concentra la programación en forma permanente previo al envío al transmisor principal para su difusión, y está ubicado dentro del área de cobertura autorizada a la estación matriz(ARCOTEL, 2015).

La norma técnica indica que las señales en alta definición(HD) deben tener resoluciones de video de 1080i (1920x1080i) o 720p (1280x720p), y relación de aspecto 16:9, y las señales de definición estándar (SD) deben tener resoluciones de video de 480i (720x480i) o 480p (720x480p) y relación de aspecto 4:3 o 16:9.

Las bandas de frecuencia establecidas para la operación de TDT según la norma técnica en cuestión es la siguiente:

Tabla 2.14: Rango de frecuencias para recepción de TDT según la norma técnica

| Rango de frecuencias en UHF [MHz] |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Banda IV                          | 470 – 482 |
|                                   | 512 – 608 |
|                                   | 614 – 644 |
| Banda V                           | 644 – 698 |

Fuente:(ARCOTEL, 2015)

La canalización que se indica en la norma técnica de la Resolución ARCOTEL-2017-0301 es la que se muestra a continuación, se debe considerar que el canal 37 está asignado a título primario para el servicio de Radioastronomía

Tabla 2.15: Canalización de banda de TDT

| CANALES UHF      |                          |                        |                          |
|------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Canal Físico No. | Frecuencia Inicial (MHz) | Frecuencia Final (MHz) | Frecuencia Central (MHz) |
| 14               | 470                      | 476                    | 473 + 1/7                |
| 15               | 476                      | 482                    | 479 + 1/7                |
| 21               | 512                      | 518                    | 515 + 1/7                |
| 22               | 518                      | 524                    | 521 + 1/7                |
| 23               | 524                      | 530                    | 527 + 1/7                |
| 24               | 530                      | 536                    | 533 + 1/7                |
| 25               | 536                      | 542                    | 539 + 1/7                |
| 26               | 542                      | 548                    | 545 + 1/7                |
| 27               | 548                      | 554                    | 551 + 1/7                |
| 28               | 554                      | 560                    | 557 + 1/7                |
| 29               | 560                      | 566                    | 563 + 1/7                |
| 30               | 566                      | 572                    | 569 + 1/7                |
| 31               | 572                      | 578                    | 575 + 1/7                |
| 32               | 578                      | 584                    | 581 + 1/7                |
| 33               | 584                      | 590                    | 587 + 1/7                |
| 34               | 590                      | 596                    | 593 + 1/7                |
| 35               | 596                      | 602                    | 599 + 1/7                |
| 36               | 602                      | 608                    | 605 + 1/7                |
| 38               | 614                      | 620                    | 617 + 1/7                |
| 39               | 620                      | 626                    | 623 + 1/7                |
| 40               | 626                      | 632                    | 629 + 1/7                |
| 41               | 632                      | 638                    | 635 + 1/7                |
| 42               | 638                      | 644                    | 641 + 1/7                |
| 43               | 644                      | 650                    | 647 + 1/7                |

|    |     |     |           |
|----|-----|-----|-----------|
| 44 | 650 | 656 | 653 + 1/7 |
| 45 | 656 | 662 | 659 + 1/7 |
| 46 | 662 | 668 | 665 + 1/7 |
| 47 | 668 | 674 | 671 + 1/7 |
| 48 | 674 | 680 | 677 + 1/7 |
| 49 | 680 | 686 | 683 + 1/7 |
| 50 | 686 | 692 | 689 + 1/7 |
| 51 | 692 | 698 | 695 + 1/7 |

Fuente:(ARCOTEL, 2015)

La intensidad de campo mínima a proteger en el borde del área de cobertura es de 51 dBuV/m, para por lo menos el 90% del tiempo y el 50% de los sitios de recepción, utilizando antena en exteriores(ARCOTEL, 2015).

La tasa de error de modulación (MER - Modulation Error Rate), medida en el transmisor debe tener una tasa de error de modulación igual o mayor a 32 dB(ARCOTEL, 2015).

En referencia a la potencia efectiva radiada, indica que debe ser la necesaria para que se garantice el nivel de señal (51 dBuV/m) en el área a cubrir, y su cálculo debe realizarse acorde a lo indicado en la Resolución 072-04-CONATEL-2010:

$$P.E.R. (kW) = P_T(kW) * 10^{\frac{G(dBd) - Pérdidas(dB)}{10}}$$

Fórmula 2.32. Potencia efectiva radiada

Donde:

$P_T$ , es la potencia después del filtro de máscara

G (dBd), es la ganancia del sistema radiante

Pérdidas (dBd), es las pérdidas en cables y conectores

En lo referente a la multiprogramación, para un canal de 6 MHz, se tiene la siguiente tabla, se debe considerar que el canal de "OneSeg" (OS), no se lo considera como parte de la multiprogramación, el mismo que es de transmisión obligatoria y debe transmitir lo mismo que se transmite en HD o SD según sea el caso:

Tabla 2.16: Multiprogramación según la norma técnica

|              |             |    |
|--------------|-------------|----|
| HDTV (1080i) |             | OS |
| HDTV (720p)  | HDTV (720p) | OS |

|             |      |      |      |    |
|-------------|------|------|------|----|
| HDTV (720p) |      | SDTV | SDTV | OS |
| SDTV        | SDTV | SDTV | SDTV | OS |

Fuente:(ARCOTEL, 2015)

Un equipo receptor one-seg decodifica la información de audio, video y datos de la capa jerárquica "A", la cual está asignada al segmento central de los 13 segmentos de un canal de TDT, este segmento contiene el denominado canal one-seg, esta clasificación de receptores one-seg está destinada a equipos portátiles de dimensiones de pantalla reducida, normalmente hasta 7 pulgadas como teléfonos celulares, asistente digital personal (PDA), televisores portátiles o para automóviles(Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

Acorde a la norma técnica, la ciudad de Guayaquil se encuentra en el área de operación independiente G1, cuya área de operación zonal es: Guayaquil, Samborondón, Yaguachi Nuevo, Milagro, Daule y Eloy Alfaro (Durán)(ARCOTEL, 2015).

Se considera en la norma técnica, si el beneficiario de un canal físico de TDT es concesionario de un canal de televisión abierta analógica el número del canal virtual que se le asigne será igual al número del canal asignado para televisión abierta analógica.

## CAPÍTULO 3: EQUIPAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO

### 3.1 Equipos y elementos necesarios para recepción y distribución de señal de TDT

#### 3.1.1 Antenas de recepción

Para la recepción de señales de televisión en la banda de UHF existe una amplia variedad en el mercado, las hay para interiores y para exteriores, se revisaron algunas antenas.

**Antena de interior de base magnética.** Es una antena muy pequeña para aplicaciones en interiores que no requiere de mucho espacio, opera en un rango de frecuencias de 174 a 862 MHz y tiene una ganancia de 3.5 dBi



Figura 3.1: Antena de interior de base magnética  
Fuente: (Mercado Libre, 2018)

**Antena de interior Greentek UVR-AV185.**- es una antena activa de 75 ohmios para recepción de señales en interiores, opera en un rango de frecuencias de 47 a 862 MHz, y tiene una ampliación de 25 dB para UHF.



Figura 3.2: Antena de interior Greentek UVR-AV185  
Fuente:(Amazon, 2018)

**Antena de exterior Volteck ANDO-4.-** es una antena pasiva de 75 ohmios para recepción de señales en exteriores, opera en un rango de frecuencias de 45 a 860 MHz, y tiene una ganancia de 2 dB para UHF.

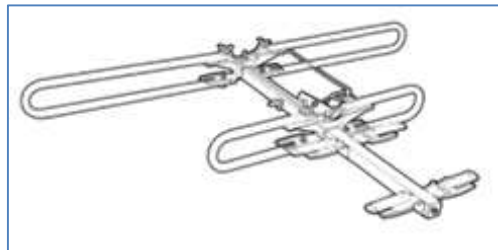


Figura 3.3: Antena de exterior Volteck ANDO-4  
Fuente:(Truper, 2018)

**Antena de exterior Volteck ANGI-360.-** es una antena activa de 75 ohmios para recepción de señales en exteriores, opera en un rango de frecuencias de 45 a 860 MHz, y tiene una ganancia de 32 dB para UHF, adicionalmente cuenta con un motor giratorio a control remoto.



Figura 3.4: Antena de exterior Volteck ANGI-360  
Fuente:(Volteck, 2018)



### 3.1.2 Splitter

Un splitter es un divisor de la señal que viene por medio de cable coaxial, en el caso de las señales de televisión, ingresa una señal de RF y la misma señal se divide y es transmitida a un número de salidas determinado, agregando una pérdida en este proceso, los splitter más comunes son de 1 a 2, 1 a 3, 1 a 4 y 1 a 8.

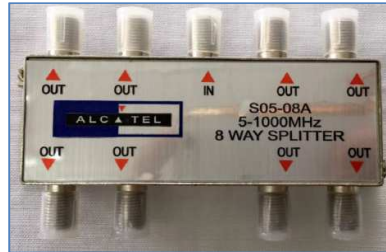


Figura 3.5: Splitter 1 a 8  
Fuente: (Mercado Libre, 2018)

## 3.2 Equipos para decodificación de la señal de TDT

### 3.2.1 Equipo decodificador de ISDB-Tb

Con la finalidad de realizar una correcta visualización de las señales de TDT, se requiere utilizar un equipo decodificador que para el efecto se propone que sea un equipo set top box que decodifique las señales del estándar ISDB-Tb adoptado por Ecuador, y que cumpla al menos con las siguientes características técnicas, las cuales son concordantes con la Resolución ARCOTEL-2016-0098:

- Búsqueda de canales automática
- Búsqueda de canales manual
- Capacidad de almacenamiento de al menos 160 canales
- Soporte de formatos: 1080i, 720p, 525p, 525i
- Soporte de EPG (Guía de programación)
- Mando a distancia con control de encendido – apagado, modificación de volumen del audio, cambio secuencial de canales, acceso a EPG y funciones numéricas del 0 al 9
- Entrada externa de antena: Tipo F, 75 ohmios, desbalanceado
- Relación de aspecto: 4:3, 16:9

- Soporte de EPG (Guía de programación)
- Banda de operación en UHF del canal 14 al 51
- Ancho de banda de cada canal de 6 MHz
- Desmapeo: 16QAM y 64 QAM
- Numeración de canal virtual
- 1 salida de antena (passthrough)
- 1 salida de audio y video (RCA)
- 1 salida de video HDMI
- Codificación de audio MPEG-4 AAC
- Idioma: español
- Alimentación eléctrica de 120 VAC; 60 Hz

Considerando las características técnicas mencionadas, se ha verificado que el equipo Mundy Home DEC-012B cumple con lo solicitado, siendo este equipo el que se incluye como parte del diseño y que además se ha utilizado para realizar pruebas de campo, las cuales se detallan en el capítulo 4.



Figura 3.6: Decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B  
Fuente: (SUKASA, 2018)



Figura 3.7: Decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B, panel posterior  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 3.8: Mando a distancia de decodificador de ISDB-Tb Mundy Home DEC-012B  
Fuente:(SUKASA, 2018)

Tabla 3.1: Características técnicas de STB Mundy Home DEC-012B

|   |  |
|---|--|
| Características                                   | Receptor para televisores ISDB-T                                 |
|   | USB para grabar y reproducir archivos multi-media                |
|   | Soporta formatos: 1080i, 720p, 576p, 576i                        |
|   | Menús de fácil uso   |
|   | Relación de aspecto (4:3, 16:9)                                  |
|   | Buscador de canales automático y manual                          |
|   | Soporta EPG  |
|   | Canales favoritos  |
|   | Soporta teletexto, subtítulos, y selección de lenguajes de audio |
|   | Almacena hasta 1000 canales                                      |
|   | Control remoto con varias funciones                              |
|   | 1 entrada coaxial para antena                                    |
|   | 1 entrada coaxial RF   |
|   | HDMI   |
|   | 1 salida para audio y video                                      |
| Alimentación: DC 5V/2A                            |  |
| Marca   | Mundy Home   |
| Color   | Negro  |
| Garantía  | 6 meses  |
| Dimensiones del producto (alto/ancho/profundidad) | 4.7 x 17 x 9.5 cm  |

Fuente:(SUKASA, 2018)

Adicionalmente se pudo encontrar otro equipo STB de marca Maxitec, modelo diTv 168, cuyas características de operación son similares al modelo de Mundy Home, siendo un equipo comercialmente utilizado en la ciudad de Guayaquil, el cual también puede cumplir con las necesidades del sistema de monitoreo.



Figura 3.9: Decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTV 168  
Fuente: (SUKASA, 2018)



Figura 3.10: Decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTV 168, panel posterior  
Fuente:(SUKASA, 2018)



Figura 3.11: Mando a distancia de decodificador de ISDB-Tb Maxitec diTV 168  
Fuente:(SUKASA, 2018)

Tabla 3.2: Características técnicas de STB Maxitec diTV 168

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Características                 | Receptor de Televisión Digital Terrestre de alta definición con estándar: ISDB-T          |
|                                 | Decodificación de Video: MPEG-2 MP@ML / MPEG-4, H.264 SD&HD                               |
|                                 | Decodificación de Audio: MPEG Layer 1 & 2, Dolby Digital                                  |
|                                 | Salida de Video: HDMI / RCA-Video Composite / Y Pb Pr – Video Componente / Coaxial 75ohm. |
|                                 | Salida de Audio: HDMI / RCA – Audio Análogo / Coaxial Digital                             |
|                                 | Soporta video en formato: AVI, MPG, VOB, MPEG, DIV  |
|                                 | Resolución de video: 1080P/ 1080i/ 720P/ 720i/ 576  |
|                                 | Idiomas de menú: Español y Multiple-Lenguajes   |
|                                 | Capacidad de sintonía de canales: 1000 canales  |
|                                 | Función de grabación: PVR – USB   |
| Relación de Aspecto: 4:3 y 16:9 |   |

|  |  |
|--|--|
|  | Guía de programación: Soporta EPG.   |
|  | Alimentación de energía: AC 90-220V  |
|  | Accesorios incluidos:<br>- Cable HD-OUT<br>- Cable RCA<br>- Antena receptora<br>- Control remoto |
| Color  | Negro  |
| Dimensiones del producto<br>(alto/ancho/profundidad) | 4 x 17 x 9.5 cm  |

Fuente:(SUKASA, 2018)

### 3.3 Equipos para grabación y monitoreo de la señal de TDT

#### 3.3.1 Equipo de grabación de video digital

De la investigación realizada, no existe en el mercado una gran variedad de equipos DVR que cumplan con lo requerido, es decir se requiere que el sistema en un inicio tenga la posibilidad de grabar 24 señales de audio y video de manera continua, dejando 3 canales libres para expansión a corto plazo y con la finalidad de tener capacidad a mediano y/o largo plazo se requiere de un equipo DVR que permita la posibilidad de grabar 32 señales de audio y video, considerando esto se propone utilizar 2 equipos DVR que permitan la grabación de 16 canales de audio y video cada uno, inicialmente conectando 12 canales en cada uno.

Un equipo que cumple con lo requerido y se sugiere utilizar es el DVR Samsung SRD-1670D, el cual posee las siguientes características:

Tabla 3.3: Características técnicas de DVR Samsung SRD-1670D

| CARACTERISTICA   |
|--|
| Entradas - 16 video compuesto 0.5-1 Vp-p, 75 ohm (conector BNC)                |
| Entradas – 4CHbuilt-in + 12CH con cable de extensión (conector RCA) para audio |
| Tasa de cuadros - NTSC : 480fps / PAL : 400fps                                 |
| Multi Pantalla - 1 / 4 / 6 / 8 / 9 / 13 / 16 / PIP                             |
| Sistema Operativo Embebido – Linux   |

|  |
|--|
| Compresión - H.264   |
| Modo Sobre escritura – Continuo  |
| Mod de búsqueda - Fecha/Hora, Evento, Respaldo, Pos, Movimiento  |
| Función de reproducción – Adelanto/Retroceso rápido, Adelanto/Retroceso lento, Adelanto/Retroceso en pasos |
| Max. Usuarios remotos - Búsqueda 3 / Live unicast 10 / Live multicast 20                                   |
| Monitoreo - NET-i viewer, SmartViewer, Webviewer; Smart Phone - Android, i-Phone                           |
| DVD Writer (respaldo) – SI   |
| USB (respaldo) - 3 puertos USB   |
| Formato de archivo (respaldo) - AVI, BU (DVR player), EXE (Incluye reproductor)                            |
| Password de Protección - 1 Admin, 10 Group, 20 User per 1 group  |
| VGA - 1 VGA (800 x 600, 1024 x 768, 1280 x 1024)   |
| HDMI - resolución 480p / 720p / 1080p  |
| Ethernet - 1 RJ-45 10/100/1000 Base-T  |
| Interface Serial - RS-232/RS-485 para PTZ, Teclado Samsung   |
| eSATA - 2 puertos SATA externos hasta 1 TB   |
| Soporte de Aplicaciones - Mouse, control remoto  |
| Voltage / Current entrada - 100 ~ 240V AC ±10%, 50/60Hz, autorango   |
| Consumo de potencia - Max. 60W (Con 1x HDD)  |
| Temperatura / Humidad de operación - +0°C ~ +40°C (+32°F ~ +104°F) / 20% ~ 85% RH                          |

Dimensiones (WxHxD) - 440.0 x 88.0 x 426.8mm

Peso (Con HDDs) - Approx. 7.5Kg

Fuente:(E-Bay, 2018)



Figura 3.12: DVR Samsung SRD-1670D

Fuente:(E-Bay, 2018)

Una segunda opción es el equipo DVR Tribid HCVR de 16 canales, el cual también cumple con los requisitos del sistema y posee las siguientes características:

Tabla 3.4: Características técnicas de DVR Tribid

| CARACTERISTICA   |
|--|
| Entradas - 16 entradas de video (conector BNC)                   |
| Entradas - 16 entradas de audio (conector RCA)                   |
| Entradas – 8 cámaras IP  |
| Resolución : 1920x1080, 1280x1024, 1280x720, 1024x768            |
| Multi Pantalla - 1, 4, 8, 9, 16, 25 canales                      |
| Sistema Operativo Embebido – Linux                               |
| Codificación - H.264/H264+                                       |
| Modo escritura – Continuo, calendario/hora, sensor de movimiento |

|  |
|--|
| Mod de búsqueda - Fecha/Hora, alarma, movimiento   |
| Función de reproducción – Adelanto, pausa, retroceso, adelanto rápido, adelanto lento, siguiente/previo archivo. |
| Max. Usuarios remotos - 10   |
| Monitoreo –teléfonos y tabletas Android, i-Phone, iPad, PC, Mac  |
| Respaldo: USB, Red   |
| USB (respaldo y mouse) - 2 puertos USB   |
| Salida de video VGA - 1  |
| Salida de audio/video HDMI – 1   |
| Ethernet - 1 RJ-45 para conexión a la red  |
| Interface Serial - RS-485 paracamara PTZ   |
| SATA - 1 puerto hasta 8 TB   |
| Fuente de energía - DC12V 2A   |
| Consumo de potencia - <15W (sin HDD)   |
| Operación - +14°F - +131°F), 0-90% RH  |
| Dimensiones - 12.8" x 10" x 2.2"   |
| Peso (SinHDDs) - 3.5 libras  |

**Fuente:**(CCTV CAMERA WORLD, 2018)





Figura 3.13: DVR Tribrid  
Fuente:(CCTV CAMERA WORLD, 2018)

### 3.3.2 Equipo de visualización (Televisor)

Para la visualización de imágenes ya sea en vivo o en directo se ha optado por un televisor de 43 pulgadas, el cual contenga al menos 2 puertos HDMI para conectar un DVR en cada puerto un ejemplo de televisor que cumple con las características requeridas es el televisor Samsung UN43J5200DHCZE:

Tabla 3.5:Características técnicas de Televisor UN43J5200DHCZE

| CARACTERISTICA                     |
|------------------------------------|
| Pantalla : 43"                     |
| Tipo : LED                         |
| Resolución : 1920x1080             |
| Puertos HDMI : 2                   |
| Puertos USB : 1                    |
| WifiDirect                         |
| Audio : Dolby Digital Plus         |
| Video : Wide Color Enhancer (Plus) |

Fuente:(VIVEWOW, 2018)



*Figura 3.14: Televisor UN43J5200DHCZE*  
**Fuente:**(VIVEWOW, 2018)

### **3.4 Elementos adicionales necesarios para el sistema de monitoreo**

#### **3.4.1 Cable coaxial**

Los cables coaxiales son cables que constan en su núcleo de un hilo conductor hecho de cobre, dicho núcleo está recubierto por un material aislante, sobre este una malla metálica y finalmente una chaqueta aislante.

Para transportar la señal de radiofrecuencia RF desde la antena hacia los receptores STB, se utilizará cable RG-6 de 75 ohmios, el cual es ampliamente utilizado en aplicaciones de recepción de señales de TV por su flexibilidad y desempeño, y opera en frecuencias superiores a 50 MHz hasta frecuencias superiores a 2 GHz, considerando que las señales de UHF se encuentran dentro de este rango.

En el mercado también existe el cable RG-59 para estas aplicaciones, operan en frecuencias superiores a 2 GHz e inferiores a 50 MHz, sin embargo es un cable que contiene un núcleo más delgado que el RG-6 lo que en largas distancias implica una atenuación mayor de la señal.



*Figura 3.15: Cable Coaxial RG-6*  
**Fuente:**(Disensa, 2018)

### **3.4.2 Cable de audio y video**

Son elementos conductores que permiten llevar las señales de audio estéreo y video compuesto, normalmente vienen en grupo de 3 cables con 3 terminales tipo RCA, con una combinación de colores amarillo, blanco y rojo, el cable con terminal amarillo es para video compuesto, y los cables blanco y rojo son para los 2 canales de audio, los 3 cables poseen las mismas características, solo se diferencian por el color, por lo tanto los colores son solamente utilizados por un tema de ordenamiento.

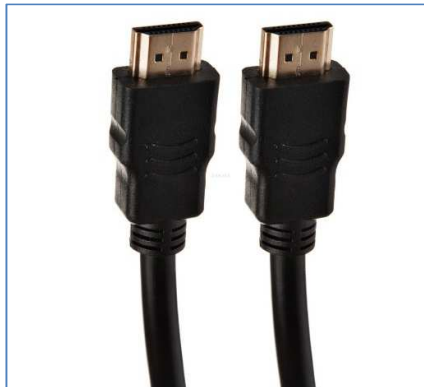
Como se observó en el punto 3.3.1, los equipos de grabación DVR poseen una entrada de video y solo una entrada de audio por canal de monitoreo, por lo tanto solo se requiere de 2 cables individuales para cada canal, por lo tanto el cálculo de cables de audio y video se lo hará con esta consideración.



*Figura 3.16: Cable de audio y video con terminales RCA*  
**Fuente:**(Mercado Libre, 2018)

### **3.4.3 Cable HDMI**

El cable HDMI fue diseñado para poder transmitir señales de audio, video en HD y datos, todo esto por el mismo cable, la función principal de este cable es transmitir la información desde un dispositivo a otro.



*Figura 3.17: Cable HDMI*  
**Fuente:**(Mercado Libre, 2018)

### **3.4.4 Cable UTP**

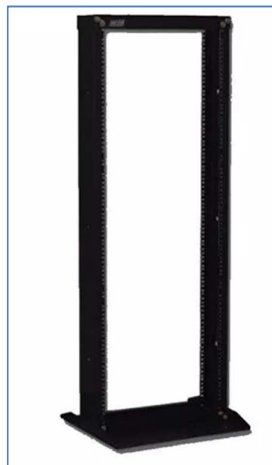
El cable UTP, es el más utilizado en redes de área local, consta de 4 pares de par trenzado, posee varias categorías, entre las más utilizadas están las categorías 5, 6 y 7, los cuales se diferencian principalmente por el ancho de banda que permiten utilizar, en el presente proyecto se requiere transmitir hasta 15 Mbps con el DVR Samsung SRD-1670D (SAMSUNG, 2018), se utilizará el cable UTP categoría 6, el cual permite transmisiones de hasta 1000 Mbps.



*Figura 3.18: Cable UTP Cat-6*  
**Fuente:**(Mercado Libre, 2018)

### 3.4.5 Rack

En el ámbito de las telecomunicaciones, los racks son ampliamente utilizados ya que permiten mantener de manera ordenada y segura los diferentes equipos de telecomunicaciones, cableado y demás elementos de cada sistema, existen una gran variedad de racks, de piso, aéreos, abiertos, cerrados, etc., en el presente proyecto se sugiere la utilización de un rack de piso abierto de 19" y de 24 unidades de rack (UR) de espacio, donde una unidad de rack equivale a 4.44cm.



*Figura 3.19: Rack de piso abierto de 19" y 24 UR*  
**Fuente:**(Mercado Libre, 2018)

El rack debe venir acompañado de las bandejas, que para el presente caso serán seis bandejas de 19" con 40 cm de fondo, puesto que en cada

bandeja entran 4 STB, esto significa un uso de 12 UR del rack, en total se requiere la adquisición de siete bandejas, una quedará para crecimiento futuro.



Figura 3.20: Bandeja para rack de 19"  
Fuente:(Mercado Libre, 2018)

Finalmente se debe considerar el número de tomas eléctricas que se necesitaran en los equipos que se colocaran en el rack, todos los equipos son de 120 VAC, se necesita 28 tomas eléctricas, 2 para DVRs, 1 para el televisor, 1 para la antena activa y 24 para losSTBs, por lo que se necesita 3 multi-tomas eléctricas para rack de 19", las cuales vienen con 11 tomas eléctricas cada una y ocupan 2 UR cada una, de esta manera quedan libres 5 tomas eléctricas.



Figura 3.21: Multi-toma eléctrica para rack de 19"  
Fuente:(Mercado Libre, 2018)

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS

### 4.1 Mediciones de las señales de TDT

#### 4.1.1 Equipo de medición del espectro

Con la finalidad de obtener los valores del nivel de señal de recepción, la tasa de error de modulación (MER) y visualizar el diagrama de constelaciones de las señales de las estaciones de TDT, se utilizó el equipo analizador de espectro modelo ETH de marca Rohde&Schwarz, el cual es un equipo analizador de espectro con un módulo de análisis de señales de ISDB-T este equipo es propiedad de la ARCOTEL.



*Figura 4.1: Analizador de espectro ETH de Rohde&Schwarz*  
**Fuente:**(Rohde & Schwarz, 2018)

El equipo ETH de Rohde&Schwarz es un equipo portátil que permite realizar mediciones en un rango de frecuencias de 30 MHz a 3.6 GHz, siendo el caso que las señales de TDT en Ecuador se encuentran en la banda de frecuencias UHF, el equipo es óptimo para este tipo de mediciones.

El equipo permite medir entre otros parámetros, nivel intensidad de campo eléctrico de la señal, tasa de error de modulación (MER), tasa de error de bit (BER), tasa de transmisión de bit MPEG (MPEG TS bitrate); así como también permite visualizar la gráfica de constelación de la modulación, ya sea QPSK, 16 QAM o 64 QAM, grafica de patrón de eco en la cual se puede observar la señal o señales recibidas en la frecuencia determinada en referencia al intervalo de guarda configurado en el

transmisor de TDT y finalmente la gráfica de frecuencia contra nivel de señal, mostrando en todos los casos la coordenada geográfica donde se realiza la medición, esto gracias al GPS incluido con el equipo; y la frecuencia central en la que se configura la medición.

#### 4.1.2 Antena para medición del espectro

Para realizar las mediciones de nivel de señal de la banda UHF de las señales de TDT, se ha optado por la antena dipolo A.H. Systems modelo FCC-4 SN 425, la cual permite receptor señales dentro del rango de frecuencias de 325 MHz a 1000 MHz, considerando que las señales de las estaciones de TDT a medir se encuentran entre los 512 MHz y 626 MHz, es una antena óptima para realizar una correcta recepción y medición de las señales.



Figura 4.2: Antena dipolo A.H. Systems modelo FCC-4 SN 425  
Fuente: (A. H. SYSTEMS, INC, 2018)

Tabla 4.1: Características de antena dipolo

| Características de antena dipolo A.H. Systems FCC-4 SN 425 |                    |
|--|--------------------|
| Rango de frecuencias                                       | 325 MHz - 1000 MHz |
| Pérdida de acoplador (BALUN)                               | <0.5 dB            |
| Máxima potencia continua                                   | 60 W               |
| Impedancia   | 50 ohmios          |
| Conector   | Tipo N, hembra     |
| Patrón de radiación  | Omnidireccional    |
| Polarización   | Horizontal         |

Fuente:(A. H. SYSTEMS, INC, 2018)



Tabla 4.2: Ganancia y configuración de antena dipolo A.H. Systems FCC-4 SN 425

| Frecuencia [MHz] | Longitud del Elemento [Pulgadas] | Factor de Antena [dB/m] | Ganancia [dBi] |
|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------|
| 500              | 5 ¼                              | 23.0                    | 1.24           |
| 525              | 4 15/16                          | 23.4                    | 1.22           |
| 550              | 4 ¾                              | 23.7                    | 1.32           |
| 575              | 4 ½                              | 23.9                    | 1.49           |
| 600              | 4 3/8                            | 24.4                    | 1.38           |
| 625              | 4 1/8                            | 25.3                    | 0.89           |
| 650              | 4                                | 25.5                    | 1.04           |

Fuente: (A.H. SYSTEMS, INC, 2010)

El valor de factor de antena se ha añadido al equipo receptor ETH para que permita que las unidades de intensidad de campo pasen de dBuV a dBuV/m y de esta manera los resultados sean comparables a la norma técnica

#### 4.1.3 Cable coaxial para mediciones

Para las mediciones del espectro, se utilizó el cable con el estándar RG-58U, dicho cable cuenta con las siguientes características:

Tabla 4.3: Características de cable RG-58U

| Características de cable RG-58U |                     |               |
|---------------------------------|---------------------|---------------|
| Material aislante               | 2.95 mm             |               |
| Chaqueta PVC                    | 4.95 mm             |               |
| Conductor                       | 20 Ga. AWG de cobre |               |
| Malla protectora                | 70% cobre estañado  |               |
| Impedancia nominal              | 53 ohmios           |               |
| Atenuación Nominal              | 1 MHz               | 0.40 dB/100'  |
|                                 | 10 MHz              | 1.20 dB/100'  |
|                                 | 50 MHz              | 2.90 dB/100'  |
|                                 | 100 MHz             | 4.20 dB/100'  |
|                                 | 200 MHz             | 6.00 dB/100'  |
|                                 | 500 MHz             | 10.17 dB/100' |

|  |          |               |
|--|----------|---------------|
|  | 1000 MHz | 16.50 dB/100' |
|--|----------|---------------|

Fuente:(CAROL BRAND, 2018)

#### 4.1.4 Ubicación geográfica de las mediciones

Se consideró realizar las mediciones de las señales de las estaciones de TDT en 3 sitios de recepción (Rx), dentro de la ciudad de Guayaquil, teniendo en cuenta que las emisiones de TDT de la ciudad se generan en el Cerro del Carmen, siendo este el punto de transmisión (Tx):

- En la Ciudadela Ietel, en la manzana 28, en la cual se encuentran las instalaciones de la Coordinación Zonal 5 de ARCOTEL, esto debido a que es el sitio en el que se propone se debe instalar el sistema de monitoreo.
- En un sitio cercano a del Cerro del Carmen, que sirve como una referencia de niveles de señal buenos, debido a que todas as estaciones de TDT tienen en operación sus transmisores en este lugar.
- En un sitio cercano de Cerro Azul, en el sector de Ceibos, que sirve como una referencia de niveles de señal degradados, debido a que es un lugar que posee obstrucciones en la línea de vista hacia el punto de emisión de señales de TDT que es Cerro del Carmen.

Tabla 4.4: Sitios de medición

| Punto No. | Sitio de recepción      | Latitud       | Longitud      |
|-----------|-------------------------|---------------|---------------|
| Rx1       | Cdla. Atarazana         | 02°10'36.57"S | 79°52'53.84"O |
| Rx2       | Cdla. Ietel, manzana 28 | 02°08'56.03"S | 79°53'51.37"O |
| Rx3       | Ceibos                  | 02°09'55.12"S | 79°56'11.66"O |

Fuente: Elaborado por el autor

Considerando que todos los transmisores de TDT se encuentran ubicados en el mismo cerro a pocos metros de distancia, de manera referencial se ha tomado la ubicación geográfica de un punto central del sitio de transmisión de señales de TDT en Cerro del Carmen:

Tabla 4.5: Sitio de transmisión de señales de TDT

| Punto No. | Sitio de transmisión | Latitud       | Longitud      |
|-----------|----------------------|---------------|---------------|
| Tx 1      | Cerro del Carmen     | 02°10'47.98"S | 79°52'54.25"O |

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación se muestra la ubicación de cada uno de los sitios sobre un mapa de la ciudad de Guayaquil del software Google Earth:

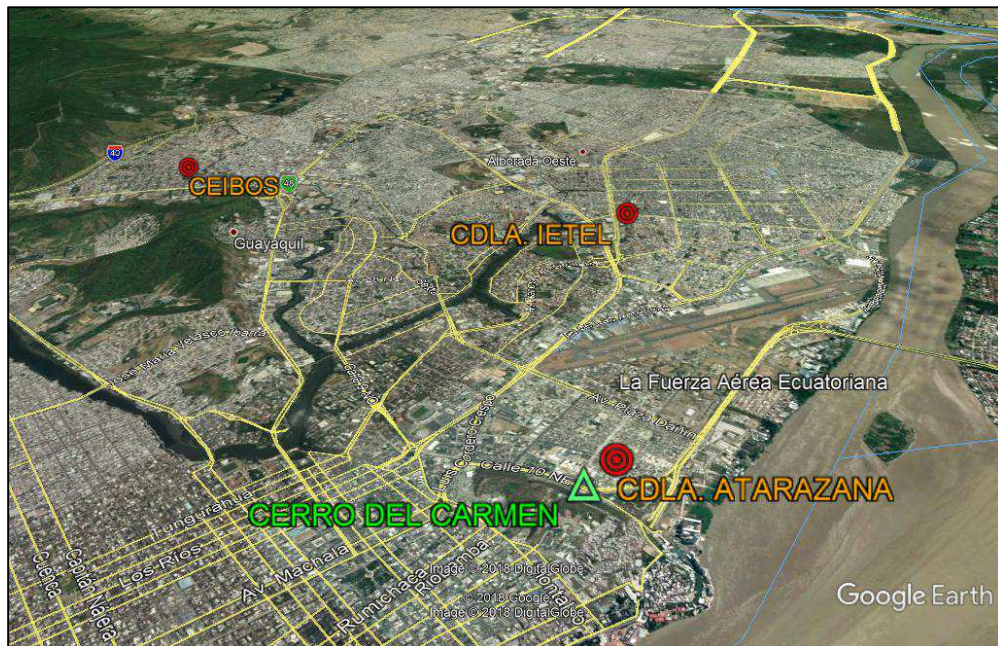


Figura 4.3: Ubicaciones geográficas de los sitios de medición.

Fuente: Elaborado por el autor

Para cada uno de los sitios se tienen situaciones diferentes de recepción, a continuación se muestran las gráficas de cada uno de los perfiles de elevación de la ruta de transmisión – recepción de la señal TDT.

En el perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Atarazana, se observa que existe línea de vista (LOS):





Figura 4.4: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Atarazana.  
 Fuente: Elaborado por el autor

En el perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Ietel, se observa que existe línea de vista:

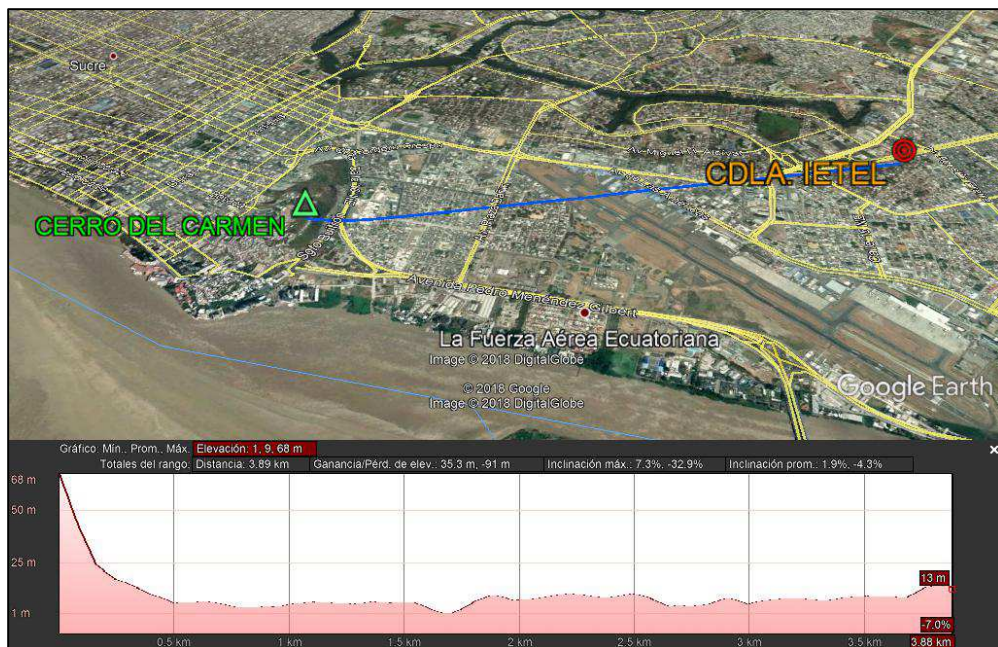


Figura 4.5: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y la Ciudadela Ietel.  
 Fuente: Elaborado por el autor

En el perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y Ceibos, se observa que no existe línea de vista, existe un cerro que causa una obstrucción de la señal, a 5.22 Km del sitio de transmisión:

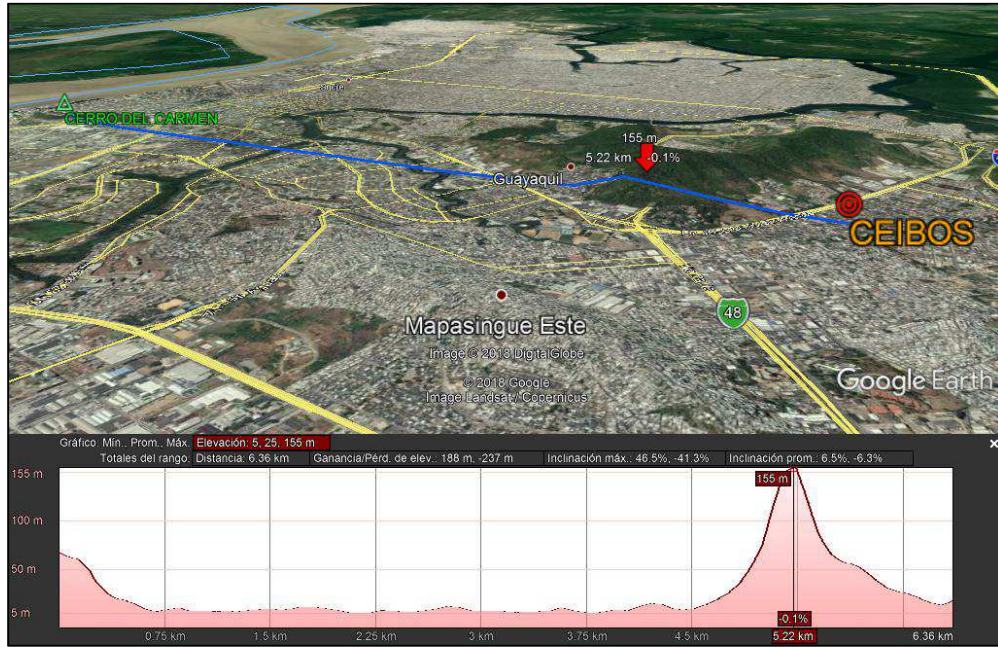


Figura 4.6: Perfil de elevación entre el Cerro del Carmen y Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

En resumen se tienen los siguientes escenarios:

Tabla 4.6: Escenarios de transmisión – recepción de señales de TDT

| Punto Tx | Altura SNM Tx | Punto Rx | Altura SNM Rx | Distancia Tx - Rx | LOS |
|----------|---------------|----------|---------------|-------------------|-----|
| Tx 1     | 68 m          | Rx1      | 8 m           | 0.372 Km          | SI  |
| Tx 1     | 68 m          | Rx2      | 13 m          | 3.68 Km           | SI  |
| Tx 1     | 68 m          | Rx3      | 18 m          | 6.35 Km           | NO  |

Fuente: Elaborado por el autor

#### 4.1.5 Mediciones de intensidad de campo, modulación, diagrama de constelación y MER

En los sitios mencionados se realizaron mediciones de parámetros técnicos y se tomaron gráficas de las señales de las estaciones de TDT de acuerdo al siguiente detalle:

- Intensidad de campo eléctrico [dBuV/m]
- Modulación
- Diagrama de Constelación
- Tasa de error de modulación - MER [dB]

Según lo indicado en “Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre”, en referencia a la intensidad de campo mínima a proteger, es de 51 dBuV/m, la cual se debe obtener utilizando antena en exteriores, por este motivo, todas las mediciones fueron realizadas con una antena de exteriores a 3 metros de altura sobre el nivel del suelo.

A continuación se muestran los resultados de las mediciones de intensidad de campo, modulación, MER y diagrama de constelación realizadas en cada punto:

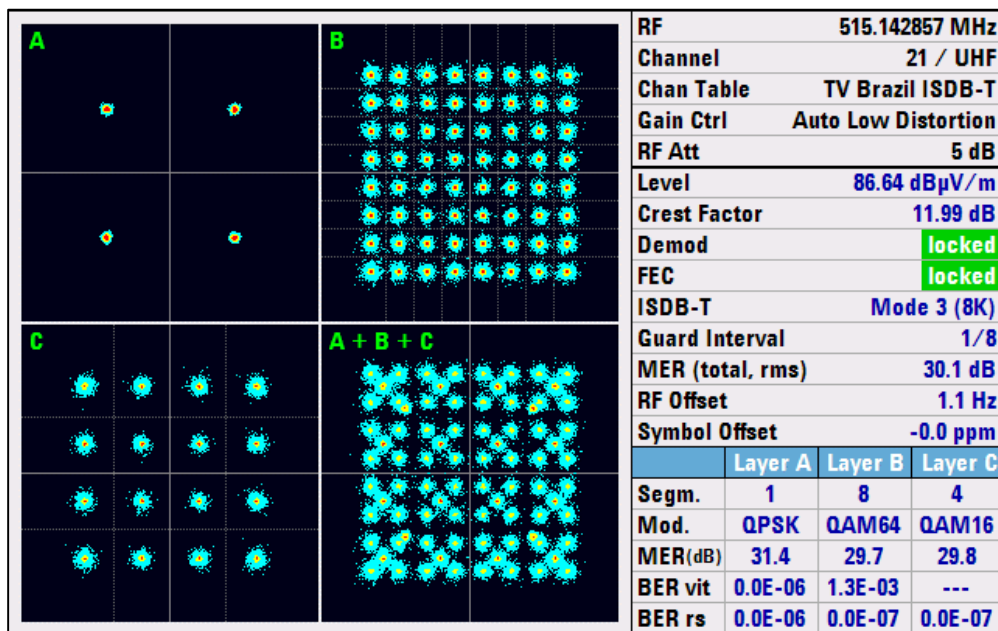


Figura 4.7: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor



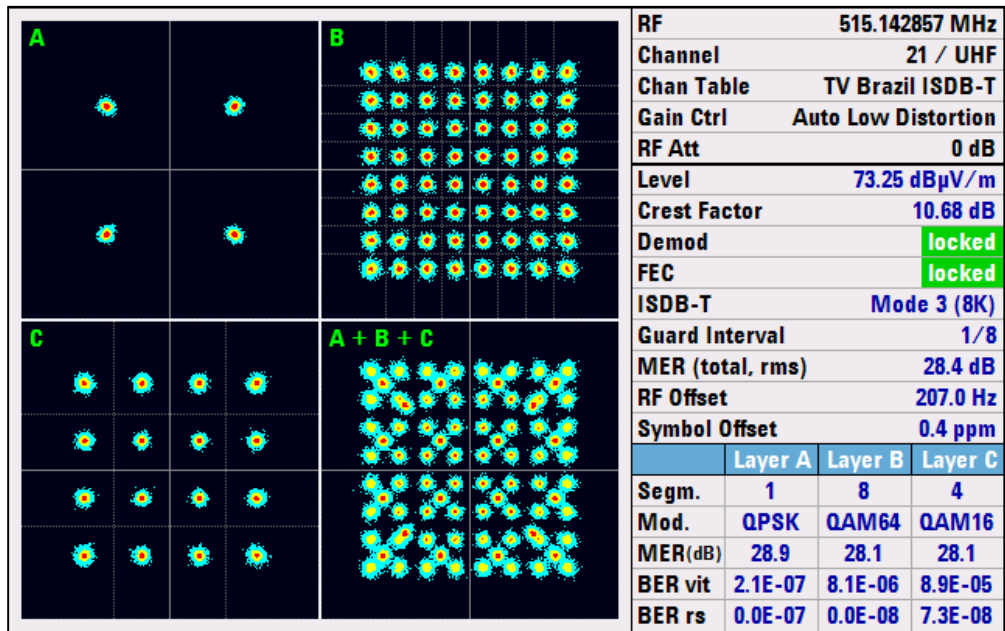


Figura 4.8: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en la Ciudadela Itelel.

Fuente: Elaborado por el autor

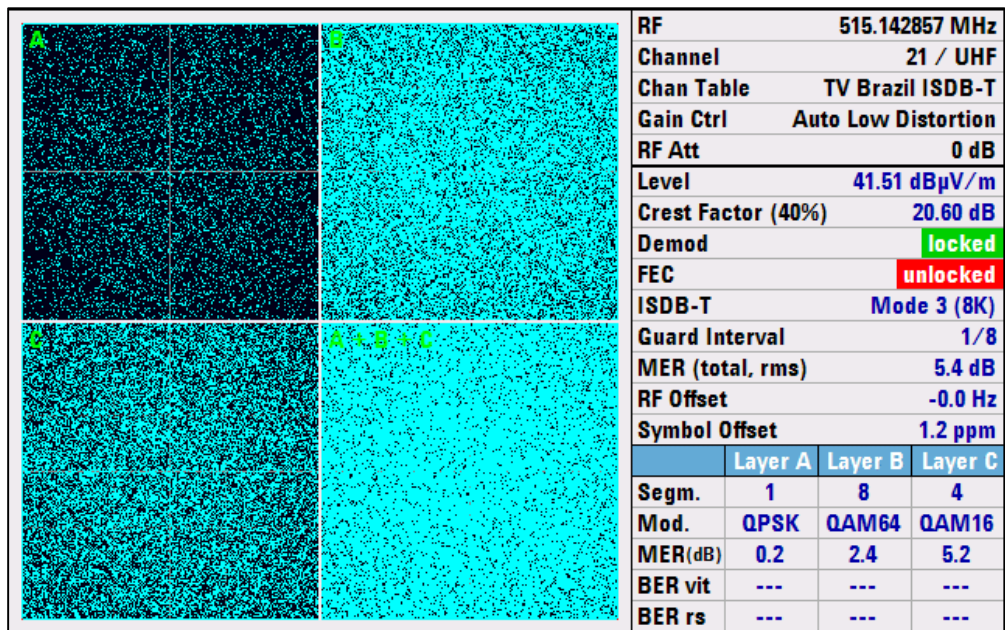


Figura 4.9: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 21 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

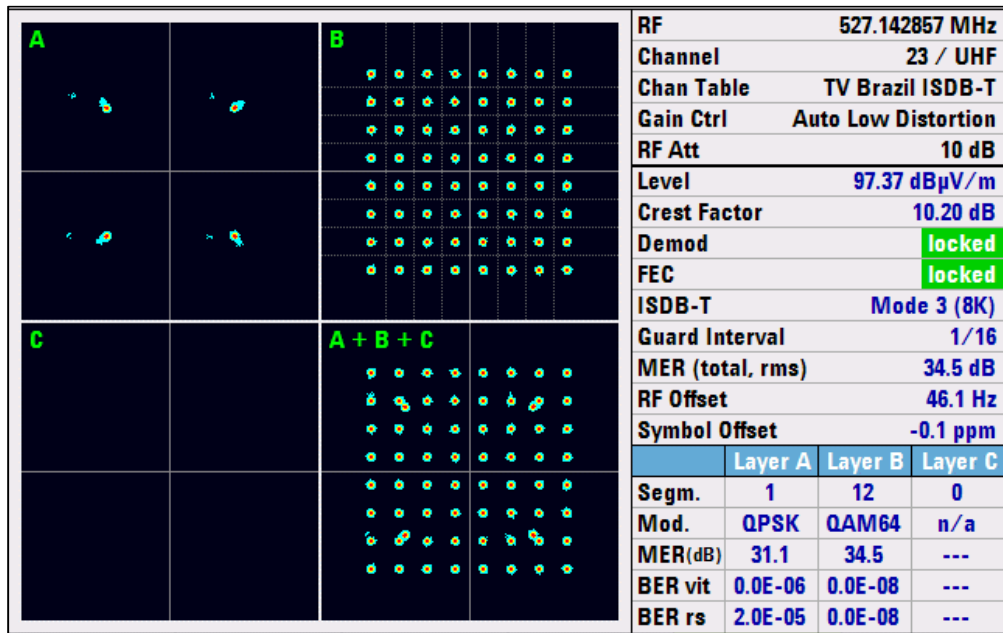


Figura 4.10: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

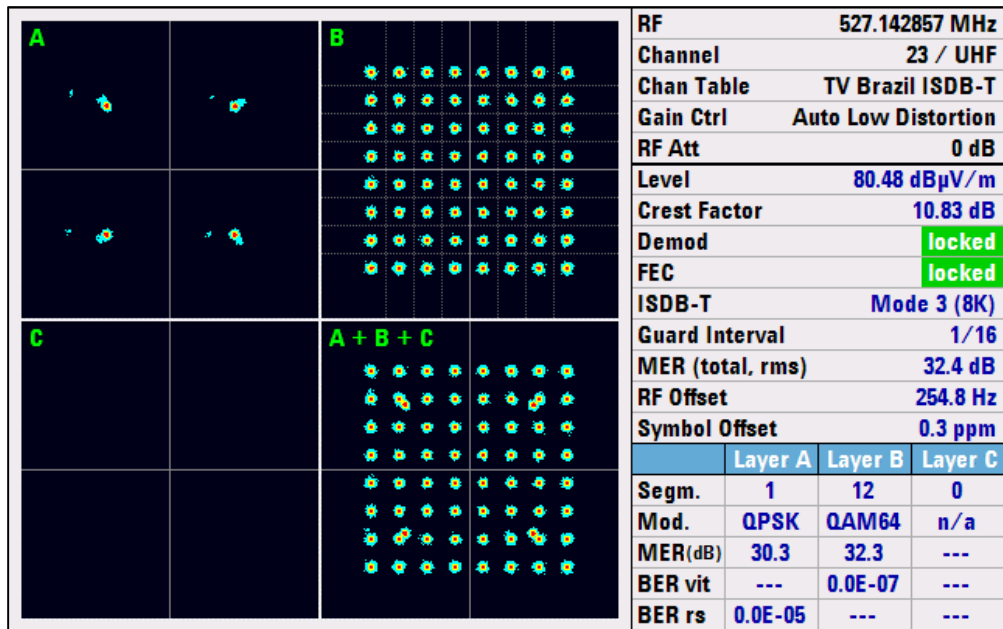


Figura 4.11: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en la Ciudadela Itelel.

Fuente: Elaborado por el autor



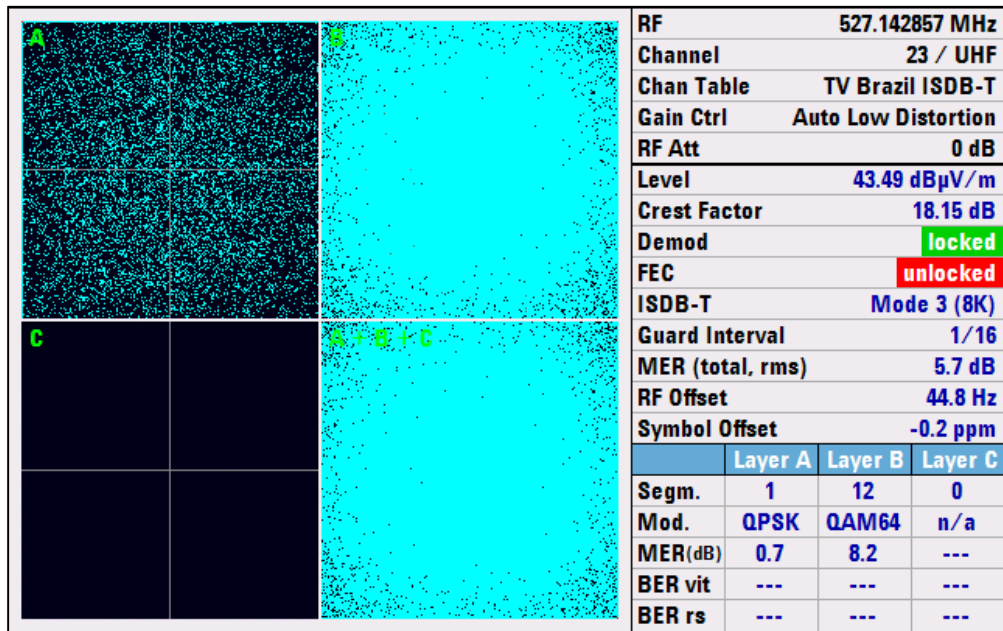


Figura 4.12: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 23 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

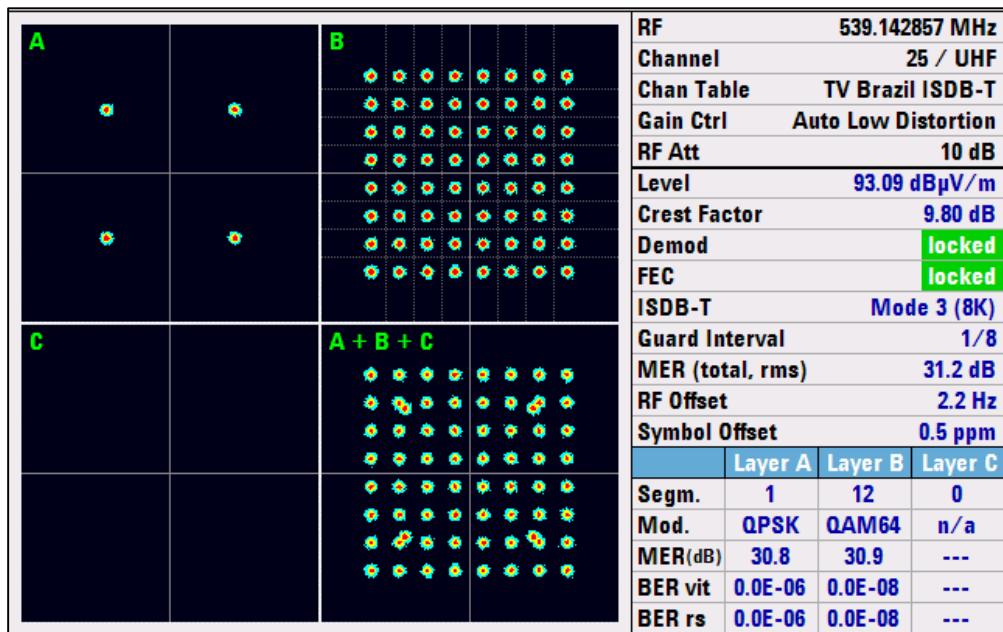


Figura 4.13: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

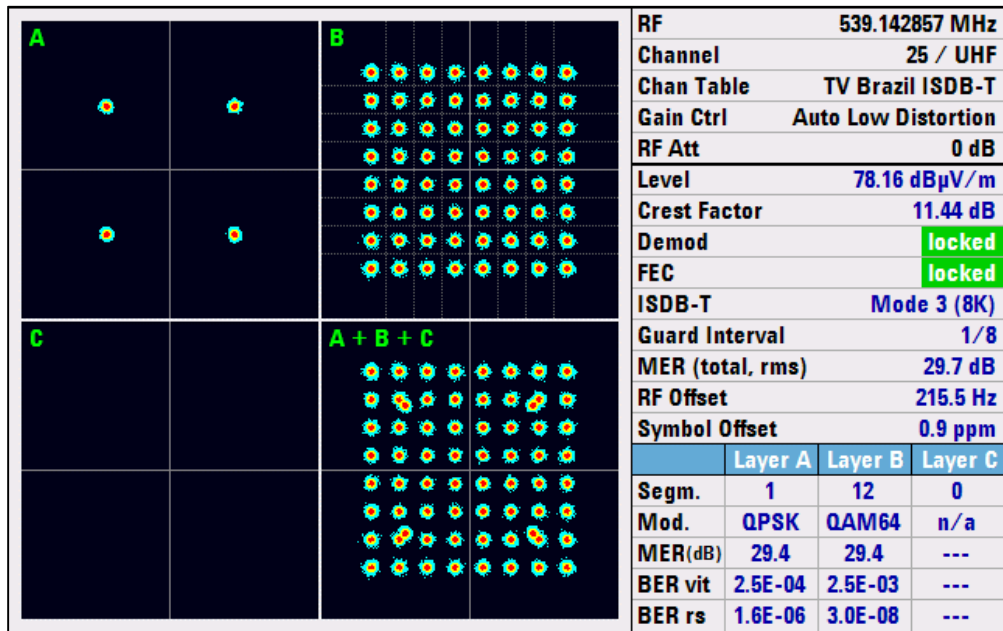


Figura 4.14: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en la Ciudadela Itelel.

Fuente: Elaborado por el autor

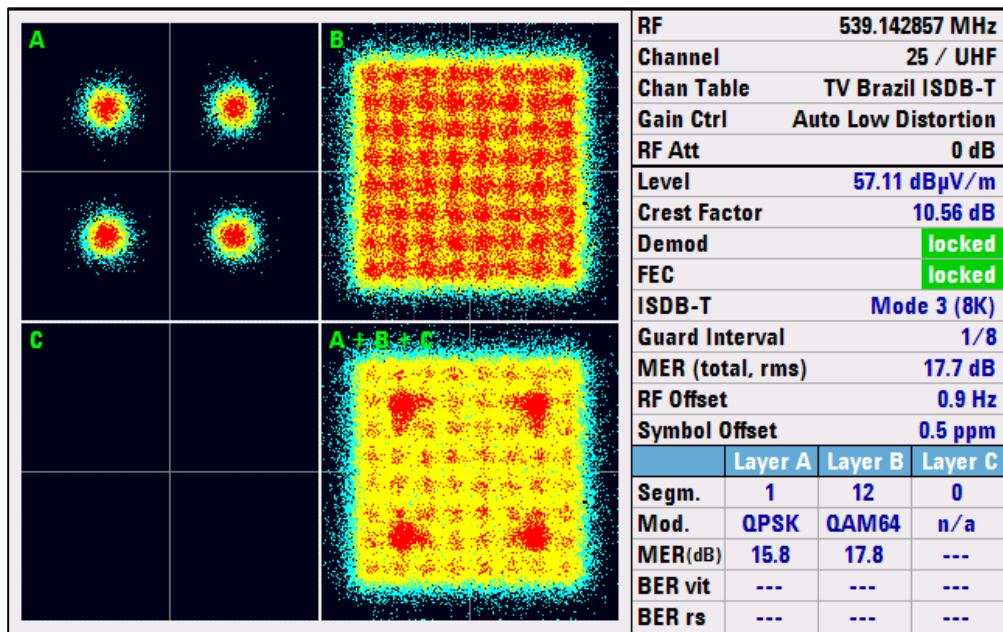


Figura 4.15: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 25 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

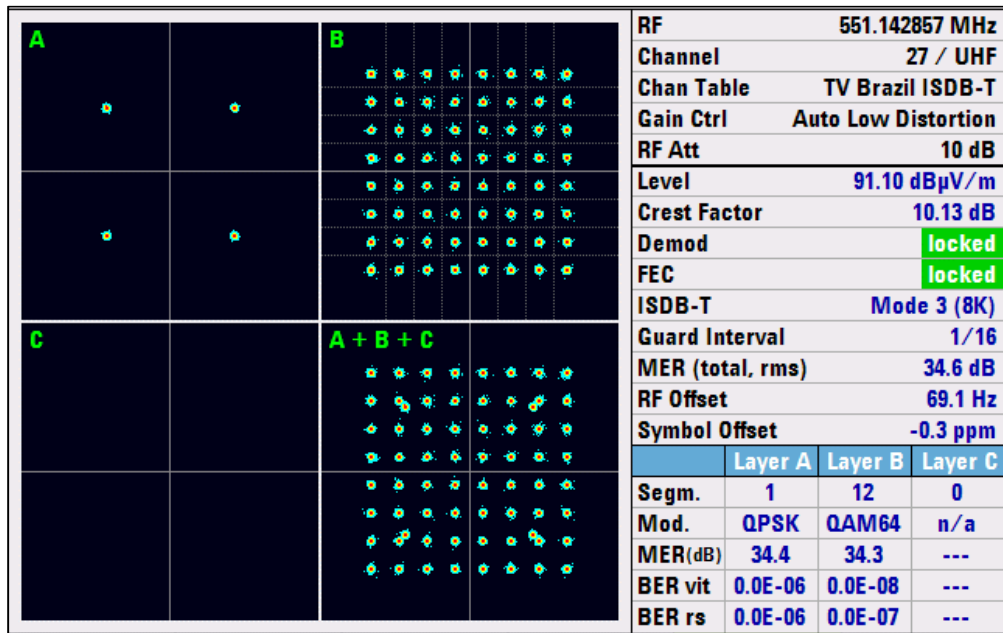


Figura 4.16: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

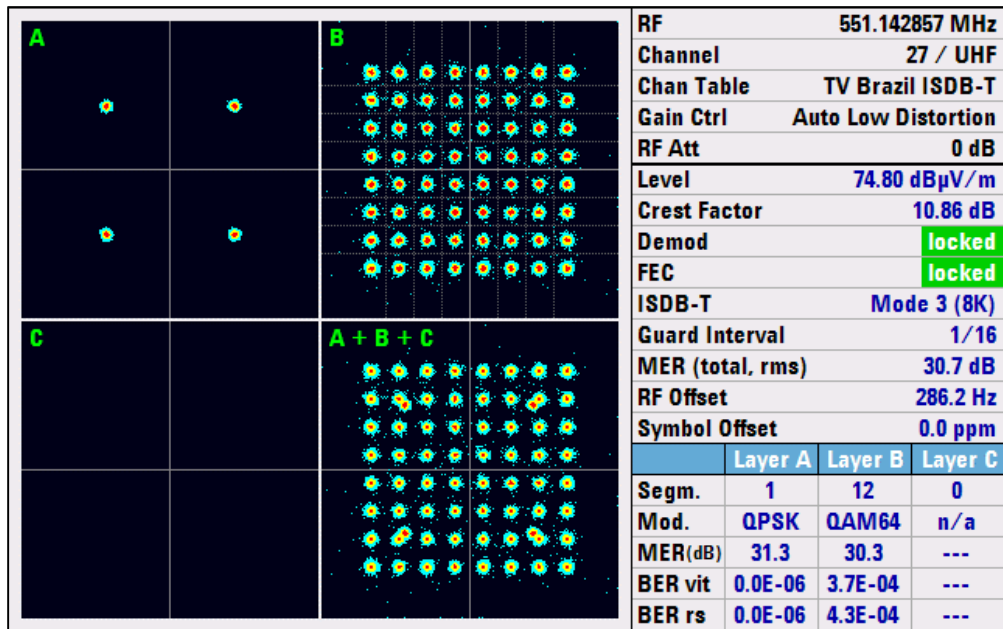


Figura 4.17: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en la Ciudadela Iteel.

Fuente: Elaborado por el autor

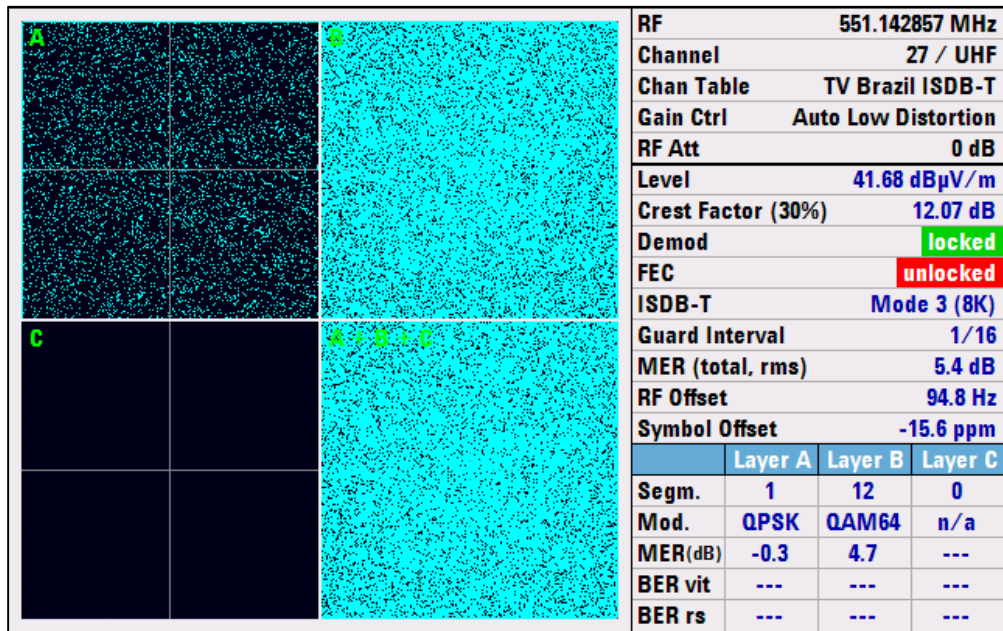


Figura 4.18: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 27 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

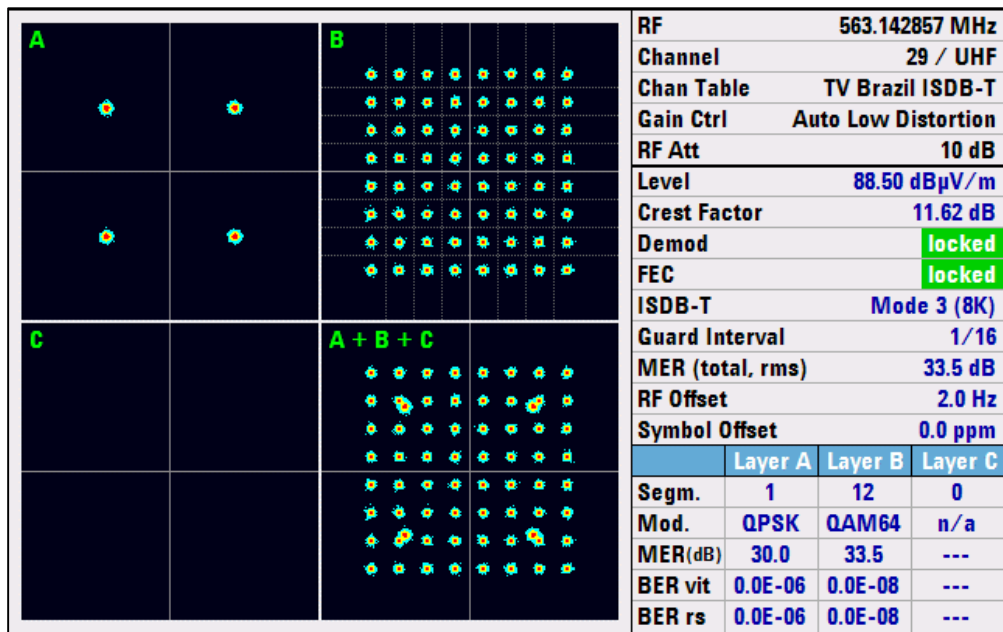


Figura 4.19: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

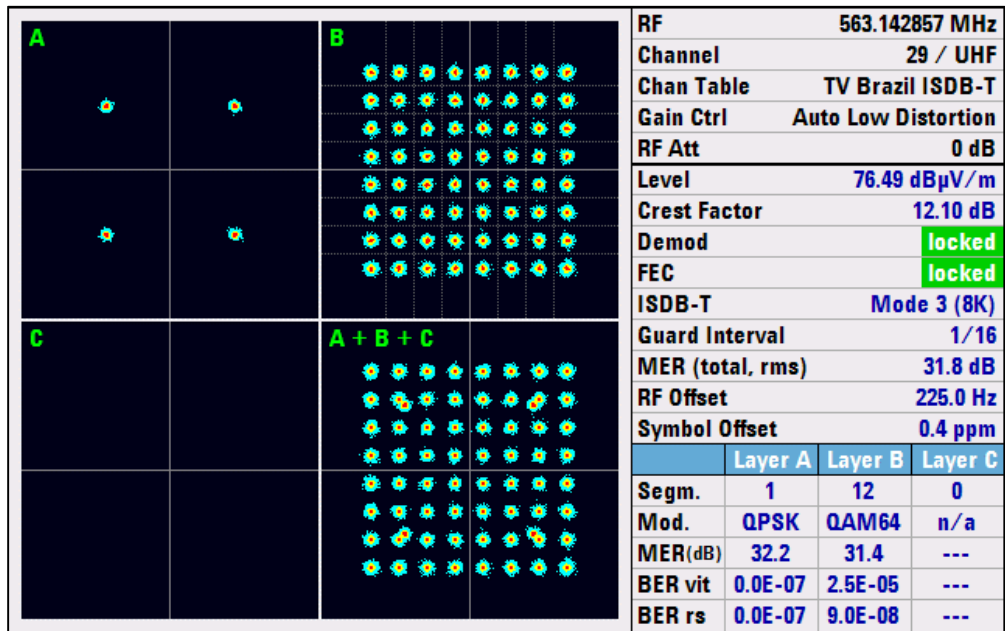


Figura 4.20: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en la Ciudadela Itelel.

Fuente: Elaborado por el autor

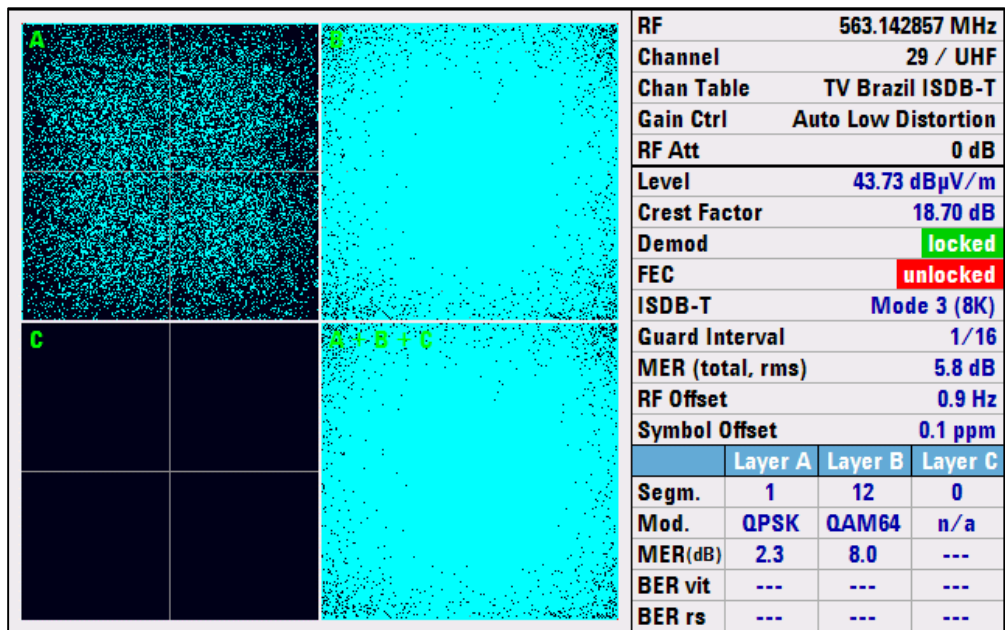


Figura 4.21: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 29 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor



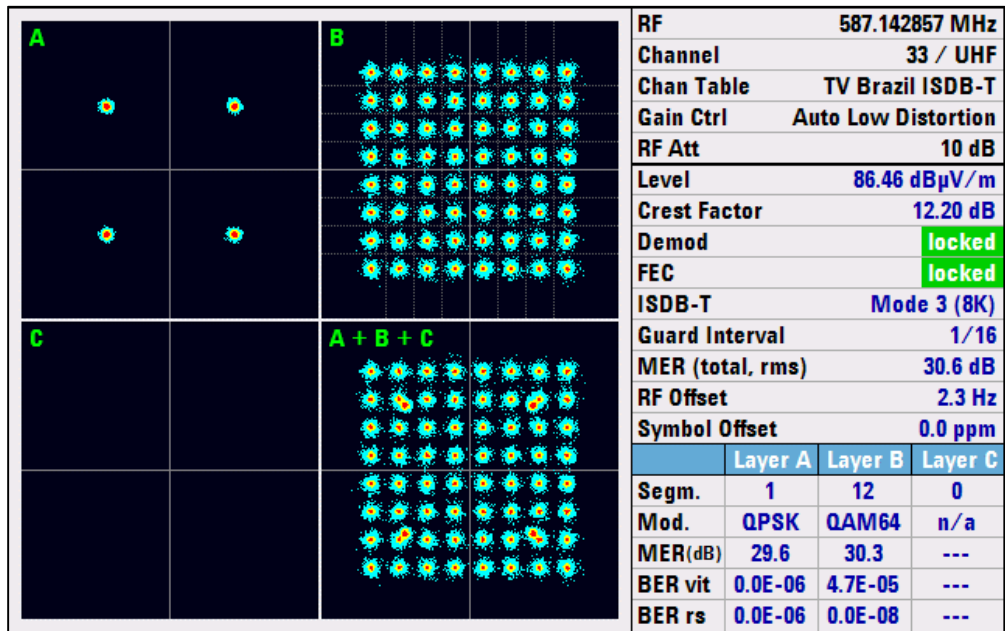


Figura 4.22: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

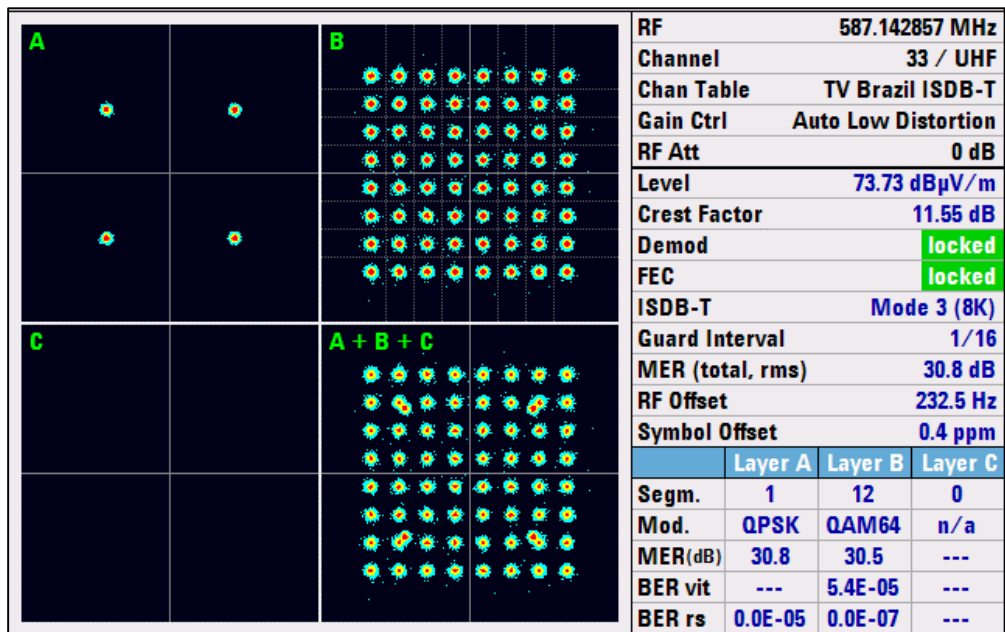


Figura 4.23: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en la Ciudadela Iteel.

Fuente: Elaborado por el autor

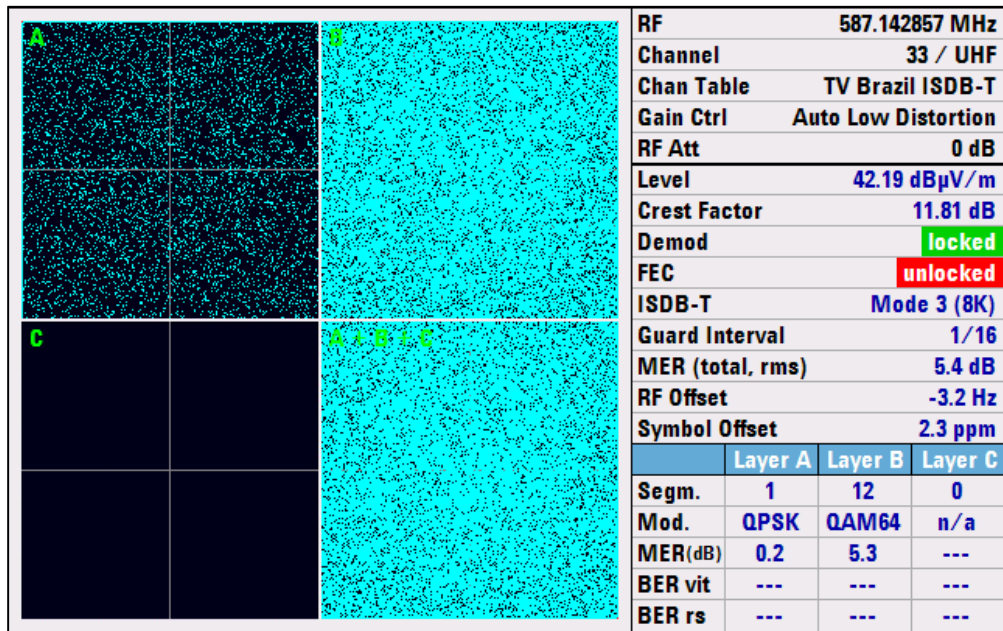


Figura 4.24: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 33 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.25: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.26: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en la Ciudadela Itelel.

Fuente: Elaborado por el autor

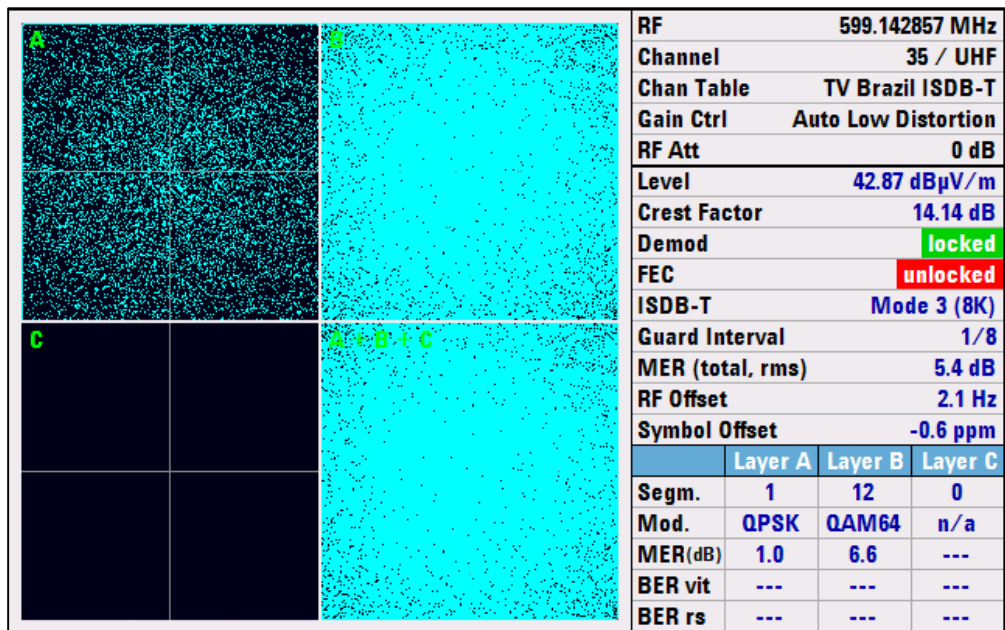


Figura 4.27: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 35 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor



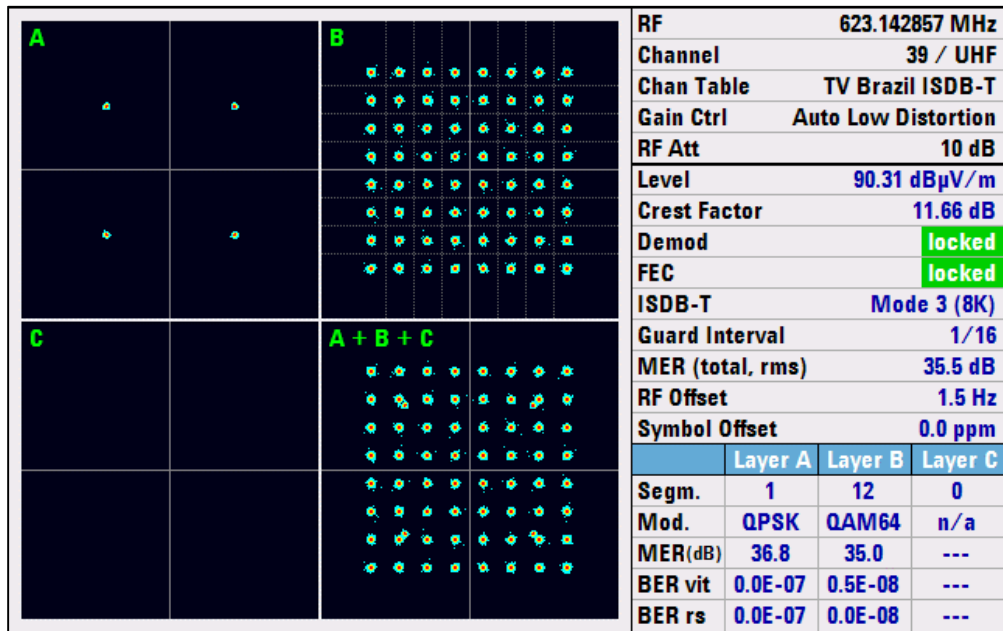


Figura 4.28: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en la Ciudadela Atarazana.

Fuente: Elaborado por el autor

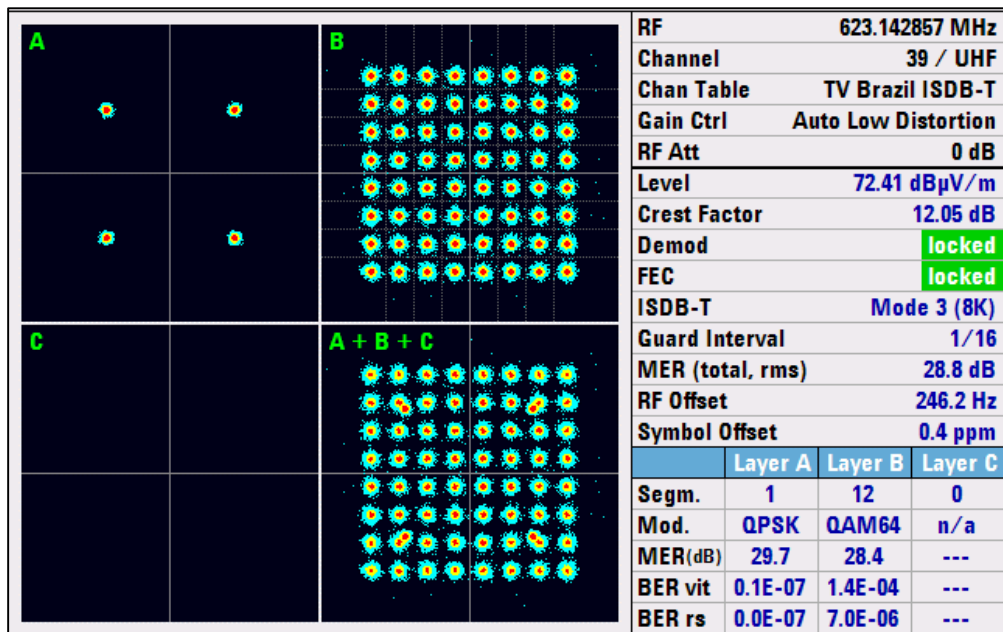


Figura 4.29: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en la Ciudadela Iteel.

Fuente: Elaborado por el autor

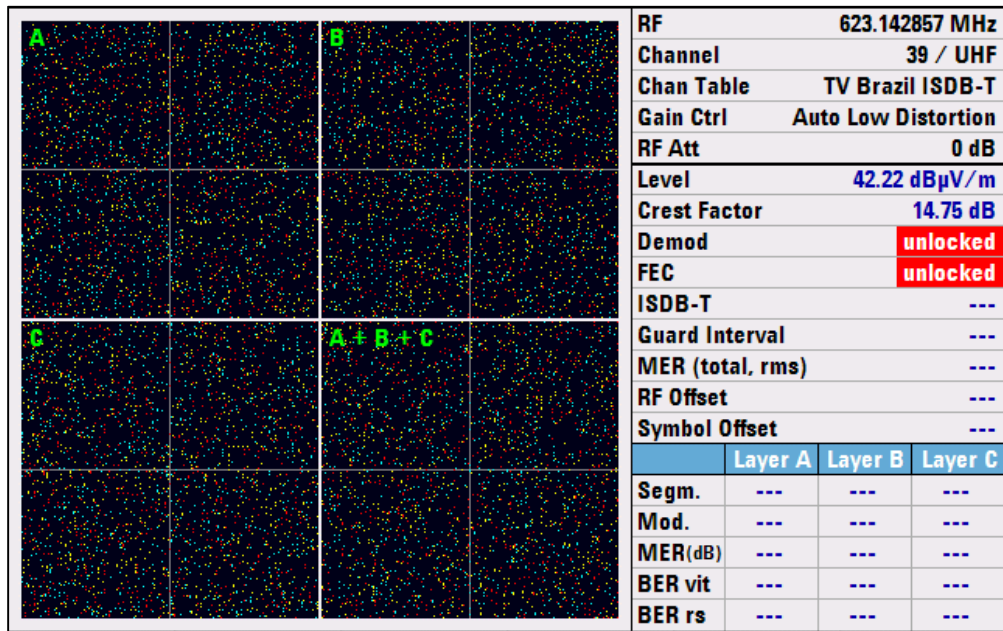


Figura 4.30: Diagrama de Constelación, intensidad de campo, MER y modulación de Canal 39 en Ceibos.

Fuente: Elaborado por el autor

Haciendo un resumen de los resultados de las mediciones de intensidad de campo (IC), MER y modulación se tiene lo siguiente:

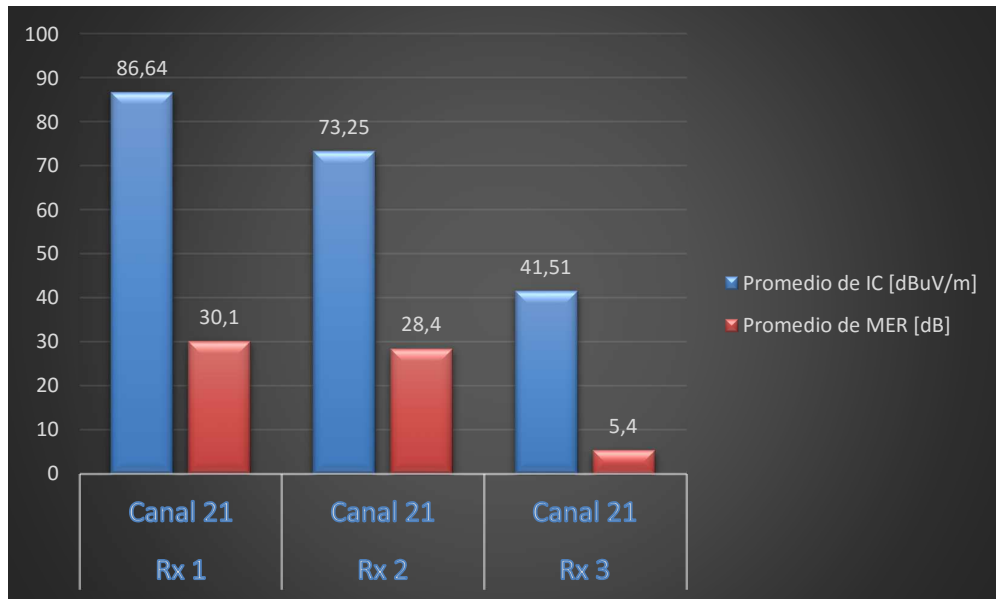
Tabla 4.7: Resultados de mediciones de intensidad de campo, MER y modulación

| Sitio | Canal | Frecuencia [MHz] | Modulaciones       | IC [dBuV/m] | MER [dB] |
|-------|-------|------------------|--------------------|-------------|----------|
| Rx1   | 21    | 515.142857       | QPSK, QAM16, QAM64 | 86.64       | 30.1     |
| Rx2   |       |                  |                    | 73.25       | 28.4     |
| Rx3   |       |                  |                    | 41.51       | 5.4      |
| Rx1   | 23    | 527.142857       | QPSK, QAM64        | 97.37       | 34.5     |
| Rx2   |       |                  |                    | 80.48       | 32.4     |
| Rx3   |       |                  |                    | 43.49       | 5.7      |
| Rx1   | 25    | 539.142857       | QPSK, QAM64        | 93.09       | 31.2     |
| Rx2   |       |                  |                    | 78.16       | 29.7     |
| Rx3   |       |                  |                    | 57.11       | 17.7     |
| Rx1   | 27    | 551.142857       | QPSK, QAM64        | 91.10       | 34.6     |
| Rx2   |       |                  |                    | 74.80       | 30.7     |
| Rx3   |       |                  |                    | 41.68       | 5.4      |
| Rx1   | 29    | 563.142857       | QPSK, QAM64        | 88.50       | 33.5     |

|     |    |            |             |       |      |
|-----|----|------------|-------------|-------|------|
| Rx2 |    |            |             | 76.49 | 31.8 |
| Rx3 |    |            |             | 43.73 | 5.8  |
| Rx1 | 33 | 587.142857 | QPSK, QAM64 | 86.46 | 30.6 |
| Rx2 |    |            |             | 73.73 | 30.8 |
| Rx3 |    |            |             | 42.19 | 5.4  |
| Rx1 | 35 | 599.142857 | QPSK, QAM64 | 86.22 | 24.1 |
| Rx2 |    |            |             | 75.44 | 24.3 |
| Rx3 |    |            |             | 42.87 | 5.4  |
| Rx1 | 39 | 623.142857 | QPSK, QAM64 | 90.31 | 35.5 |
| Rx2 |    |            |             | 72.41 | 28.8 |
| Rx3 |    |            |             | 42.22 | -    |

**Fuente:** Elaborado por el autor

Con la finalidad de realizar comparaciones de las mediciones realizadas entre los diferentes puntos para cada canal, se realizan gráficas de barras de intensidad de campo y MER que se muestran a continuación:



*Figura 4.31: Resultados de IC y MER para canal 21.*

**Fuente:** Elaborado por el autor

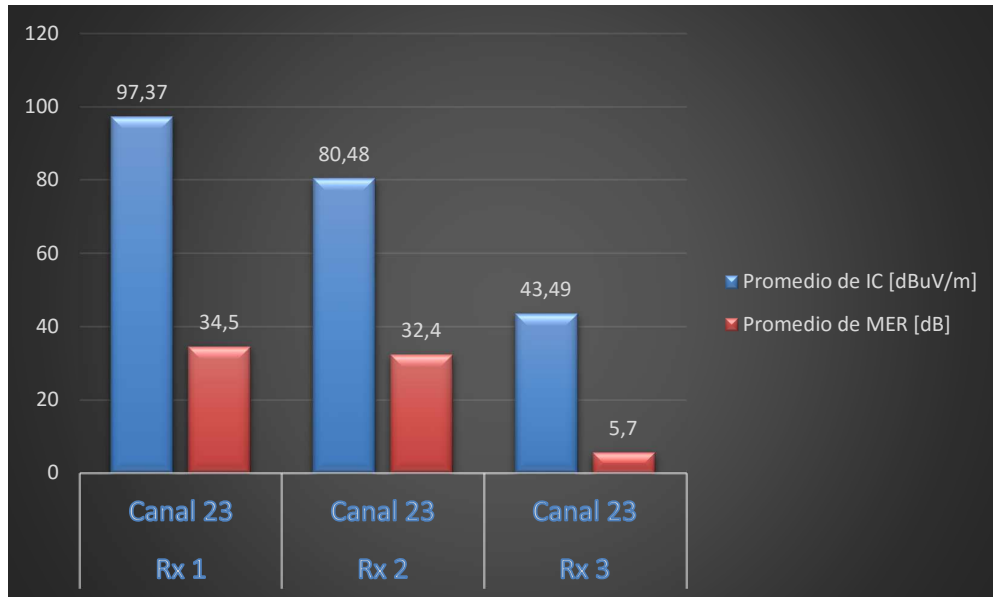


Figura 4.32: Resultados de IC y MER para canal 23.  
Fuente: Elaborado por el autor

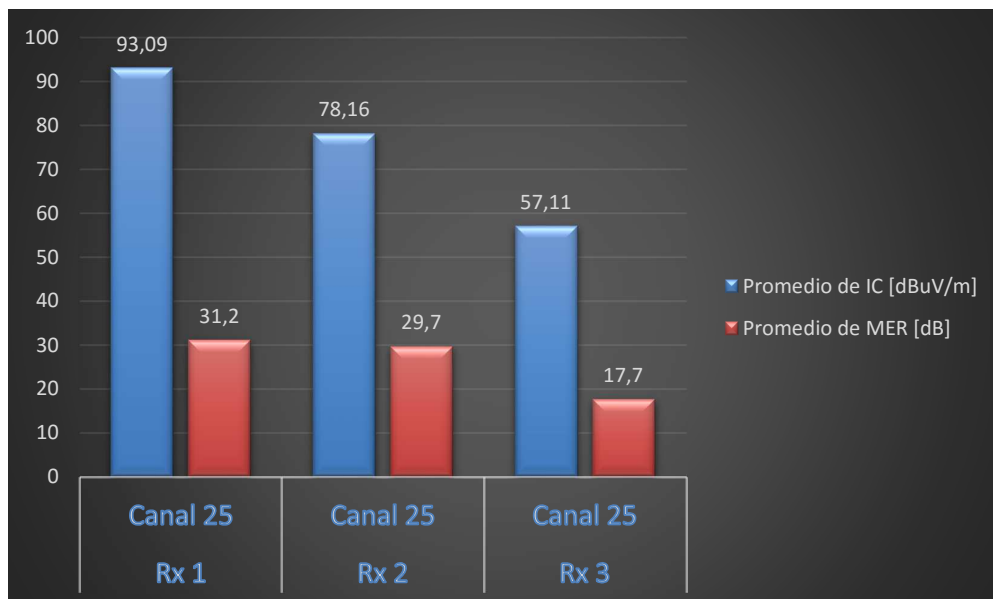


Figura 4.33: Resultados de IC y MER para canal 25.  
Fuente: Elaborado por el autor

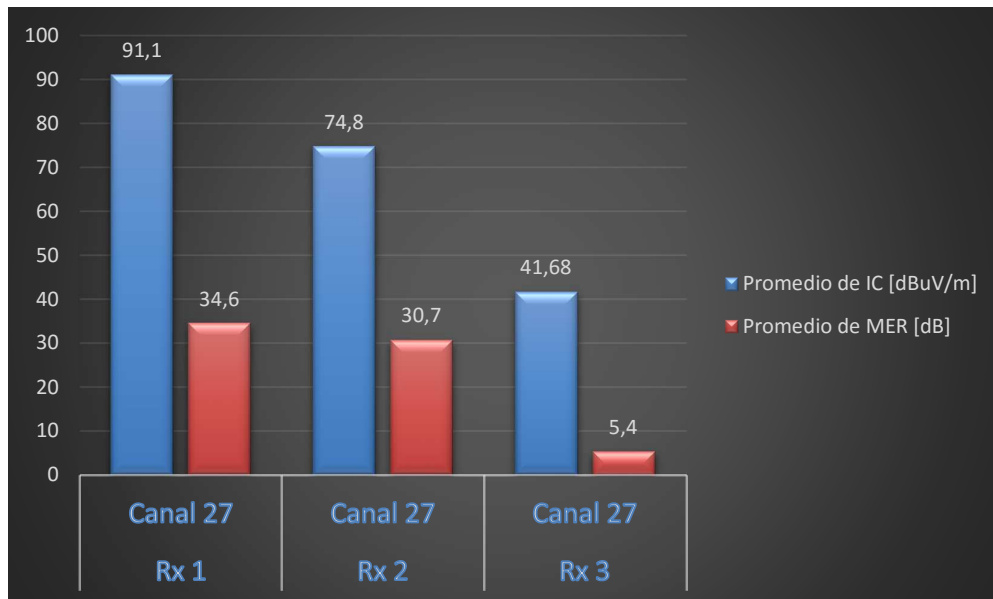


Figura 4.34: Resultados de IC y MER para canal 27.  
Fuente: Elaborado por el autor

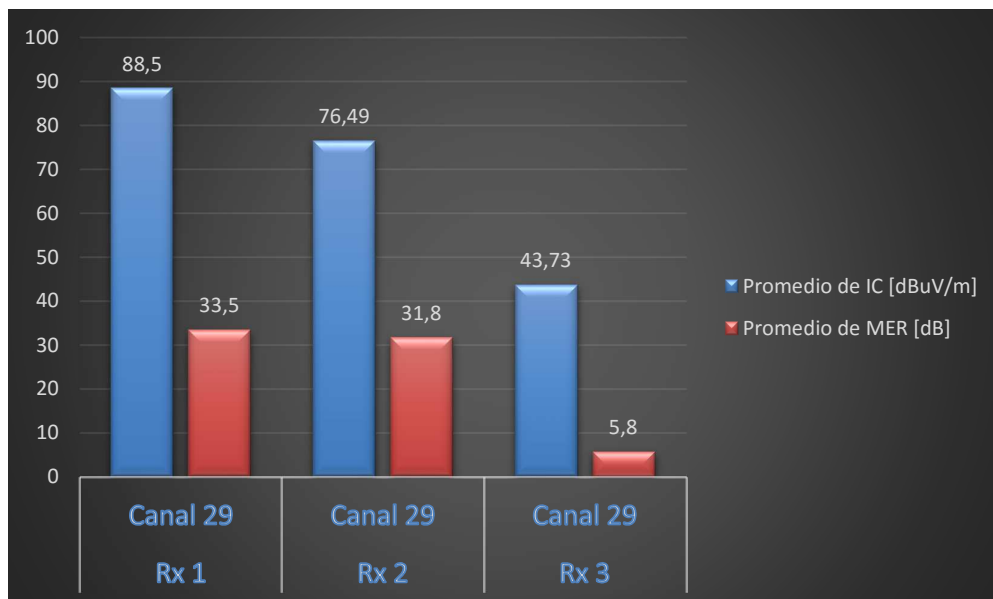


Figura 4.35: Resultados de IC y MER para canal 29.  
Fuente: Elaborado por el autor

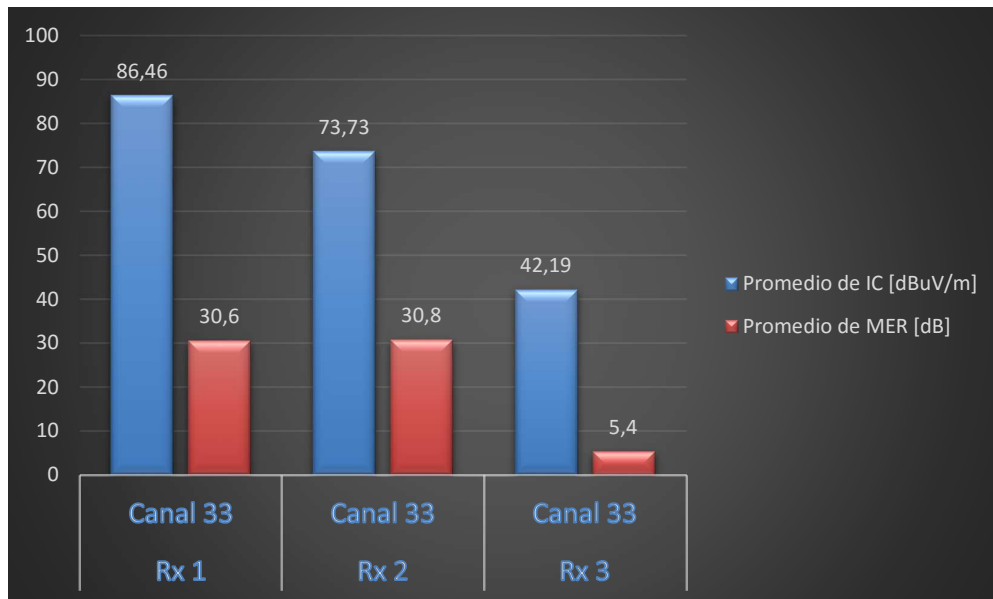


Figura 4.36: Resultados de IC y MER para canal 33.  
Fuente: Elaborado por el autor

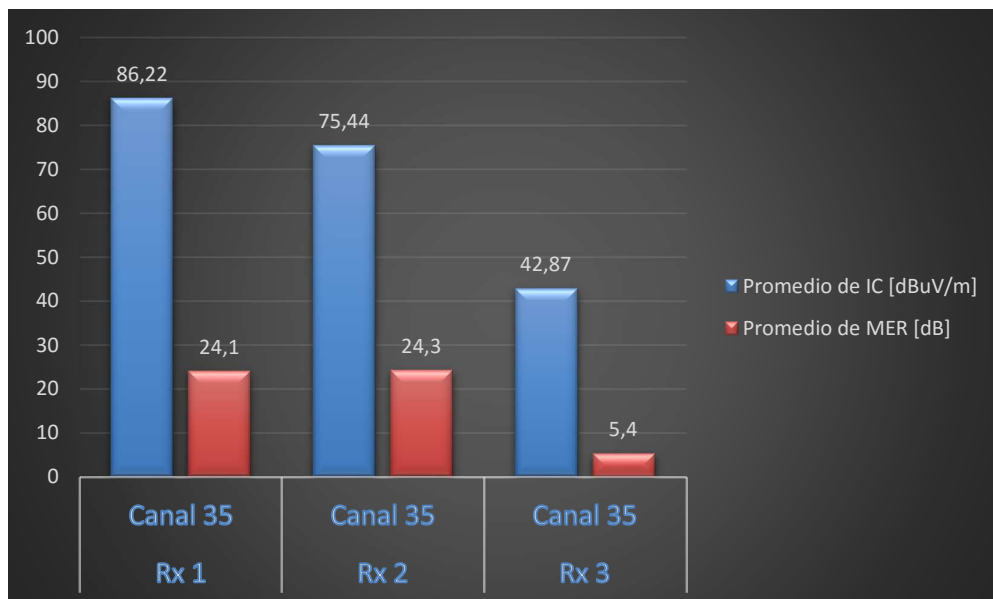


Figura 4.37: Resultados de IC y MER para canal 35.  
Fuente: Elaborado por el autor

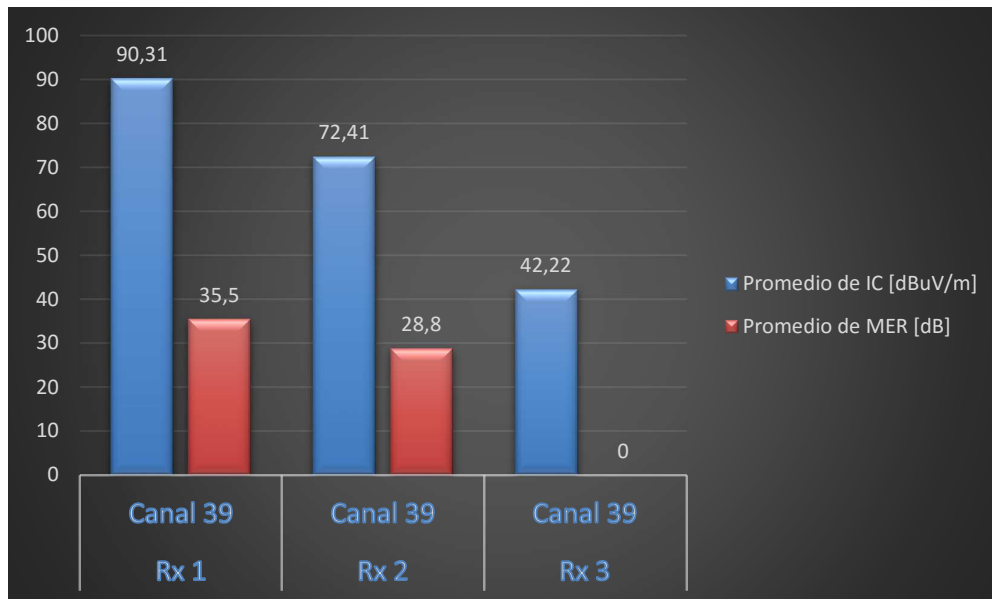


Figura 4.38: Resultados de IC y MER para canal 39.

Fuente: Elaborado por el autor

Del análisis de los resultados de las mediciones de intensidad de campo, se observa que en todos los casos, al aumentar la distancia en referencia al sitio de transmisión, la intensidad de campo disminuye, sin embargo las mediciones en el sitio Rx2 correspondiente a la Ciudadela Itelel, posee valores de señal superiores a lo indicado en la norma técnica.

Del análisis de los resultados de las mediciones de MER, se observa que en la mayoría de los casos, al aumentar la distancia en referencia al sitio de transmisión, el MER disminuye en un rango dinámico de 2 dB a 5 dB aproximadamente, sin embargo en las mediciones realizadas para los canales 33 y 35, el nivel de MER se mantiene o incluso es ligeramente superior entre los puntos RX1 y Rx2, lo que permite mostrar que un nivel de señal superior no implica un valor de MER superior; las mediciones MER en todos los casos para el sitio Rx2 correspondiente a la Ciudadela Itelel, son valores altos, sobre todo al compararlo con el sitio Rx3, punto en el cual las señales son bastante débiles en la mayoría de los casos, posición que se reforzará más adelante con las demás pruebas realizadas a las señales de TDT.

Realizando una comparación visual de los diagramas de constelación, se tiene lo siguiente:



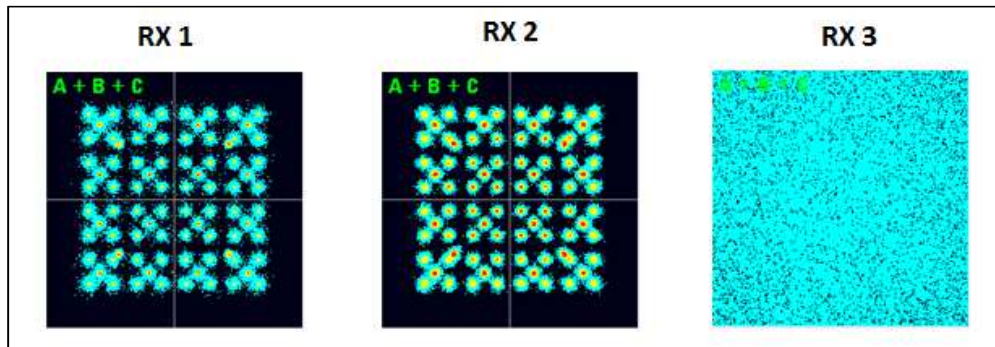


Figura 4.39: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 21 en los 3 sitios.  
Fuente: Elaborado por el autor

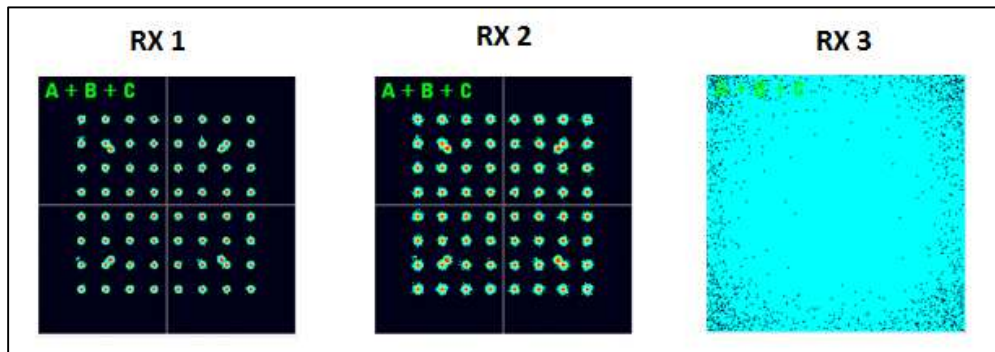


Figura 4.40: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 23 en los 3 sitios.  
Fuente: Elaborado por el autor

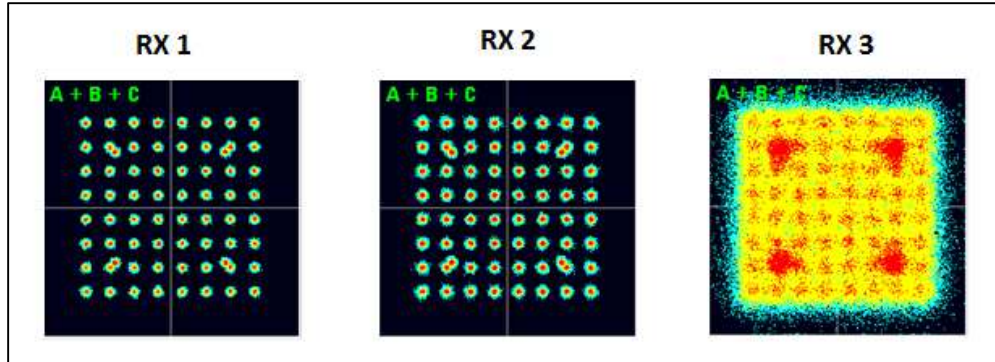


Figura 4.41: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 25 en los 3 sitios.  
Fuente: Elaborado por el autor

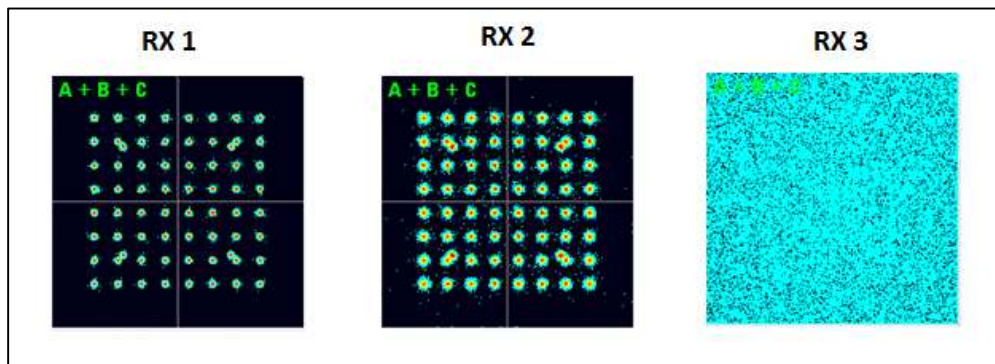


Figura 4.42: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 27 en los 3 sitios.



Fuente: Elaborado por el autor

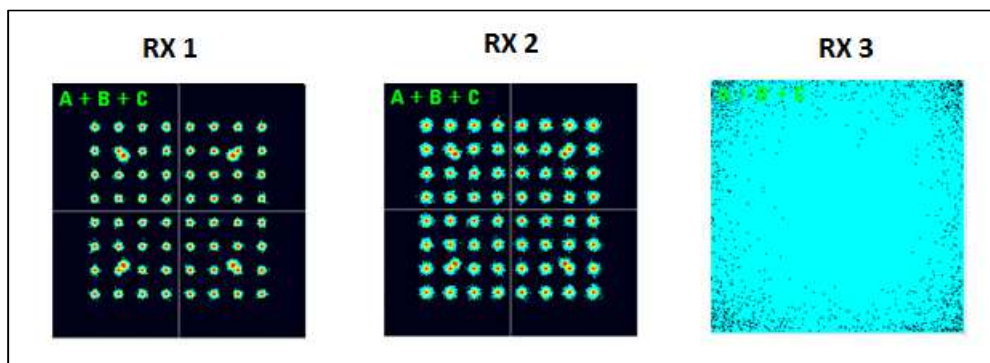


Figura 4.43: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 29 en los 3 sitios.

Fuente: Elaborado por el autor

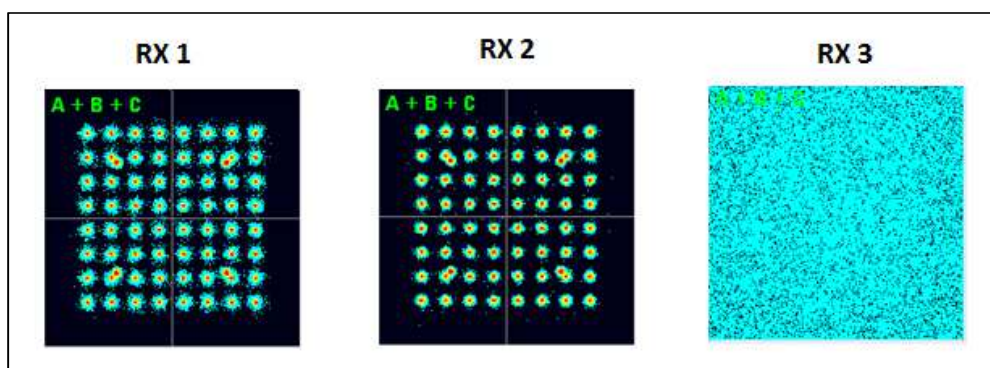


Figura 4.44: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 33 en los 3 sitios.

Fuente: Elaborado por el autor

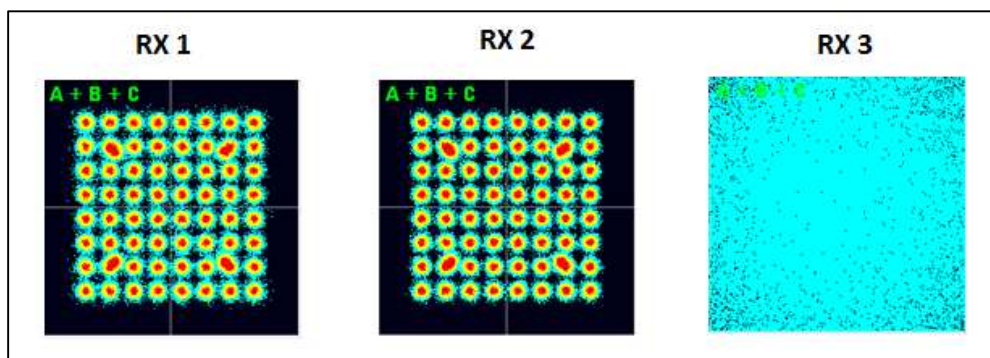


Figura 4.45: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 35 en los 3 sitios.

Fuente: Elaborado por el autor

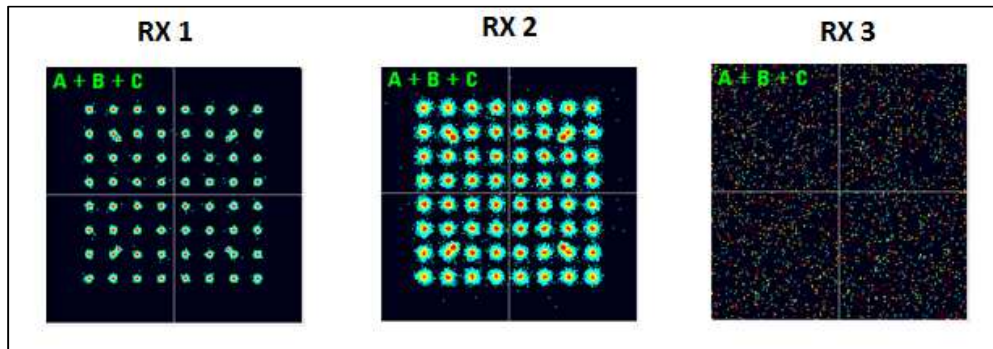


Figura 4.46: Comparación del diagrama de Constelación para Canal 39 en los 3 sitios.

Fuente: Elaborado por el autor

De las gráficas de los diagramas de modulación, se puede observar que en los puntos Rx1 y Rx2, los símbolos se ubican mayoritariamente de manera simétrica en sus correspondientes ubicaciones, lo que implica menos errores en la transmisión y por lo tanto una señal que es decodificable, la degradación observada es menor, al contrario de lo que pasa en el sitio Rx3, el cual se observa un desorden en los símbolos recibidos y una degradación de alto orden, lo que hará muy difícil a un equipo receptor decodificar la señal.

Del análisis de los diagramas de constelación, se puede decir que el punto de recepción RX2, correspondiente a la Ciudadela Itelel es un buen punto de recepción de las señales de TDT.

#### 4.1.6 Diagramas de eco y gráficas espectrales

En el sitio en donde se sugiere la instalación del sistema, correspondiente a la Ciudadela Itelel, adicionalmente a las mediciones que se mostraron en el punto anterior de este documento, se realizaron mediciones acorde al siguiente detalle:

- Intervalo de Guarda
- Diagrama de Eco
- Gráfica espectral

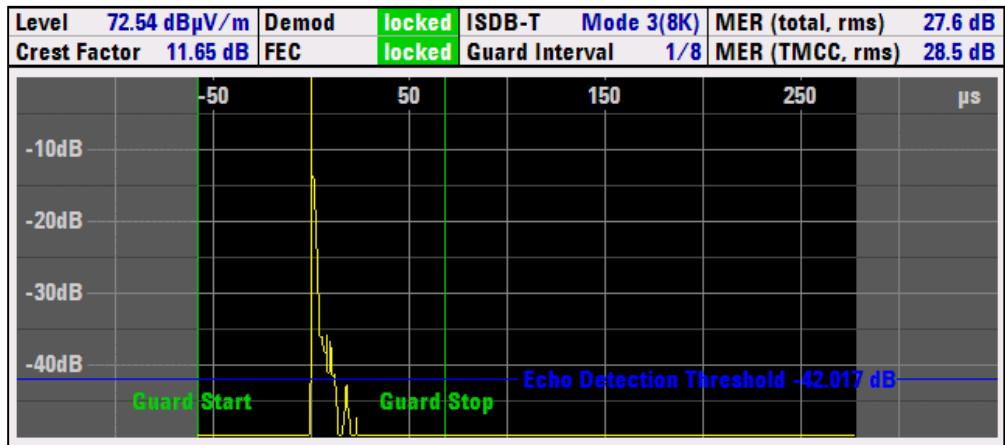


Figura 4.47: Diagrama de eco para canal 21.  
Fuente: Elaborado por el autor

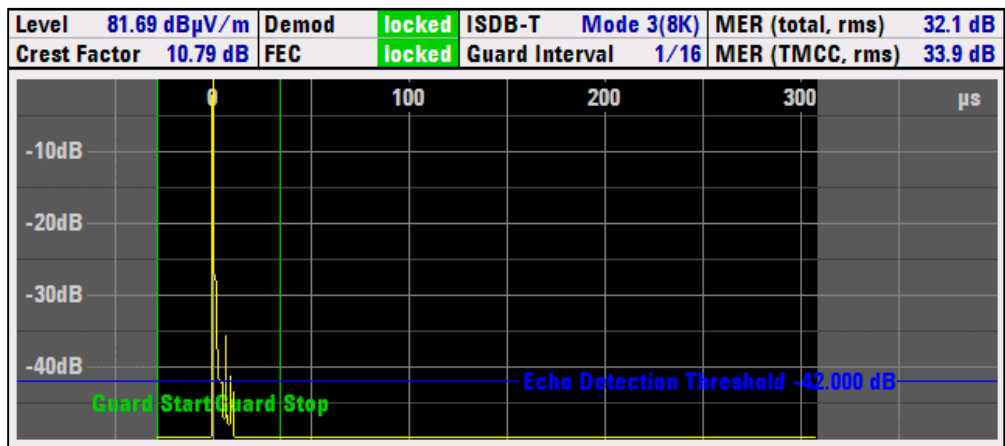


Figura 4.48: Diagrama de eco para canal 23.  
Fuente: Elaborado por el autor

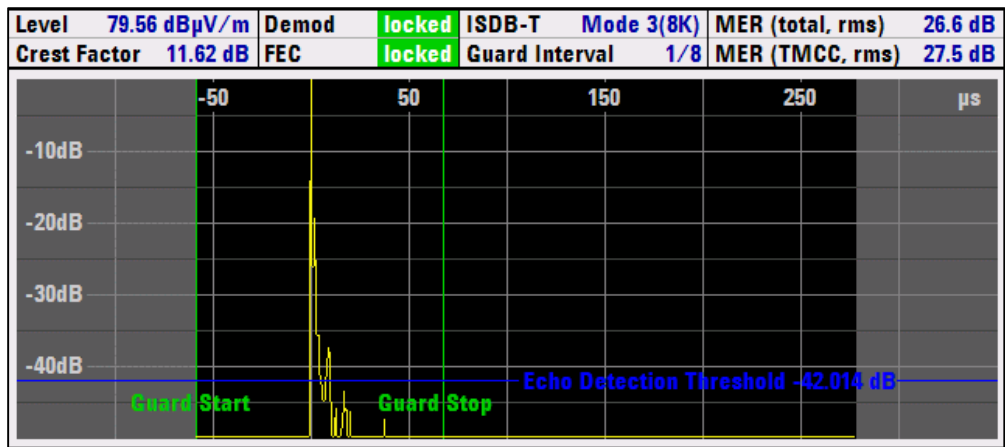


Figura 4.49: Diagrama de eco para canal 25.  
Fuente: Elaborado por el autor

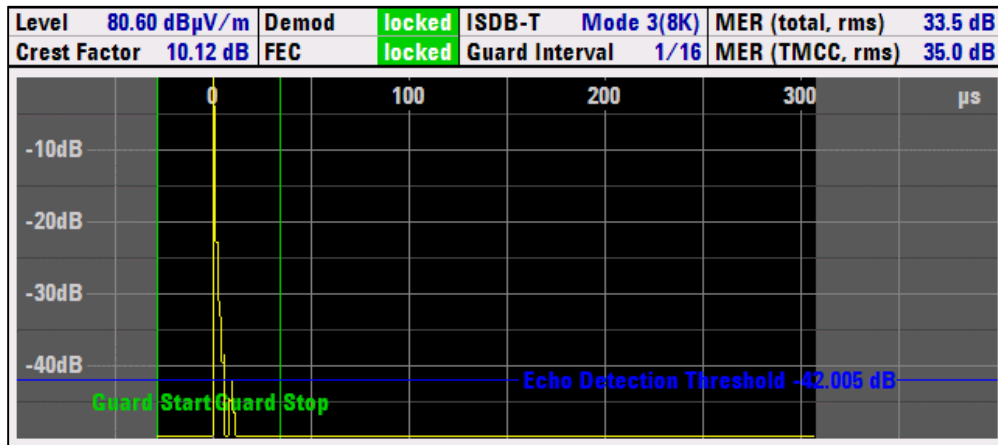


Figura 4.50: Diagrama de eco para canal 27.  
Fuente: Elaborado por el autor

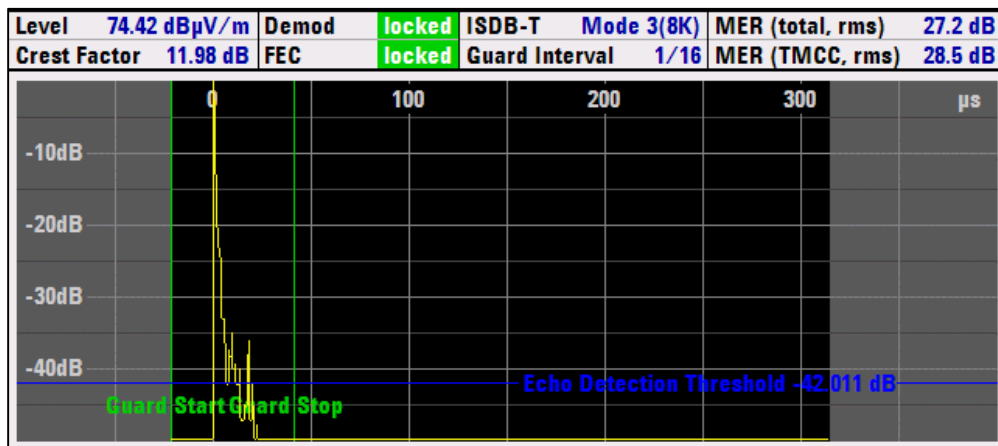


Figura 4.51: Diagrama de eco para canal 29.  
Fuente: Elaborado por el autor

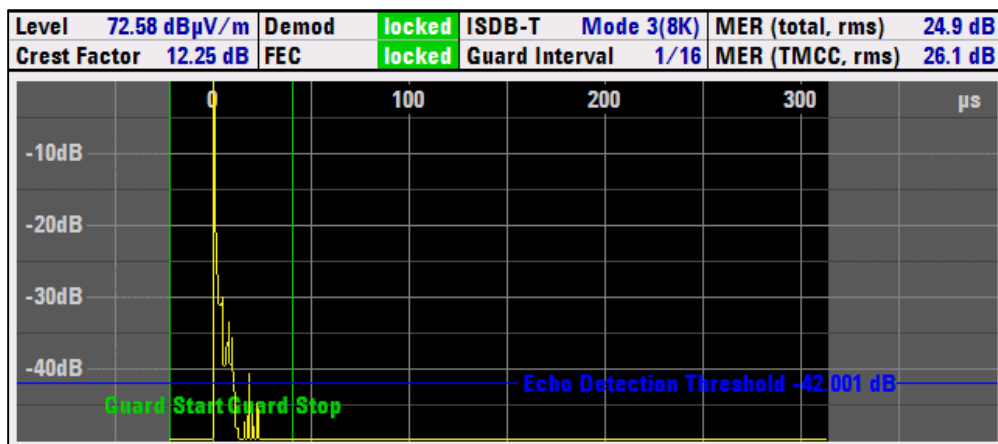


Figura 4.52: Diagrama de eco para canal 33.  
Fuente: Elaborado por el autor

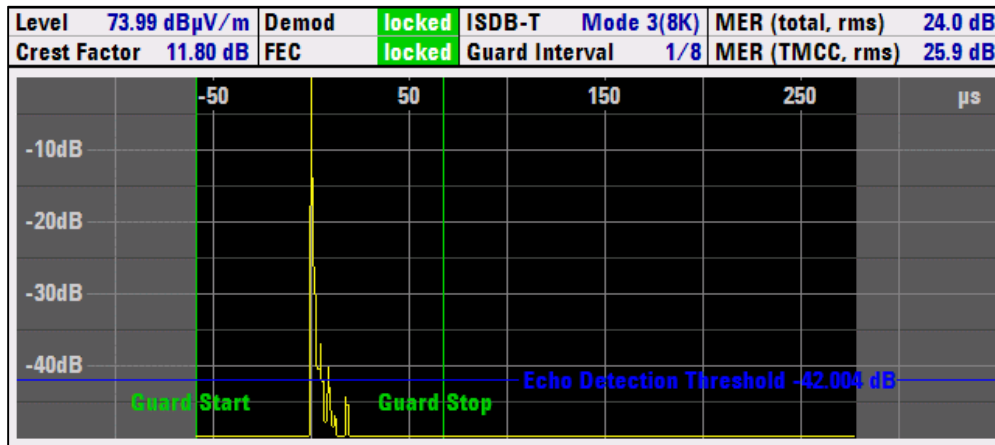


Figura 4.53: Diagrama de eco para canal 35.  
Fuente: Elaborado por el autor

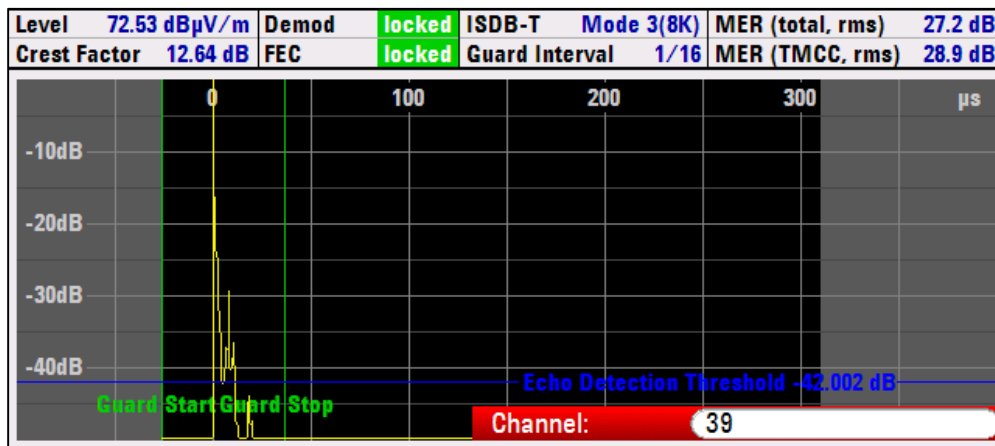


Figura 4.54: Diagrama de eco para canal 39.  
Fuente: Elaborado por el autor

Haciendo un resumen de los resultados de las mediciones de eco e intervalos de guarda, realizadas a las señales de TDT en la ciudadela letel se tiene lo siguiente:

Tabla 4.8: Resultados de mediciones de eco e intervalos de guarda

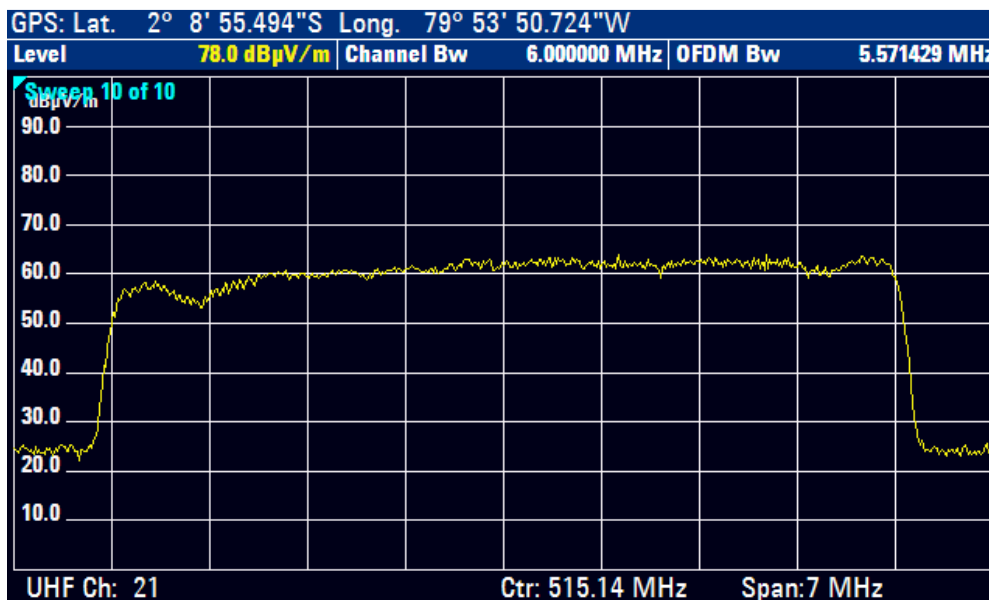
| Sitio | Canal | Frecuencia [MHz] | Intervalo de Guarda | Interferencia perjudicial |
|-------|-------|------------------|---------------------|---------------------------|
| Rx2   | 21    | 515.142857       | 1/8                 | NO                        |
|       | 23    | 527.142857       | 1/16                | NO                        |
|       | 25    | 539.142857       | 1/8                 | NO                        |
|       | 27    | 551.142857       | 1/16                | NO                        |

|  |    |            |      |    |
|--|----|------------|------|----|
|  | 29 | 563.142857 | 1/16 | NO |
|  | 33 | 587.142857 | 1/16 | NO |
|  | 35 | 599.142857 | 1/8  | NO |
|  | 39 | 623.142857 | 1/16 | NO |

**Fuente:** Elaborado por el autor

Del análisis de los resultados de las mediciones de eco, se observa que en ningún caso existen señales interferentes, y que los intervalos de guarda configurados en los distintos transmisores de las estaciones de TDT son suficientes para evitar interferencias.

A continuación se muestran las mediciones realizadas para obtener las gráficas espectrales de cada canal de TDT, se utilizó la frecuencia central de cada canal acorde al estándar ISDB-Tb, un espaciamiento (SPAN) de 7 MHz y la traza fue graficada realizando promedios de las 10 últimas trazas obtenidas por el equipo analizador de espectro.



*Figura 4.55: Gráfica espectral para canal 21.  
Fuente: Elaborado por el autor*



Figura 4.56: Gráfica espectral para canal 23.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.57: Gráfica espectral para canal 25.

Fuente: Elaborado por el autor









Figura 4.62: Gráfica espectral para canal 39.

Fuente: Elaborado por el autor

Se puede observar gráficas espectrales en las que se observan claramente las portadoras de TDT en todos los casos, considerando que en Guayaquil se opera simultáneamente canales analógicos y digitales en la banda de UHF, en algunos casos se observa en el canal adyacente inferior las portadoras de audio del algún canal analógico de televisión, así como en algunos casos se observa como en el canal adyacente superior, aumenta el piso de ruido debido a la característica de la señal portadora de video de banda lateral vestigial del canal analógico, estos casos se dan debido a que con la finalidad de apreciar claramente la señal de TDT en cada gráfica, se escogió un SPAN de 7 MHz, y el ancho de banda asignado a cada canal de TDT es de 6 MHz, de tal manera que en cada gráfica se observa 0.5 MHz correspondiente al canal adyacente inferior en el lado izquierdo de la gráfica, y 0.5 MHz del canal adyacente superior al lado derecho de la gráfica.

#### 4.1.7 Decodificación de señales de TDT

En el sitio Rx2, en donde se sugiere la instalación del sistema, correspondiente a la Ciudadela Ietel, adicionalmente a las mediciones que se mostraron en el punto anterior de este documento, se realizaron pruebas de decodificación de la señal con el equipo receptor de TDT Mundy Home DEC-012B, cuyas características técnicas fueron expuestas

en el punto 3.1.1 del presente trabajo, al respecto se obtuvieron los siguientes resultados:

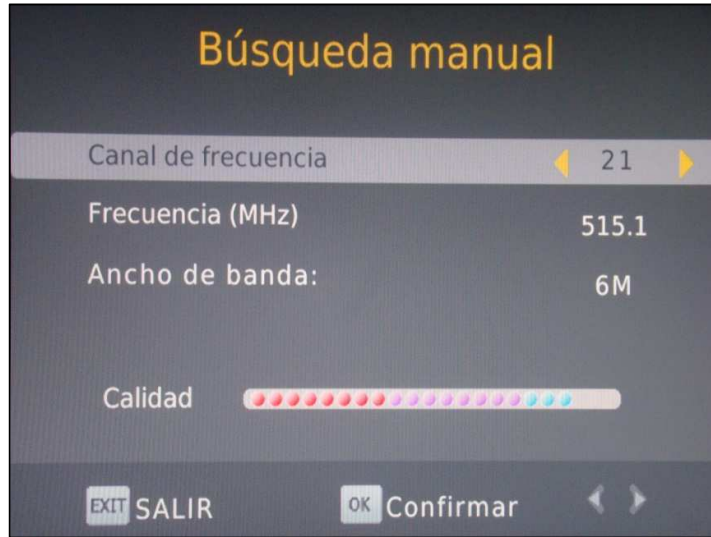


Figura 4.63: Búsqueda de canal 21 en receptor de TDT.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.64: Programación de canal 21 en HD.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.65: Programación de canal 21 en SD.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.66: Programación de canal 21 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

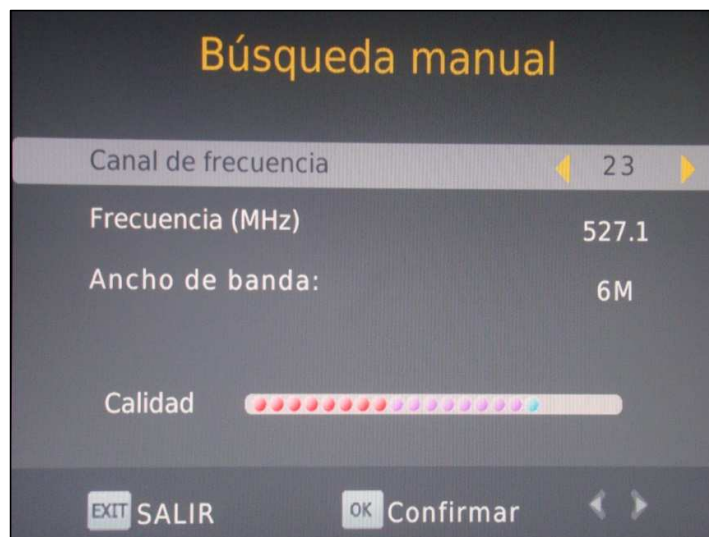


Figura 4.67: Búsqueda de canal 23 en receptor de TDT.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.68: Programación de canal 23 en HD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.69: Programación de canal 23 en SD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.70: Programación de canal 23 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

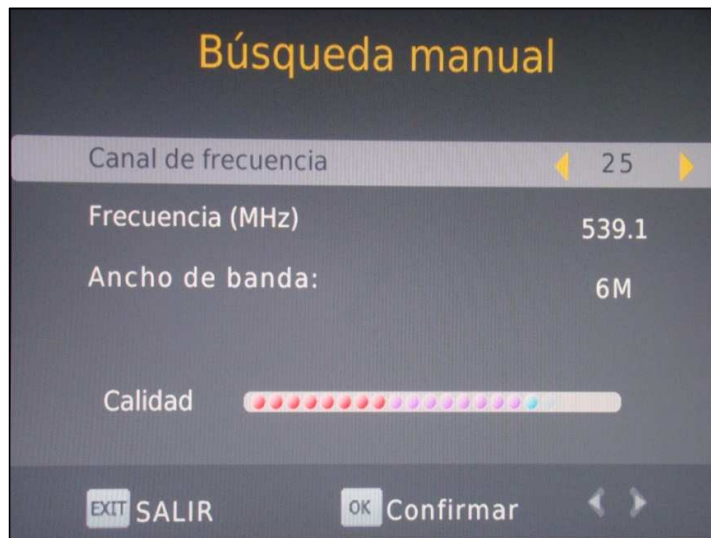


Figura 4.71: Búsqueda de canal 25 en receptor de TDT.

Fuente: Elaborado por el autor





Figura 4.72: Programación de canal 25 en HD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.73: Programación de canal 25 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

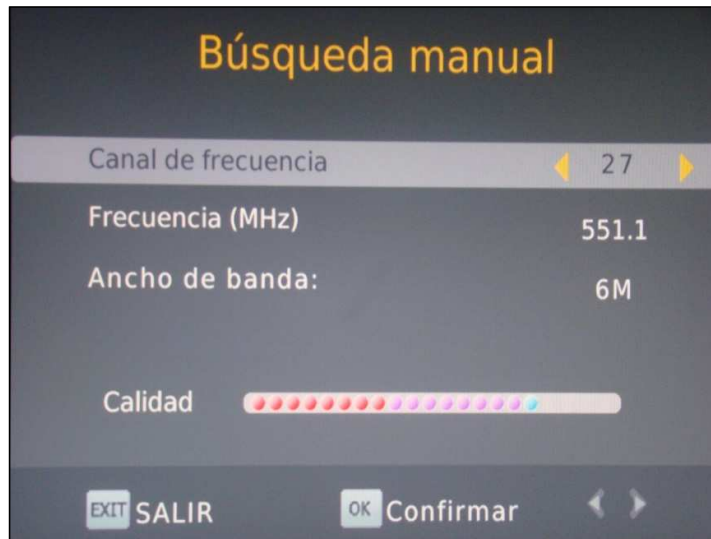


Figura 4.74: Búsqueda de canal 27 en receptor de TDT.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.75: Programación de canal 27 en HD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.76: Programación de canal 27 en SD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.77: Programación de canal 27 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

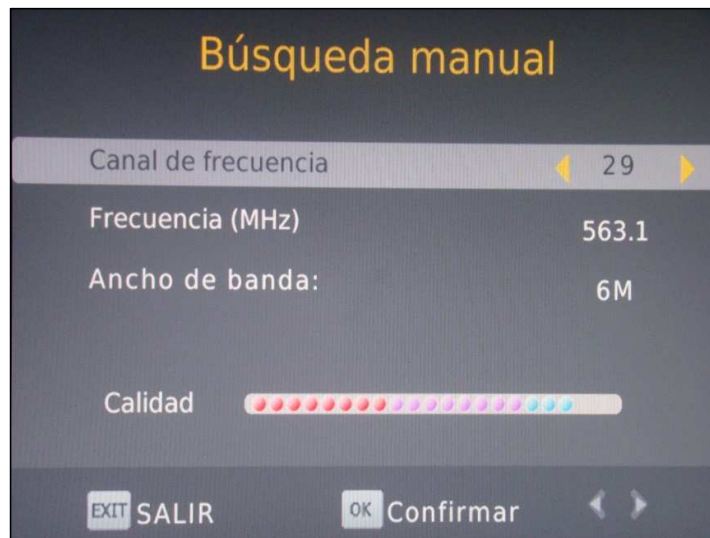


Figura 4.78: Búsqueda de canal 29 en receptor de TDT.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.79: Programación de canal 29 en HD.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.80: Programación de canal 29 en SD.  
Fuente: Elaborado por el autor





Figura 4.81: Programación de canal 29 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

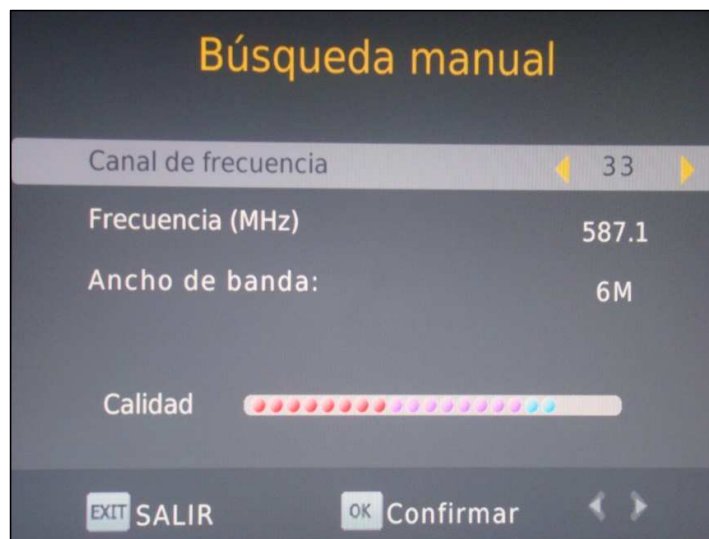


Figura 4.82: Búsqueda de canal 33 en receptor de TDT.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.83: Programación de canal 33 en HD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.84: Programación de canal 33 en SD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.85: Programación de canal 33 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

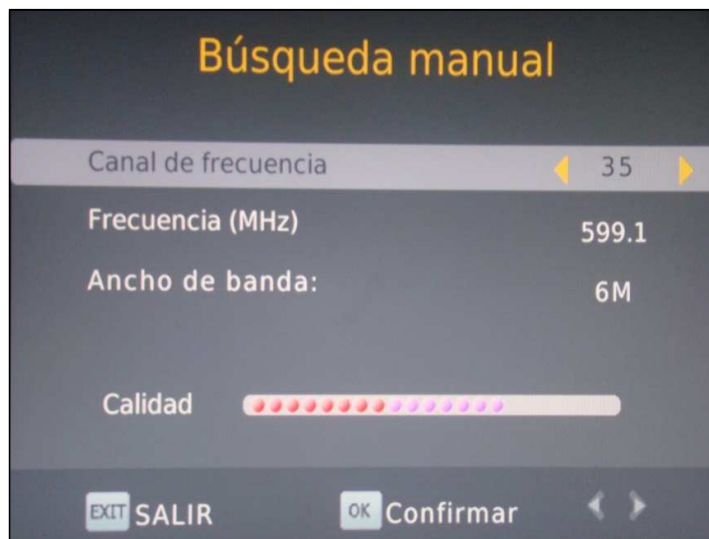


Figura 4.86: Búsqueda de canal 35 en receptor de TDT.

Fuente: Elaborado por el autor

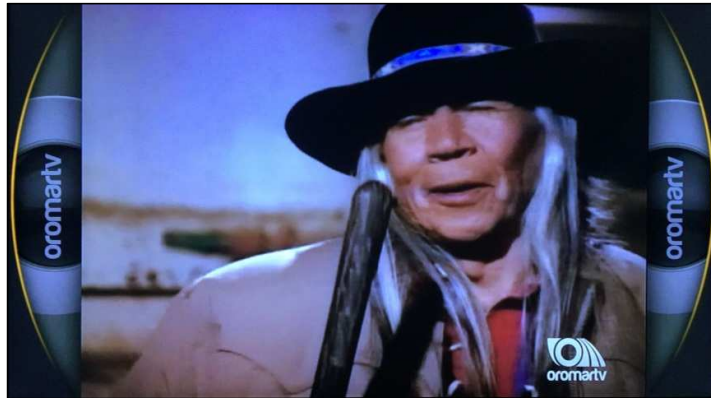


Figura 4.87: Programación de canal 35 en HD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.88: Programación de canal 35 en SD.

Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.89: Programación de canal 35 en OneSeg.

Fuente: Elaborado por el autor

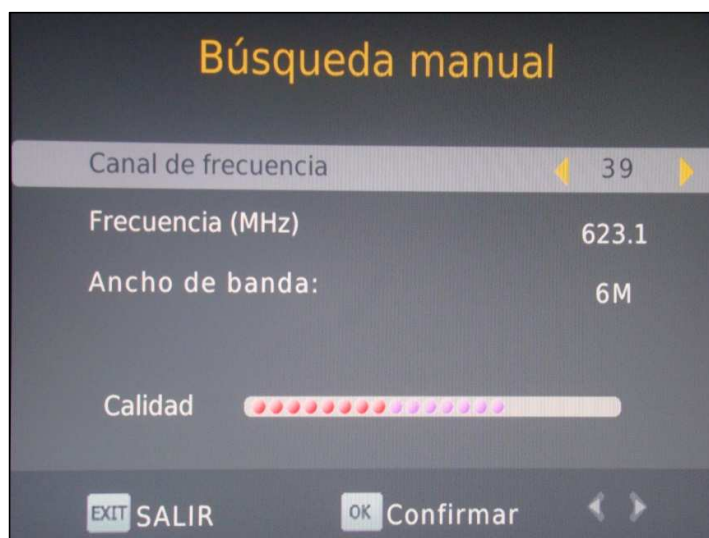


Figura 4.90: Búsqueda de canal 39 en receptor de TDT.  
Fuente: Elaborado por el autor



Figura 4.91: Programación de canal 39 en HD.  
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 4.9: Resultados de pruebas de decodificación en el sitio RX2

| Canal TDT | Canal Lógico | Operativo | Decodificación correcta |
|-----------|--------------|-----------|-------------------------|
| 21        | OS           | SI        | SI                      |
| 21        | SD           | SI        | SI                      |
| 21        | HD           | SI        | SI                      |
| 23        | OS           | SI        | SI                      |
| 23        | SD           | SI        | SI                      |
| 23        | HD           | SI        | SI                      |
| 25        | OS           | SI        | SI                      |
| 25        | SD           | NO        | NO                      |

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 25 | HD | SI | SI |
| 27 | OS | SI | SI |
| 27 | SD | SI | SI |
| 27 | HD | SI | SI |
| 29 | OS | SI | SI |
| 29 | SD | SI | SI |
| 29 | HD | SI | SI |
| 33 | OS | SI | SI |
| 33 | SD | SI | SI |
| 33 | HD | SI | SI |
| 35 | OS | SI | SI |
| 35 | SD | SI | SI |
| 35 | HD | SI | SI |
| 39 | OS | NO | NO |
| 39 | SD | NO | NO |
| 39 | HD | SI | SI |

**Fuente:** Elaborado por el autor

Durante las pruebas de decodificación de las señales de TDT, se pudo verificar que se encontraban operativos 21 canales lógicos, al momento de la prueba hubo el caso de un canal que solo operaba los canales lógicos OS y HD, y el caso de un canal que solo estaba operando el canal lógico con formato HD, se descarta que no hubiera recepción de los canales lógicos en SD y OS según corresponda, puesto que el canal SD se lo configura en el transmisor con modulación igual o inferior (en capacidad de transmisión de datos) a la utilizada en HD y el canal OS se lo configura con modulación inferior (en capacidad de transmisión de datos) a la utilizada en HD, siendo el caso que las modulaciones inferiores en capacidad de transmisión de datos son más robustas en el medio de transmisión, lo que significa que si se decodifica correctamente el canal en HD, se debe decodificar en SD y OS.

En el punto Rx2, todas las señales de las estaciones de TDT operativas se pudieron recibir de manera nítida, sin cortes ni congelamientos de

señal y un audio perfectamente entendible, acorde a lo que se esperaba, luego de las pruebas realizadas previamente con el equipo analizador de espectro.

## **4.2 Diseño del sistema de monitoreo**

En el diseño del sistema de monitoreo, se realizan las siguientes consideraciones:

- El punto de monitoreo es la Ciudadela Ietel, en la manzana 28, en la cual se encuentran las instalaciones de la Coordinación Zonal 5 de ARCOTEL, sitio en el cual la recepción es muy buena, según se pudo observar en las pruebas de campo realizadas y expuestas en los puntos 4.1.5, 4.1.6 y 4.1.7.
- En el bloque de recepción y distribución de la señal de TDT, se utiliza la antena con mayor ganancia de las expuestas en el punto 3.1.4, esto con la finalidad de compensar de mejor manera las pérdidas en los splitters.
- Se realiza el diseño considerando receptor 24 canales lógicos, es decir un máximo de 3 canales lógicos por cada canal de TDT, por este motivo es necesario utilizar 1 splitter (1 a 3) y 3 splitters (1 a 8), donde cada una de las 24 señales de RF independientes deben ir a su correspondiente STB.
- Para la entrada de la señal a los STB, cada STB se lo conecta directamente a su correspondiente splitter en configuración estrella, no se utiliza la conexión de antena “passthrough” para realizar una conexión de STB en serie, debido a que en caso de un daño de un STB, los STB conectados posteriores a este podrían perder la recepción de señal.
- Para el bloque de decodificación de la señal de TDT, se utiliza un STB por cada canal lógico habilitado, en el caso de los canales de TDT que a la fecha poseen solamente 1 o 2 canales virtuales habilitados, los STB restantes quedan en espera para futura utilización, en el presente caso son 3 STB.



- Para el bloque de grabación y monitoreo, se utilizará 2 DVRs con una capacidad de 16 canales (audio y video), en el inicio del proyecto se considera conectar 12 canales en cada DVR.
- El monitoreo se lo debe realizar por medio del televisor al cual se conectan los 2 DVRs, cada uno en un puerto HDMI.
- Cada DVR posee la capacidad de monitoreo por medio de la red, motivo por el cual la empresa puede asignar 2 direcciones IP fijas y 2 puertos TCP/IP para poder realizar el monitoreo desde el software propietario del DVR en cualquier computadora que se encuentre en la Intranet de la empresa.

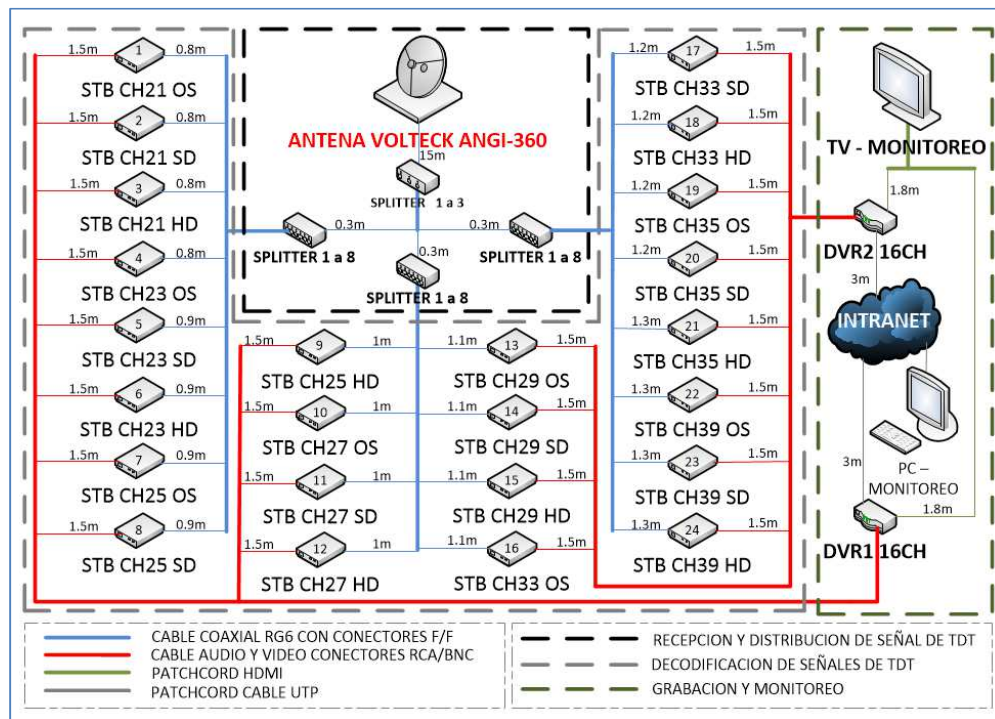


Figura 4.92: Diseño del sistema de monitoreo.  
Fuente: Elaborado por el autor

Para la ubicación física de los equipos sobre el rack de 24 UR, se considera lo siguiente:

- Los equipos DVR ocupan 4 UR entre los dos DVR
- Los STB ocupan 12 UR entre las 6 bandejas
- Las multi-tomas de energía ocupan 6 UR entre las tres DVR multi-tomas

El espacio que sobra en el rack es de 2 UR, en el cual se colocará una bandeja vacía para crecimiento futuro, en la cual se podría colocar hasta

4 STB, lo cual es posible considerando que hay 4 entradas disponibles en cada DVR y también hay tomas eléctricas disponibles, se deberá realizar una nueva configuración de splitters; en caso de un crecimiento mayor se necesitará otro rack.

El detalle de materiales y equipos que requiere el sistema de monitoreo es el siguiente:

*Tabla 4.10: Materiales del sistema de monitoreo*

| <b>Material</b>                     | <b>Cantidad</b> | <b>Observación</b>  |
|-------------------------------------|-----------------|---|
| Cable Coaxial RG-6 x 15m*           | 1               | Antena - Splitter   |
| Cable Coaxial RG-6 x 0.3m *         | 3               | Splitter – Splitter   |
| Cable Coaxial RG-6 x 0.8m *         | 4               | Splitter – STB  |
| Cable Coaxial RG-6 x 0.9m *         | 4               | Splitter – STB  |
| Cable Coaxial RG-6 x 1.0m*          | 4               | Splitter – STB  |
| Cable Coaxial RG-6 x 1.1m*          | 4               | Splitter – STB  |
| Cable Coaxial RG-6 x 1.2m*          | 4               | Splitter – STB  |
| Cable Coaxial RG-6 x 1.3m*          | 4               | Splitter – STB  |
| Cable A/V RCA x 1.5m                | 16              | STB – DVR   |
| Conectores tipo F macho             | 56              | Antena–Splitter (2)<br>Splitter–Splitter (6)<br>Splitter – STB (48) |
| Conectores RCA hembra – BNC macho   | 24              | STB – DVR   |
| Splitters 1 a 3                     | 1               | -   |
| Splitters 1 a 8                     | 3               | -   |
| Patchcord HDMI x 1.8m               | 2               | DVR – TV  |
| Patchcord cable UTP directo x 3.0m  | 2               | DVR – Intranet  |
| Rack abierto de piso de 19" x 24 UR | 1               | -   |
| Bandejas para rack de 19" x 40 cm   | 7               | -   |
| Multi-tomas eléctricas para rack de | 3               | -   |



|     |  |  |
|-----|--|--|
| 19" |  |  |
|-----|--|--|

\* El total de cable coaxial RG-6 es de 41.1m

**Fuente:** Elaborado por el autor

*Tabla 4.11: Equipos del sistema de monitoreo*

| <b>Material /<br/>Equipo</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Marca / Modelo</b>    |
|------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Antena                       | 1               | Volteck / ANGI-360       |
| STB                          | 24              | Mundy Home / DEC-012B    |
| DVR                          | 2               | Samsung / SRD-1670D      |
| TV                           | 1               | Samsung / UN43J5200DHCZE |

**Fuente:** Elaborado por el autor

## CONCLUSIONES

- Se ha descrito el estado del arte del estándar ISDB-Tb de Televisión Digital Terrestre.
- Se ha definido el equipo receptor de televisión digital Terrestre y el equipo de grabación de video digital idóneo, los cuales pueden ser utilizados en el sistema de monitoreo.
- Mediante las mediciones realizadas de los parámetros técnicos principales de la señal de TDT, y su posterior análisis acorde a la normativa vigente, se ha podido determinar que las señales de TDT se reciben de manera óptima en las instalaciones de ARCOTEL en la ciudad de Guayaquil.
- Se ha realizado un diseño del sistema de monitoreo de las señales de TDT, describiendo el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen.
- Mediante el diseño propuesto, es posible realizar el monitoreo de manera simultánea de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre que difunden su señal en la ciudad de Guayaquil.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la instalación de equipos sea realizada en un cuarto climatizado para que la vida útil de los equipos sea larga.
- Se debe realizar un plan de usuarios de administración y de operación de los equipos DVR para mantener un control de la información en la entidad.
- Las IP asignadas a los equipos DVR deben ser fijas y estar dentro de la intranet de los usuarios que hagan el monitoreo como parte de sus tareas habituales.
- La configuración de resolución utilizada en la grabación de video debe ser la estrictamente necesaria que cumpla con lo requerido, esto con la finalidad de utilizar de manera óptima el espacio en disco duro y poder mantener las grabaciones por el mayor tiempo posible.

## GLOSARIO

- AAC.-** Advanced Audio Coding, codificación avanzada de audio
- ABNT.-** Asociación Brasileña de Normas Técnicas
- ADTS.-** Audio Data Transport Stream, flujo de transporte de datos de audio
- AM.-** Amplitude Modulation, modulación de amplitud
- ANATEL.-** Agencia Brasileña de Telecomunicaciones
- ARCOTEL.-** Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
- ASK.-** Amplitude Shift Keying, modulación de amplitud con señal moduladora digital
- ATSC.-** Advanced Television Systems Committee, Comité avanzado de sistema de televisión, estándar de televisión digital
- AVC.-** Advanced Video Coding, codificación avanzada de video
- ARIB.-** Association of Radio Industries and Businesses, Asociación de Radio Industrias y Negocios
- Bps.-** Bits por segundo
- BST-OFDM.-** Band Segmented Transmission Orthogonal Frequency Division Multiplexing, multiplexación por división de frecuencias ortogonales con transmisión de banda segmentada
- BTS.-** Broadcast Transport Stream, flujo de transporte de difusión
- CCIR.-** Comité Consultativo Internacional de Radio
- CDA.-** Conversor Digital – Analógico
- CH.-** Channel, canal
- CONATEL.-** Consejo Nacional de Telecomunicaciones
- CPqD.-** Centro de desarrollo de investigación en Telecomunicaciones
- DiBEG.-** Digital Broadcasting Experts Group, Grupo de Expertos de Difusión Digital
- DQPSK.-** Diferencial Quadrature Phase Shift Keying, modulación de fase en cuadratura diferencial
- DTMB.-** Digital Terrestrial Multimedia Broadcast, difusión digital terrestre de multimedia, estándar de televisión digital
- DVB-T.-** Digital Video Broadcasting – Terrestrial, difusión de video digital terrestre, estándar de televisión digital

**DVD.-** Digital Versatile Disc

**DVR.-** Digital Video Recorder, grabador de video digital

**EPG.-** Electronic Program Guide, Guía de programación electrónica

**FEC.-** Forward Error Correction

**FM.-** Frequency Modulation, modulación de frecuencia

**Fps.-** Frames per second, cuadros por segundo

**FSK.-** Frequency Shift Keying, modulación de frecuencia con señal moduladora digital

**GHZ.-** Giga Hercios

**GPS.-** Global Position System

**HD.-** High Definition, alta definición

**HDD.-** Hard Disk Drive, Disco duro

**HDTV.-** Televisión en alta definición

**HDMI.-** High-Definition Multimedia Interface

**Hz.-** Hercios

**IC.-** Intensidad de Campo

**IFFT.-** Inverse Fast Fourier Transform, transformada rápida de Fourier inversa

**IIP.-** ISDB-Tb Information Packet

**ISDB-T.-** Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial, Servicios integrados digitales de difusión terrestre, estándar de televisión digital japonés

**ISDB-Tb.-** Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial, Servicios integrados digitales de difusión terrestre, estándar de televisión digital japonés con modificaciones brasileñas

**ISI.-** Interferencia Intersimbólica

**Km.-** Kilómetros

**KHz.-** Kilo Hercios

**KW.-** Kilo vatios

**LATM.-** Low-overhead MPEG-4 Audio Transport Multiplex

**LOAS.-** Low Overhead Audio Stream

**LOS.-** Line Of Sight, línea de vista

**LOT.-** Ley Orgánica de Telecomunicaciones

**MER.-** Modulation Error Rate, tasa de error de modulación

**MHz.-** Mega Hercios

**MINTEL.-** Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información

**MPEG.-** Moving Picture Experts Group, grupo de expertos de imágenes en movimiento

**ms.-** Milisegundos

**NSI.-**Network Synchronization Information

**NTSC-M.-** Estándar M de televisión analógica del Comité Nacional de Sistema de Televisión – National Television System Committee

**OS.-** One Segment, canal de ancho de banda igual a un segmento del estándar ISDB-T, también conocido con One-Seg o 1-Seg.

**OFDM.-** Orthogonal Frequency Division Multiplexing, multiplexación por división de frecuencias ortogonales

**PAL.-** Phase Alternating Line, línea alterna de fase, estándar de televisión analógica

**PER.-** Potencia Efectiva Radiada

**PIP.-** Picture Inside Picture

**PNF.-** Plan Nacional de Frecuencias

**PSK.-** Phase Shift Keying, modulación de fase con señal moduladora digital

**QAM.-** Quadrature Amplitude Modulation, modulación de amplitud en cuadratura

**QPSK.-** Quadrature Phase Shift Keying, modulación de fase en cuadratura

**RCA.-** Conector de la Radio Corporation of America

**RF.-** Radiofrecuencia

**RR.-** Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU

**RS.-** Reed Solomon

**Rx.-** Recepción

**SBTVD.-** Sistema Brasileño de Televisión Digital

**SD.-** Standard Definition, definición estándar

**SDTV.-** Televisión en definición estándar

**SENATEL.-** Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

**SFN.-** Single Frequency Network, red de frecuencia única

**SNM.-** Sobre el Nivel del Mar

**STB.-** Set Top Box, decodificador

**SUPERTEL.-** Superintendencia de Telecomunicaciones a partir del 6 de mayo de 2008

**SUPTEL.-** Superintendencia de Telecomunicaciones hasta antes del 6 de mayo de 2008

**TDT.-** Televisión Digital Terrestre

**TMCC.-** Transmission Multiplexing Configuration Control

**TS.-** Transport Stream, flujo de transporte

**TSP.-** Transport Stream Packet, paquete de flujo de transporte

**TV.-** Televisión

**Tx.-** Transmisión

**UHF.-** Ultra High Frequency, frecuencia ultra alta

**UIT.-** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UR.-** Unidad de Rack

**us.-** Microsegundos

**UTP.-** Unshielded Twisted Pair

**VHF.-** Very High Frequency, frecuencia muy alta

## BIBLIOGRAFIA

- A. H. SYSTEMS, INC. (14 de agosto de 2018). *FCC-4 Tuned Dipole Antenna*. Obtenido de [http://www.ahsystems.com/datasheets/FCC-4\\_Tuned\\_Dipole\\_Antenna\\_Datasheet.pdf](http://www.ahsystems.com/datasheets/FCC-4_Tuned_Dipole_Antenna_Datasheet.pdf)
- A.H. SYSTEMS, INC. (09 de agosto de 2010). 3 Meter calibration tunable dipole antenna balun 4 model FCC-4 SN 425. Chatsworth, Estados Unidos.
- Amazon. (22 de septiembre de 2018). *Greentek Indoor Antenna with signal amplifier UVR-AV185*. Obtenido de <https://www.amazon.com.au/Greentek-Indoor-Antenna-amplifier-UVR-AV185/dp/B0776S9GWF>
- ARCOTEL. (14 de agosto de 2015). Resolución ARCOTEL-2015-0301. *Norma técnica para el servicio de radiodifusión de televisión digital terrestre*. Quito, Ecuador.
- ARCOTEL. (01 de febrero de 2016). Resolución ARCOTEL-2016-0098. Quito, Ecuador.
- ARCOTEL. (13 de diciembre de 2017). Resolución 12-09-ARCOTEL-2017. Quito, Ecuador.
- ARCOTEL. (junio de 2018). *Inicio: Radiodifusión sonora y Televisión abierta*. Obtenido de Estaciones concesionadas de Televisión Abierta y Digital terrestre: [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/8.1.2-Concesiones-Televisi%C3%B3n-Abierta-y-Digital-terrestre\\_Junio\\_-2018\\_R.xlsx](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/8.1.2-Concesiones-Televisi%C3%B3n-Abierta-y-Digital-terrestre_Junio_-2018_R.xlsx)
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Montecristi.
- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2007). *ABNT NBR 15601:2007*. Río de Janeiro.



- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2008). *ABNT NBR 15608-1:2008*. Río de Janeiro.
- CAROL BRAND. (14 de agosto de 2018). *Electronics Coaxial Cable RG 58/U Type*. Obtenido de <https://www.alliedelec.com/m/d/b6728848b37672a49202d050a0ff49b5.pdf>
- CCTV CAMERA WORLD. (27 de octubre de 2018). *16 Channel Tribrid DVR with 16 Audio*. Obtenido de <https://www.cctvcameraworld.com/16-channel-1080p-tribrid-dvr-16-audio.html>
- Collins, G. W. (2001). *Fundamentals of Digital Television Transmission*. Nueva York: JOHN WILEY & SONS, INC.
- CONATEL. (2005). *Resolución 01-01-CONATEL-2005*. Quito.
- CONATEL. (25 de marzo de 2010). *RESOLUCION 084-05-CONATEL-2010*. Quito, Ecuador.
- CONATEL. (25 de marzo de 2010). *Resolución 084-05-CONATEL-2010*. Quito, Ecuador.
- CONATEL. (29 de julio de 2011). *Resolución RTV-596-16-CONATEL-2011*. Quito, Ecuador.
- CONATEL. (16 de diciembre de 2011). *Resolución RTV-961-26-CONATEL-2011*. Quito, Ecuador.
- Cubero, M. (2009). *La Televisión Digital. Fundamentos y Teorías*. México D.F.: Alfaomega.
- Curotto, F., Espinosa, S., Vergara, M., & Morales, N. (2012). *Antenas, Polarización y Diagramas de Radiación*. Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile.
- DiBEG. (abril de 2015). *DiBEG's Support for developing each adopting country's standards*. Obtenido de HOME ISDB-T Adopting

Countries Standards of Adopting Countries:  
[https://www.dibeg.org/php/force-download.php?file=../world/adopting/support\\_Activities\\_for\\_Standardization.pdf](https://www.dibeg.org/php/force-download.php?file=../world/adopting/support_Activities_for_Standardization.pdf)

DiBEG. (1 de septiembre de 2018). *DiBEG | ISDB-T Official Web Site*.  
Obtenido de <https://www.dibeg.org/>

Disensa. (14 de agosto de 2018). *Cable Coaxial RG 6/U - 75 OHM - Electrocables - disensa*. Obtenido de <https://www.disensa.com.ec/cable-coaxial-rg-6-u-75-ohm/p>

E-Bay. (14 de agosto de 2018). *Samsung SRD-1670D 16 Channel 1TB Up to 480fps DVR H.264 DVD-RW 5703360525552*. Obtenido de <https://www.ebay.com/itm/Samsung-SRD-1670D-16-Channel-1TB-Up-to-480fps-DVR-H-264-DVD-RW-/252064653647>

Félix, E. (2006). *Sistemas de radio y televisión*. Madrid: MGH Formación Técnica.

Fisher, W. (2008). *Tecnologías para la Radiodifusión Digital de Video y Audio*. Leipzig: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Mercado Libre. (14 de agosto de 2018). *Antena Tv Digital Magnetica Para Smart Tv Plasma Led Lcd*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416335881-antena-tv-digital-magnetica-para-smart-tv-plasma-led-lcd-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416335881-antena-tv-digital-magnetica-para-smart-tv-plasma-led-lcd-_JM)

Mercado Libre. (27 de octubre de 2018). *Bandeja Estandar Para Rack 19" 2ur Beaucoup I-1101 40cm - U\$S 15,97 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417281194-bandeja-estandar-para-rack-19-2ur-beaucoup-i-1101-40cm-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417281194-bandeja-estandar-para-rack-19-2ur-beaucoup-i-1101-40cm-_JM)

Mercado Libre. (27 de octubre de 2018). *Cable De Audio Y Vídeo 3rca A 3rca 1,5 Metros - U\$S 1,35 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417541094-cable-de-audio-y-video-3rca-a-3rca-15-metros-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417541094-cable-de-audio-y-video-3rca-a-3rca-15-metros-_JM)

Mercado Libre. (27 de octubre de 2018). *Patch Cord Am-pc6-3 Cable Utp Cat6 3 Metros - U\$S 3,49 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417354683-patch-cord-am-pc6-3-cable-utp-cat6-3-metros-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417354683-patch-cord-am-pc6-3-cable-utp-cat6-3-metros-_JM)

Mercado Libre. (27 de octubre de 2018). *Rack Abierto De Piso Encapsulado 24ur 48plg Beaucoup I-1043 - U\$S 124,99 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416729542-rack-abierto-de-piso-encapsulado-24ur-48plg-beaucoup-i-1043-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-416729542-rack-abierto-de-piso-encapsulado-24ur-48plg-beaucoup-i-1043-_JM)

Mercado Libre. (30 de octubre de 2018). *Regleta Multitoma Electrica 11 Tomas Metalica Para Rack - U\$S 33,00 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417581924-regleta-multitoma-electrica-11-tomas-metalica-para-rack-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-417581924-regleta-multitoma-electrica-11-tomas-metalica-para-rack-_JM)

Mercado Libre. (14 de agosto de 2018). *Splitter Coaxial De 1 Entrada A 8 Salidas Marca Alcatel - U\$S 6,00 en Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-415990161-splitter-coaxial-de-1-entrada-a-8-salidas-marca-alcatel-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-415990161-splitter-coaxial-de-1-entrada-a-8-salidas-marca-alcatel-_JM)

Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Física 3 BGU LNS*. Quito: Don Bosco.

Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2018). *Libro Blanco de la Sociedad de la Información y del Conocimiento*. Quito.

MINTEL. (12 de agosto de 2018). *Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información > Comunicamos > Biblioteca > Entró en vigencia el reglamento técnico ecuatoriano para “televisores con sintonizador del estándar de televisión digital ISDB-T internacional”*. Obtenido de [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/entro-en-vigencia-el-](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/entro-en-vigencia-el-isdb-t-internacional)

reglamento-tecnico-ecuadoriano-para-televisores-con-sintonizador-del-estandar-de-television-digital-isdb-t-internacional/

MINTEL. (agosto de 2018). Plan Maestro de Transición a la Televisión Digital Terrestre 2018-2021. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-presento-plan-maestro-transicion-la-television-digital-terrestre-tdt-2018-2021/>

Pisciotta, N. O. (septiembre de 2010). Sistema ISDB-Tb (Primera parte). *Sistema ISDB-Tb (Primera parte)*. Argentina: Centro de Investigación Aplicada y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones (CIADE-IT) - Universidad Blas Pascal.

Registro Oficial. (18 de febrero de 2015). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Quito, Ecuador.

Rohde & Schwarz. (14 de agosto de 2018). *Guía rápida de referencia del analizador de TV portátil R&S®ETH*. Obtenido de R&S®ETH Handheld TV Analyzer Quick Reference Guide: [https://www.rohde-schwarz.com/es/manual/gu-a-r-pida-de-referencia-del-analizador-de-tv-port-til-r-s-eth-manuales-gb-sg\\_230144-28443.html](https://www.rohde-schwarz.com/es/manual/gu-a-r-pida-de-referencia-del-analizador-de-tv-port-til-r-s-eth-manuales-gb-sg_230144-28443.html)

SAMSUNG. (01 de noviembre de 2018). *samsung\_srd1670*. Obtenido de [https://www.mitax.hu/pdf/samsung\\_srd1670.pdf](https://www.mitax.hu/pdf/samsung_srd1670.pdf)

SUKASA. (22 de septiembre de 2018). *Receptor de TV digital ISDB-T con control, antena, RCA y HDMI DITV-168 MaxiTec*. Obtenido de <http://www.sukasa.com/catalog/product/view/id/40472/s/receptor-de-tv-digital-isdb-t-con-control-antena-rca-y-hdmi-ditv-168-maxitec/category/1329/>

SUKASA. (14 de agosto de 2018). *Sukasa - Decodificador ISDB-T Mundy Home*. Obtenido de <http://www.sukasa.com/decodificador-isdb-t-mundy-home.html>

SUPERTEL. (2010). *Informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador*. Quito.

- SUPTEL. (Agosto de 2007). Publicaciones Institucionales. *Compendio histórico de las telecomunicaciones en el Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Truper. (22 de septiembre de 2018). *Antena aérea para TV*. Obtenido de <https://www.truper.com/pdf/manuales/48470.pdf>
- UIT. (2016). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Ginebra.
- UIT-R. (2010). *Informe UIT-R SM.2155*. Ginebra.
- UIT-R. (marzo de 2011). Recomendación UIT-R BT.601-7. *Parámetros de codificación de televisión digital para estudios con formatos de imagen normal 4:3 y de pantalla ancha 16:9*. Ginebra, Suiza.
- UIT-R. (septiembre de 2014). Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz. *Recomendación UIT-R P.1546-5*. Ginebra, Suiza.
- VIVEWOW. (29 de octubre de 2018). *TV Led 43"*. Obtenido de <https://vivewow.com/televisores/239-340-tv-led-43-samsung.html>
- Voltech. (22 de septiembre de 2018). *Antena aérea HDTV amplificada giratoria 360° a control remoto*. Obtenido de [https://www.voltech.com.mx/pages/lib\\_pdf/truper/testpdf.php](https://www.voltech.com.mx/pages/lib_pdf/truper/testpdf.php)

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Guzmán Miranda, Carlos Alberto**, con C.C: # **0911069862** autor del trabajo de titulación: “**Sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil**” previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de marzo de 2019**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Guzmán Miranda, Carlos Alberto**

C.C: **091106986-2**

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

|  |   |   |            |
|--|---|---|------------|
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>   | <b>Sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil</b>      |   |            |
| <b>AUTOR(ES)</b>   | <b>Carlos Alberto Guzmán Miranda</b>  |   |            |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>   | <b>MSc. María Luzmila Ruilova Aguirre</b>   |   |            |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>  | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil   |   |            |
| <b>FACULTAD:</b>   | <b>Sistema de Posgrado</b>  |   |            |
| <b>CARRERA:</b>  | <b>Maestría en Telecomunicaciones</b>   |   |            |
| <b>TITULO OBTENIDO:</b>  | <b>Magíster en Telecomunicaciones</b>   |   |            |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>   | <b>11 de marzo de 2019</b>  | <b>No. PÁGINAS:</b>   | <b>140</b> |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>  | Sistemas de Comunicación, Televisión digital terrestre, Radiocomunicaciones   |   |            |
| <b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>  | Televisión Digital Terrestre, Radiocomunicaciones, ISDB-Tb, Espectro Radioeléctrico, Sistema de monitoreo, Control del espectro |   |            |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>  |   |   |            |
| <p>La Televisión Digital Terrestre – TDT es un servicio que se encuentra aún en etapa de despliegue en el Ecuador, desde la adopción del estándar ISDB-Tb aún queda una gran parte del espectro radioeléctrico que no ha migrado de la televisión analógica hacia TDT, por lo cual es importante la implementación de sistemas de monitoreo y control del espectro radioeléctrico de parte de la entidad de regulación y control. El presente trabajo presenta una propuesta de un sistema de monitoreo de la programación de las estaciones de TDT, lo cual permitirá coadyuvar al control del uso del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicaciones en la banda de UHF, se realiza un análisis técnico de la idoneidad del sitio de recepción de señales mediante la medición de los parámetros técnicos de las señales de TDT, se analizan equipos set top box (STB), antenas que operan en la banda UHF y equipos de grabación de video, para finalmente presentar el diseño del sistema propuesto para el monitoreo y control del uso del espectro radioeléctrico de TDT en la ciudad de Guayaquil.</p> |   |   |            |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>  | <input checked="" type="checkbox"/> SI  | <input type="checkbox"/> NO   |            |
| <b>CONTACTO CON AUTORES:</b>   | <b>Teléfono:</b> +593-4-4845478   | <b>E-mail:</b> <a href="mailto:alcaguzman@hotmail.com">alcaguzman@hotmail.com</a> |            |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>   | <b>Nombre: Romero Paz Manuel</b>  |   |            |
|  | <b>Teléfono:</b> +593-994606932   |   |            |
|  | <b>E-mail:</b> manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec   |   |            |
| <b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>  |   |   |            |
| <b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>  |   |   |            |
| <b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>   |   |   |            |
| <b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>  |   |   |            |