



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de ingeniería en electricidad y computación**

**“ANÁLISIS DE LAS MEJORES PRÁCTICAS PARA LA  
MEDICIÓN DE CAMPO Y COMPARACIÓN CON VALORES  
TEÓRICOS, DE LOS NIVELES DE RECEPCIÓN DE RF DE UNA  
SEÑAL DE TDT”**

**INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

**“INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES”**

Presentado por:

Kelvin Iván Ponce Pineda  
Thelmo Gustavo Jarrín Rodríguez

Guayaquil – Ecuador

2015

## **AGRADECIMIENTO**

A todas aquellas personas que

Nos proporcionaron su ayuda para la

Realización de este proyecto, a su tiempo,

Experiencia, colaboración.

## **DEDICATORIA**

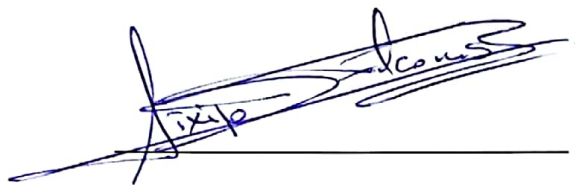
A mi familia que con su apoyo he logrado esta meta,  
Iván, Estela, Henry, Fátima, Isaac y todos los  
docentes que compartieron sus saberes

**Kelvin Iván Ponce Pineda**

A Dios, a mi familia que con mucho esfuerzo y amor me han ayudado a  
cumplir una meta, A mis amigos y a los Docentes que compartieron sus  
conocimientos y experiencias

**Thelmo Gustavo Jarrín Rodríguez**

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Ph.D. Sixifo Falcones**

PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN



**Ph.D. Douglas Plaza**

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe, nos corresponde exclusivamente a nosotros; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Christian Arturo Játiva Lalangui



---

Carlos Jonathan Ramírez Gallegos

## RESUMEN

En el presente proyecto se realizó un estudio de las prácticas de cálculo de cobertura de una señal de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil. Empezando por realizar un análisis de varios modelos de propagación para posteriormente implementarlos utilizando un software especializado, cuyos resultados serán comparados con mediciones reales.

Objetivamente, los modelos de propagación que se utilizaron fueron, el modelo Okumura – Hata y la Recomendación UIT-R P.1546-5, debido a que son los más utilizados en el cálculo de cobertura de las señales de Televisión Abierta, siendo la recomendación UIT-R P.1546-5 un modelo de alta complejidad desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y utilizado por la Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil (ANATEL).

Se desarrollaron campañas de medición que cubrieron gran cantidad de sitios de la ciudad de Guayaquil, utilizando procedimientos para obtener valores de campo eléctrico en puntos fijos y en movimiento, con la finalidad de contrastar estos resultados con los obtenidos por las predicciones en software.

Para las mediciones reales se realizó el análisis de instrumentación en los que constan las características del analizador de espectros, cables, conectores, vehículos de transportación y sistema de geo localización (GPS). Dentro de la cobertura por predicción se empezó por realizar el estudio del software de

Simulación para el cual adicionalmente se desarrolló un manual de procedimientos que será presentado posteriormente. La campaña de medición se elaboró durante varias semanas obteniendo 32 mediciones en 8 sitios de la ciudad y 2 recorridos de Drive Test, todas estas mediciones por cada canal.

Posteriormente se procedió a realizar el análisis focalizado en el desempeño de los modelos de propagación contrastados con las mediciones reales, lo cual presento resultados que permitieron determinar la mejor opción para realizar un cálculo de Cobertura en la ciudad de Guayaquil.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	I
ABREVIATURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	XIV
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN A TDT Y A LOS MODELOS TEÓRICOS DE COBERTURA DE UNA SEÑAL DIGITAL .....	1
1.    Televisión digital terrestre .....	1
1.1.    Propagación de una señal electromagnética .....	2
1.2.    Potencia recibida .....	3
1.3.    Propagación en el espacio libre.....	4
1.4.    Zona de Fresnel.....	5
1.5.    Formas básicas de propagación .....	6
1.5.1.    Reflexión .....	6
1.5.2.    Difracción.....	7
1.5.3.    Absorción .....	7
1.5.4.    Refracción.....	8
1.5.5.    Atenuación por lluvia .....	8
1.6.    Estándar de transmisión de TDT adoptado en el Ecuador .....	9
1.6.1.    Inicio de la TDT en el Ecuador .....	9
1.7.    Estándar Japonés-Brasileño ISDB-Tb.....	10
1.7.1.    Ventajas del sistema SBTVD.....	11



1.7.2.	Desventajas del sistema SBTVD.....	12
1.8.	Modelos teóricos para el cálculo de cobertura en TDT .....	12
1.8.1.	Modelo de propagación .....	12
1.8.2.	Modelo FRESNEL .....	13
1.8.3.	REC.ITU-R P.525 cálculo de atenuación en el espacio libre. ....	14
1.8.3.1	Enlace punto a zona. ....	14
1.8.3.2	Enlace punto a punto.....	15
1.8.4.	Recomendación UIT-R P.1546-5. ....	15
1.8.5.	Okumura-Hata .....	20
CAPÍTULO 2.....		23
2.	PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA.....	23
2.1.	Parámetros de transmisión.....	24
2.1.1.	Modulación.....	24
2.1.2.	Esquemas de modulación .....	26
2.1.3.	Intensidad de campo eléctrico.....	26
2.1.4.	Potencia máxima ERP.....	28
2.1.5.	Umbral y Tasa [C/N] .....	28
2.1.6.	Trasmisión de datos .....	29
2.1.7.	BER.....	31
2.1.8.	MER .....	31
2.1.9.	Frecuencias de las portadoras .....	32
2.2.	Parámetros de recepción.....	33
2.2.1.	Antena de recepción.....	34
2.2.2.	Receptor integrado .....	34
2.2.3.	Convertidor digital (Set-Top Box) .....	35
2.3.	Parámetros de los programas a utilizar en las simulaciones de cobertura. ....	35

2.3.1. ICS Telecom .....	35
2.3.1.1 Parámetros de entrada .....	36
2.3.1.2 Tipos de MDT .....	37
2.3.1.3 Configuración de los patrones de radiación .....	38
2.3.1.4 Características principales ANTIOS .....	39
2.3.1.5 Características del procesamiento de la información.....	40
2.4. Metodología para el cálculo de cobertura. ....	43
2.4.1. Predicción de cobertura.....	43
2.4.2. Método Drive Test. ....	44
2.4.2.1 Velocidad del Vehículo. ....	45
2.5.Método de Puntos Fijos.....	46
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>48</b>
3.MEDICIONES REALES Y PREDICCIONES DE LA COBERTURA DE TDT .....	48
3.1.Instrumentación utilizada para las mediciones reales, metodología: Drive Test .....	49
3.2. Recorridos escogidos para el Drive-Test .....	51
3.2.1. Primer recorrido .....	52
3.2.2. Segundo recorrido .....	53
3.3. Instrumentación utilizada para las mediciones reales, metodología: Puntos fijos.	54
3.4. Selección de Puntos fijos.....	56
3.5. Instrumentación de Predicción de intensidad de campo.....	61
3.6. Información Técnica del sistema Radiante.....	63
3.6.1. Información sistema Radiante Ecuavisa .....	64
3.6.2. Información sistema Radiante RTS .....	65
3.6.3. Información sistema Radiante RTS .....	66
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>67</b>
4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALES Y PREDICCIONES. ....	67

4.1.	Resultados de Mediciones Reales Recorrido 1. ....	68
4.1.1.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para Ecuavisa.....	68
4.1.2.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para RTS. ....	69
4.1.3.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para TC.....	69
4.2.	Resultados de Mediciones Reales Recorrido 2. ....	70
4.2.1.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para Ecuavisa.....	70
4.2.2.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para RTS.....	71
4.2.3.	Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para TC.....	71
4.3.	Resultado de Predicciones.....	72
4.3.1.	Resultados de Predicción Okumura – Hata para Ecuavisa. ....	72
4.3.2.	Resultados de Predicción Okumura – Hata para RTS.....	73
4.3.3.	Resultados de Predicción Okumura – Hata para TC. ....	74
4.3.4.	Resultados de ITUR –P.1546 para Ecuavisa. ....	75
4.3.5.	Resultados de ITUR –P.1546 para RTS. ....	76
4.3.6.	Resultados de ITUR –P.1546 para TC.....	77
4.4.	Resultados de Mediciones en Puntos Fijos.....	78
4.4.1.	Tabla de Resultados de puntos Fijos para Ecuavisa. ....	78
4.4.2.	Tabla de Resultados de puntos Fijos para RTS.....	79
4.4.3.	Tabla de Resultados de puntos Fijos para TC. ....	79
4.5.	Análisis de Resultados. ....	80
4.5.1.	Análisis de Resultados Reales vs Predicciones para Drive Test. ....	80
4.5.1.1.	Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para Ecuavisa en el Recorrido 1. ....	81
4.5.1.2.	Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para RTS en el Recorrido 1.....	82
4.5.1.3.	Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para TC en el Recorrido1. ....	83
4.5.2.	Resultados Reales vs Okumura – Hata para el recorrido 2. ....	84
4.5.2.1.	Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para ECUAVISA en el Recorrido 2. ....	84
4.5.2.2.	Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para RTS en el Recorrido 2. ....	85

4.5.2.3.Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para TC en el Recorrido 2. ....	86
4.5.3.Resultados Reales vs UIT-R P.1546 para el recorrido 1. ....	87
4.5.3.1.Medición Real vs UIT-R P.1546 para Ecuavisa en el Recorrido 1.....	87
4.5.3.2.Medición Real vs UIT-R P.1546 para RTS en el Recorrido 1. ....	88
4.5.3.3.Medición Real vs UIT-R P.1546 para TC en el Recorrido 1.....	89
4.5.4.Resultados Reales vs UIT-R P.1546 para el recorrido 2. ....	90
4.5.4.1.Medición Real vs UIT-R P.1546 para Ecuavisa en el Recorrido 2.....	90
4.5.4.2.Medición Real vs UIT-R P.1546 para RTS en el Recorrido 2. ....	91
4.5.4.3.Medición Real vs UIT-R P.1546 para TC en el Recorrido 2.....	92
4.5.5.Análisis de Resultados Okumura – Hata vs UIT-R P.1546 para el recorrido 1.....	93
4.5.6.Análisis de Resultados Reales vs Predicciones para Puntos Fijos .....	95
4.5.6.1.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Guasmo Central. para Ecuavisa.....	95
4.5.6.2.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en la Entrada de la 8.....	96
4.5.6.3.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Guayacanes.....	96
4.5.6.4.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Los Ceibos. ....	97
4.5.6.5.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Ciudadela IETEL- Supertel. ....	97
4.5.6.6.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en 11 y Maldonado. ....	98
4.5.6.7.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Vía a la Costa. ....	98
4.5.6.8.Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en IMAX, Malecón.....	99
4.5.7. Resultados Reales vs Predicciones de Puntos Fijos para RTS.....	99
4.5.7.1.Mediciones en Puntos fijos RTS en Guasmo Central. ....	99
4.5.7.2.Mediciones en Puntos fijos RTS en Entrada de la 8. ....	100
4.5.7.3.Mediciones en Puntos fijos RTS en Guayacanes. ....	100
4.5.7.4.Mediciones en Puntos fijos RTS en Los Ceibos. ....	101
4.5.7.5.Mediciones en Puntos fijos RTS en Ciudadela IETEL, Supertel.....	101
4.5.7.6.Mediciones en Puntos fijos RTS en 11 y Maldonado.....	102
4.5.7.7.Mediciones en Puntos fijos RTS en Vía a la Costa. ....	102

4.5.7.8.Mediciones en Puntos fijos RTS en IMAX, Malec3n. ....	103
4.5.8. Resultados Reales vs Predicciones de Puntos Fijos para TC. ....	103
4.5.8.1.Mediciones en Puntos fijos TC en Guasmo Central.....	103
4.5.8.2.Mediciones en Puntos fijos TC en Entrada de la 8. ....	104
4.5.8.3.Mediciones en Puntos fijos TC en Guayacanes.....	104
4.5.8.4.Mediciones en Puntos fijos TC en Los Ceibos. ....	105
4.5.8.5.Mediciones en Puntos fijos TC en Ciudadela IETEL, Supertel. ....	105
4.5.8.6.Mediciones en Puntos fijos TC en 11 y Maldonado. ....	106
4.5.8.7.Mediciones en Puntos fijos TC en Vía a la Costa. ....	106
4.5.8.8.Mediciones en Puntos fijos TC en IMAX, Malec3n. ....	107
4.6.Análisis de resultados en Puntos Fijos.....	107
CONCLUSIONES .....	110
RECOMENDACIONES .....	115
ANEXOS.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	135

## BREVIATURAS

<b>3D</b>	Tres Dimensiones.
<b>ABNT</b>	Asociación Brasileña de Normas Técnicas.
<b>AC-3</b>	Audio Compression – 3.
<b>BER</b>	Bit Error Rate.
<b>BST-OFDM</b>	Band Segmented Transmission OFDM.
<b>CITDT</b>	Comité interinstitucional técnico para Implementación de la Televisión Digital Terrestre.
<b>COFDM</b>	Coded OFDM.
<b>DESV. EST.</b>	Desviación Estandar.
<b>DQPSK</b>	Differential Quadrature PSK.
<b>DTV</b>	Digital Television.
<b>DVB-C</b>	Digital Video Broadcasting – Cable.
<b>DVB-S</b>	Digital Video Broadcasting – Satellite.
<b>DVB-T</b>	Digital Video Broadcasting – Terrestrial.
<b>ECUAVISA</b>	Corporación Ecuatoriana de Televisión.
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento Global.
<b>H.264</b>	Codec MPEG-4.
<b>HD</b>	Alta definición.
<b>HDTV</b>	Televisión en alta definición.
<b>HE-AAC</b>	Codificador avanzado de audio de alta eficiencia.

<b>ISDB-T</b>	Servicios Integrados de Radiodifusión Digital Terrestre.
<b>MDT</b>	Modelo Digital de Terreno.
<b>MER</b>	Tasa de error de modulación.
<b>MPEG</b>	Moving Pictures Experts Group.
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
<b>OS</b>	One Segment.
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation.
<b>RTS</b>	Red Telesistema.
<b>SD</b>	Standard Definition.
<b>SDTV</b>	Standard Definition Television.
<b>SFN</b>	Single Frequency Network.
<b>SHF</b>	Super High Frequency.
<b>STB</b>	Set Top Box.
<b>SUPERTEL</b>	Superintendencia de Telecomunicaciones.
<b>TC</b>	Corporación Ecuatoriana de Televisión.
<b>TDT</b>	Televisión Digital Terrestre.
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency.
<b>VHF</b>	Very High Frequency.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Intensidad de campo mínima de recepción.....	27
Tabla 2: Potencia máxima ERP .....	28
Tabla 3: Umbral y Tasa [C/N].....	28
Tabla 4: Transmisión datos de un único segmento.....	29
Tabla 5: Transmisión de datos para 13 segmentos .....	30
Tabla 6: Calidad de Transmisión digital .....	31
Tabla 7: Distribución de bandas por frecuencias .....	32
Tabla 8: Frecuencias de Televisión Digital .....	33
Tabla 9: Analizador Tv Digital Rohde & Schwarz.....	49
Tabla 10: Antena Tipo Yagi .....	50
Tabla 11: Vehículo para Drive Test.....	50
Tabla 12: Analizador de Tv Rohde & Schwarz Puntos Fijos .....	55
Tabla 13: Antena Pasiva de dipolo .....	55
Tabla 14: Características Nissan Patrol.....	56
Tabla 15: Selección de puntos fijos .....	56
Tabla 16: Punto Fijo, Ceibos Norte .....	57
Tabla 17: Punto Fijo, Guasmo Central.....	57
Tabla 18: Punto Fijo, 11 y Maldonado .....	58
Tabla 19: Punto fijo, entrada de la 8 .....	58
Tabla 20: Punto fijo, Sambo City.....	58
Tabla 21: Punto fijo, Vía a la costa .....	59



Tabla 22: Punto fijo, Malecon 2000.....	59
Tabla 23: Punto fijo, Guayacanes.....	59
Tabla 24: Punto fijo, Supertel.....	60
Tabla 25: Punto fijo, La Aurora .....	60
Tabla 26: Punto fijo, Cdla. Panorama .....	60
Tabla 27: Punto fijo, Guayacanes noche .....	61
Tabla 28: Punto fijo, Supertel noche .....	61
Tabla 29: Información sistema radiante Ecuavisa.....	64
Tabla 30: Información sistema radiante RTS.....	65
Tabla 31: Información sistema radiante TC .....	66
Tabla 32: Mediciones Puntos fijos Ecuavisa .....	78
Tabla 33: Mediciones puntos fijos RTS.....	79
Tabla 34: Mediciones puntos fijos TC .....	79
Tabla 35: Resultados Drive Test Vs Predicciones .....	93
Tabla 36: Resumen Puntos fijos Ecuavisa.....	107
Tabla 37: Resumen Puntos Fijos RTS.....	108
Tabla 38: Resumen Puntos fijos TC .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Zona de Fresnel.....	5
Figura 1.2: Tipos de Refracción .....	7
Figura 2.1: Asignación de segmentos.....	25
Figura 2.2: Distribución paquetes en TDT.....	25
Figura 2.3: Modelos de propagación ICS Telecom .....	41
Figura 2.4: Simulación 3D ICS Telecom .....	42
Figura 2.5: Resultado Metodología Drive Test.....	45
Figura 2.6: Metodología Drive Test.....	46
Figura 2.7: Metodología 4 Puntos fijos.....	47
Figura 3.1: Mapa de Guayaquil. ....	51
Figura 3.2: Primer Recorrido Drive Test .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.3: Segundo recorrido Drive Test .....	53
Figura 3.4: ATDI ICS TELCOM logotipo [22] .....	62
Figura 3.5: Antios logotipo [24].....	63
Figura 4.1: Resultado mediciones recorrido 1 Ecuavisa .....	68
Figura 4.2: Resultado mediciones recorrido 1 RTS .....	69
Figura 4.3: Resultados mediciones recorrido 1 TC .....	69
Figura 4.4: Resultado recorrido 2 Ecuavisa .....	70
Figura 4.5: Resultado mediciones recorrido 2 RTS .....	71
Figura 4.6: Resultado mediciones recorrido 2 TC.....	71
Figura 4.7: Resultado predicción Okumura-Hata Ecuavisa.....	72
Figura 4.8: Resultado predicción Okumura - Hata Rts.....	73
Figura 4.9: Resultado predicción Okumura - Hata Tc .....	74

Figura 4.10:Resultado predicción ITUR-P. 1546 Ecuavisa .....	75
Figura 4.11 :Resultado predicción ITUR-P. 1546.....	76
Figura 4.12:Resultado predicción ITUR-P. 1546.....	77
Figura 4.13:Correlación medición Real Vs Okumura Hata, Ecuavisa, recorrido 181	
Figura 4.14:Correlación, medición real Vs Okumura Hata RTS recorrido 1 .....	82
Figura 4.15:Correlación, medición real Vs Okumura Hata TC recorrido 1.....	83
Figura 4.16:Correlación, medición real Vs Okumura Hata Ecuavisa recorrido 2.....	84
Figura 4.17:Correlación, medición real Vs Okumura Hata RTS recorrido 2 .....	85
Figura 4.18:Correlación, medición real Vs Okumura Hata TC Recorrido 2 .....	86
Figura 4.19:Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 Ecuavisa recorrido 1 .....	87
Figura 4.20:Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 RTS recorrido 1.....	88
Figura 4.21 :Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 TC recorrido 1 .....	89
Figura 4.22:Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 Ecuavisa recorrido 2 .....	90
Figura 4.23:Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 RTS recorrido 2.....	91
Figura 4.24:Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 TC recorrido 2.....	92
Figura 4.25:Medición punto fijo Ecuavisa - Guasmo central .....	95
Figura 4.26:Medición punto fijo Ecuavisa - Entrada de la 8 .....	96
Figura 4.27:Medición punto fijo Ecuavisa – Guayacanes.....	96
Figura 4.28:Medición punto fijo Ecuavisa – Ceibos .....	97
Figura 4.29:Medición punto fijo Ecuavisa – Supertel .....	97
Figura 4.30:Medición punto fijo Ecuavisa – 11 y Maldonado .....	98
Figura 4.31: Medición punto fijo Ecuavisa – Vía a la costa .....	98
Figura 4.32:Medición punto fijo Ecuavisa – IMAX.....	99
Figura 4.33:Medición punto fijo RTS – Guasmo central.....	99

Figura 4.34:Medición punto fijo RTS – Entrada de la 8.....	100
Figura 4.35:Medición punto fijo RTS – Guayacanes.....	100
Figura 4.36:Medición punto fijo RTS – Los ceibos.....	101
Figura 4.37:Medición punto fijo RTS – Supertel.....	101
Figura 4.38:Medición punto fijo RTS – 11 y Maldonado.....	102
Figura 4.39:Medición punto fijo RTS – Via a la costa.....	102
Figura 4.40:Medición punto fijo RTS – IMAX.....	103
Figura 4.41 : Medición punto fijo TC – Guasmo central .....	103
Figura 4.42: Medición punto fijo TC – Entrada de la 8 .....	104
Figura 4.43: Medición punto fijo TC – Guayacanes .....	104
Figura 4.44: Medición punto fijo TC – Los ceibos .....	105
Figura 4.45: Medición punto fijo TC – SUPERTEL .....	105
Figura 4.46: Medición punto fijo TC – 11 y Maldonado.....	106
Figura 4.47: Medición punto fijo TC – Vía a la costa.....	106
Figura 4.48: Medición punto fijo TC – IMAX .....	107

## INTRODUCCIÓN

Las Telecomunicaciones en el Ecuador han marcado desde sus inicios un pilar importante para los enlaces económicos y sociales del país, dentro de todas sus aplicaciones la Televisión ha sido un destacado medio por el que se concentra la mayor parte de información que viaja a millones de hogares a todas horas y por el cual se manejan diferentes tipos de actividades. La televisión Abierta, particularmente al ser un servicio de Telecomunicaciones necesita hacer uso del Espectro radioeléctrico por lo que, tal como la Constitución de la República del Ecuador indica, está sujeta a un marco regulatorio que será quien mantendrá un control para que este cumpla con los distintos parámetros de calidad de servicio para sus usuarios. A medida que el Ecuador se interna en el mundo de la Televisión Digital Abierta, el país podrá ir suprimiendo la brecha digital que existe entre las clases sociales dando más oportunidades y servicios, pero de la misma forma, debe mantenerse un control sobre su desempeño técnico.

El presente Estudio tiene como objetivo describir los diferentes procedimientos a seguir para tener una buena práctica en el cálculo de Cobertura de una señal de TDT en la ciudad de Guayaquil. Teniendo como antecedente la ausencia de una norma técnica para regulación de la Televisión Digital Terrestre en el país, y la existencia del software de Simulación ICS TELECOM de ATDI, el

cual es una herramienta muy compleja y actualizada de predicción de señales de RF, con alta precisión y detalle.

El presente proyecto es un estudio para recomendar una práctica de medición de cobertura de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil, La Televisión Digital Terrestre está en proceso de transición y al momento no ha llegado a su tener su máxima explotación por lo que este estudio es válido para todo análisis de cobertura de TDT con el estándar ISDBTb para la situación Geográfica y Meteorológica de Guayaquil. Para hacer uso de este estudio en otras ciudades del Ecuador con el mismo estándar de transmisión es necesario recurrir a los arreglos de adaptación que poseen los modelos de propagación utilizados y que no son parte del estudio.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN A TDT Y A LOS MODELOS TEÓRICOS DE COBERTURA DE UNA SEÑAL DIGITAL.**

### **1. Televisión digital terrestre**

Es el nuevo sistema adoptado a nivel mundial para la transmisión de señal de televisión abierta, marcada por la tecnología que utiliza para transmitir su programación que a diferencia de la televisión tradicional, cuyas ondas eran enviadas de manera analógica, esta codifica su señal de manera binaria, es decir, en forma digital, brindando innumerables

mejoras y complementos a la antigua transmisión, entre las más notables para los usuarios se encuentra el avance hacia una nueva era de video y audio de mayor resolución y fidelidad, multiprogramación con mayor cantidad de canales para diferentes sectores de la sociedad, optimización del espectro, interactividad, y movilidad.

El 26 de marzo del 2010 el gobierno ecuatoriano firma los convenios bilaterales de cooperación y capacitación técnica con los gobiernos del Japón y Brasil, introduciendo el sistema ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting, Terrestrial, Brazilian version), que es el estándar a utilizar para el cambio de la televisión analógica a digital.

### **1.1. Propagación de una señal electromagnética**

En la práctica, la cobertura de la televisión digital terrestre debería asimilarse en lo posible al alcance de la actual televisión analógica, existen elementos que harían que el número de usuarios que se deleiten de esta nueva tecnología vaya en aumento; por ejemplo, cuando no existe una línea de vista directa entre las antenas emisoras y los receptores, se crea una área de sombras, el elemento que nos permite superar esta dificultad es el gap-filter, cuya función principal es cubrir los huecos dentro de la red TDT.



El área donde se brinde la cobertura de una señal de televisión digital terrestre debe mantener una intensidad de campo de por lo menos  $51 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  [3] a diferencia en el caso analógico de  $74 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  [7], con el nuevo estándar binario que se va a manejar, se necesitará una menor potencia en comparación analógico, aunque los valores deberán ser inspeccionados rutinariamente para asegurar una correcta cobertura.

Debido a la geografía de la ciudad de Guayaquil se crean multitrayectorias en las señales, producidas por edificios, automóviles, ruido, para lo cual se debe dejar un rango de guardia en la potencia.

## 1.2. Potencia recibida

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \quad (1.1)$$

Donde:

$P_r$ : Potencia recibida a una distancia  $d$ .

$P_t$ : Potencia de transmisión.

$G_t$ : ganancia en la antena de transmisión.

$G_r$ : Ganancia de la antena receptora.

$d$ : distancia entre el Tx y el Rx (metros).

$\lambda$ : longitud de onda.

La ganancia en la antena viene dado por la relación en su área efectiva ( $A_e$ ) que es un parámetro físico de la antena

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (1.2)$$

Finalmente  $\lambda$  se relaciona con la frecuencia de la portadora ( $f$ ) y la velocidad de la luz ( $c$ ) de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.3)$$

### 1.3. Propagación en el espacio libre

Se denomina espacio libre cuando no existe obstrucción alguna entre la trayectoria desde el emisor al receptor.

La ecuación que describe este comportamiento es la siguiente:

$$L_{bf} = 20 \text{ Log} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (1.4)$$

Donde:

$L_{bf}$ : Pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

$d$ : Distancia

$\lambda$ : Longitud de Onda

La distancia como la longitud de onda deben tener las mismas unidades o de manera similar pero expresada en términos de la frecuencia:

$$L_{bf}[dB] = 32.4 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad (1.5)$$

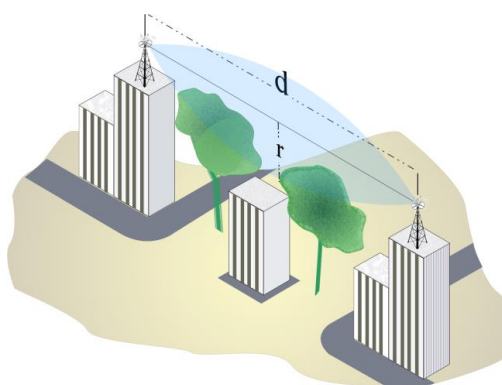
Donde:

*f*: Frecuencia expresada en Mhz

*d*: Distancia expresada en Km

#### 1.4. Zona de Fresnel

En las comunicaciones inalámbricas es llamada una zona adicional que hay que tener en consideración, visualizada como una tubería virtual directamente enlazada desde el emisor hasta el receptor, por donde viajara la mayor parte de la energía, evitando así pérdidas.



**Figura 1.1:** Zona de Fresnel

**Fuente:** Mundo de las comunicaciones, 2014 [15]

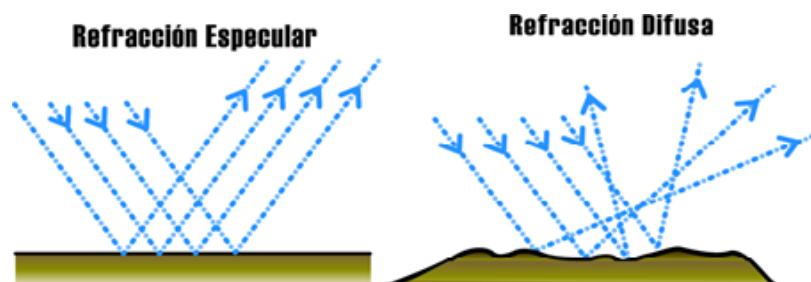
El color azul representa la primera zona del fresnel, si se quiere conseguir un enlace optimo entre el emisor y receptor a una distancia “d” con una frecuencia “f”, se debe respetar que la altura “r” se encuentre por lo menos 80% libre de obstáculos [15].

## **1.5. Formas básicas de propagación**

### **1.5.1. Reflexión**

Se dice que hay reflexión cuando la señal rebota en un obstáculo cuyas dimensiones son mayores que la longitud de onda incidente, que al sumarse con la señal original produce multitrayectorias provocando que se añadan señales considerando las distintas fases.

Cuando la reflexión ocurre sobre terreno liso se denomina reflexión especular, mientras que si ocurre en terrenos irregulares se denomina difusa.



**Figura 1.2:** Tipos de Refracción

**Fuente:** basada en Universidad Del País Vasco, 2014 [16]

### 1.5.2. Difracción

Se da cuando entre la trayectoria del emisor y receptor existe un obstáculo opaco de dimensiones considerablemente superiores a la longitud de onda, a frecuencias altas tanto la difracción como la reflexión dependen de la geometría del objeto, además de la amplitud, fase, y polarización de la onda incidente, en el cual cada elemento del frente de onda podría comportarse como una fuente secundaria, describiendo así el principio de Huygens.

### 1.5.3. Absorción

La absorción sucede cuando elementos propios de la atmosfera absorben energía de la onda electromagnética ocasionando pérdidas.

#### 1.5.4. Refracción

La atmosfera terrestre tiene el efecto de curvar las ondas electromagnéticas, alcanzando así distancias superiores a la de una visión directa, producido por la disminución del índice de refracción a medida que se incrementa la altura.

#### 1.5.5. Atenuación por lluvia

Esta atenuación es despreciable para frecuencias por debajo de 5Ghz [17], pero para diseños con valores superiores a este, debería tener un análisis adecuado, se la puede calcular siguiendo la recomendación UIT-R 838, mediante la siguiente formula:

$$\gamma_r = k R^\alpha \quad (1.6)$$

En la tabla proporciona por la recomendación de la unión internacional de telecomunicaciones UIT-R 838 [17] se puede apreciar distintos valores de  $k$  y  $\alpha$ . Para obtener frecuencias intermedias se recomienda aplicar interpolación utilizando escala logarítmica para la frecuencia y para  $k$ , y una escala lineal para  $\alpha$ .

## **1.6. Estándar de transmisión de TDT adoptado en el Ecuador**

### **1.6.1. Inicio de la TDT en el Ecuador**

El Ecuador adoptó el sistema japonés-brasileño (ISDB-Tb) en marzo del 2010, luego de que la superintendencia de telecomunicaciones presentara al consejo nacional de telecomunicaciones, un informe definitivo para la implementación de la televisión digital terrestre [18], mostrando los estándares internacionales, estudios económicos, pruebas técnicas, impacto socioeconómico, análisis regulatorio, entre demás factores de alta importancia.

A inicios del 2011 se otorgaron las primeras concesiones temporales de frecuencias para que entre los meses Julio y Agosto realicen pruebas de cómo empezar la migración de la tecnología analógica hacia el mundo binario [19], los grandes costos que esta operación implica han llevado a las televisoras a buscar financiamiento, lo cual no todas están en condiciones de hacerlo, por lo cual el cambio se lo está haciendo de manera escalonada.

Se estima que el apagón analógico, se ejecutaría entre los años 2016 y 2020 [18] este último año como plazo máximo, lo que significa que para esta fecha no habrá más en el territorio nacional señales analógicas de televisión, por defecto el usuario deberá adquirir o adaptar elementos que le permitan recibir la nueva señal digital.

### **1.7. Estándar Japonés-Brasileño ISDB-Tb.**

Es un estándar de transmisión de televisión digital desarrollado a base del sistema japonés ISDB-T, con variaciones brasileñas que son el resultado de investigaciones y desarrollos en los centros de investigación en Brasil, a diferencia del estándar japonés, el Sistema Brasileño de Televisión Digital (SBTV-D), para su codificación de video usa MPEG-4 (Moving Picture Experts Group ) con lo cual se obtiene una mejor compresión de los datos y para la codificación del audio emplea HE-AAC (High-Efficiency Advanced Audio Coding), este sistema adoptado por el Ecuador tiene un ancho de banda por canal de transmisión segmentada y modulación con un esquema BST-OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing).



Con respecto a la transmisión para dispositivos móviles existe una variación de la velocidad de presentación a 30 frames/segundo, ya sea para dispositivos fijos o móviles, lo que representa una significativa mejora en el campo de la televisión portátil. [20]

### 1.7.1. Ventajas del sistema SBTVD.

- ✚ Mejora notable de la imagen y el sonido, mayor oferta de programas.
- ✚ Ofrece la capacidad de audio Dolby<sup>1</sup> AC-3 y multilinguaje.
- ✚ Permite la canalización en la franja de 6 Mhz, es decir en un mismo canal se puede ofrecer alta definición y estándar definición.
- ✚ Excelente calidad de video en los dispositivos móviles y portátiles.
- ✚ Oferta de interactividad, permitiendo a los televidentes convertirse en actores e interactuar con la transmisión.
- ✚ En cada segmento de datos se puede aplicar un esquema de codificación y modulación diferente ya sea DQPSK (Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura de

---

<sup>1</sup> Dolby: Nombre asignado para las tecnologías de compresión de audio desarrollado por los Laboratorios Dolby.

polarización dual), 16-QAM (modulación de amplitud en cuadratura) o 64-QAM.

- ✚ El sistema Nipo-Brasileño presenta un mayor rendimiento en cuanto a inmunidad contra el ruido, lo que promueve la flexibilidad para el desarrollo de nuevas aplicaciones.

### **1.7.2. Desventajas del sistema SBTVD.**

- ✚ Una gran desventaja como cualquier sistema nuevo, es el gasto que se necesita realizar para implementarlo, tanto para las empresas transmisoras como para el usuario final, que requiere adquirir un receptor digital o elementos que ayuden a este fin.

## **1.8. Modelos teóricos para el cálculo de cobertura en TDT**

### **1.8.1. Modelo de propagación**

Un modelo de propagación es capaz de predecir la pérdida por trayectoria de una señal RF, entre la estación base y el receptor, dichos modelos son la recopilación de expresiones matemáticas, algoritmos, diagramas, que representan las

características de las señales en relación con las diferentes fuentes de interferencia o ruido que puedan presentarse.

Los modelos de propagación se pueden clasificar en estadísticos, empíricos, determinísticos o teóricos, inclusive combinaciones. Los empíricos basan sus predicciones en mediciones reales a diferencia de los teóricos que usan los principios fundamentales de una propagación de onda RF.

La aplicabilidad de un modelo depende de ciertos factores como por ejemplo el tipo de terreno (a nivel del mar, montañoso), conductividad de la tierra, características atmosféricas (efectos de lluvia, índices de refracción), construcciones urbanas, etc.

### **1.8.2. Modelo FRESNEL**

Es un modelo determinístico, que estima cómo será el perfil de la ruta, transmisor-receptor, este método contiene un término adicional de atenuación constante de 3.38dB [9], valor que es utilizado en la ecuación pérdidas demostrado y justificado por Thomson broadcast services.

Muy utilizado para el cálculo de la intensidad de campo en márgenes superiores de las bandas de VHF (Very High Frequency), además mantiene un buen rendimiento en bandas de UHF (Ultra High Frequency) Y SHF (Super High Frequency).

### **1.8.3. REC.ITU-R P.525 cálculo de atenuación en el espacio libre.**

Es un modelo determinístico, en el cual la propagación de espacio libre lo podemos calcular de dos formas, adaptables para un servicio en particular.

#### **1.8.3.1. Enlace punto a zona.**

Aplicado en el caso de existencia de un solo transmisor que provee señal a varios receptores distribuidos al azar en el área de cobertura, la siguiente ecuación nos dará el campo en un punto situado a una cierta distancia desde el transmisor:

$$e = \frac{\sqrt{30 p}}{d} \quad (1.7)$$

Donde:

*e*: intensidad de campo eficaz

*p*: Potencia isotrópica radiada equivalente (P.I.R.E)  
del transmisor en dirección del punto (W)

*d*: Distancia dada desde el transmisor al  
punto en consideración (m)

### 1.8.3.2. Enlace punto a punto

En el caso punto a punto, se prefiere calcular la atenuación del espacio libre entre las antenas isotrópicas, llamado también pérdida en el espacio libre:

$$L_{bf} = 20 \text{ Log} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (1.8)$$

Donde:

*L<sub>bf</sub>*: Pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

*d*: Distancia

*λ*: Longitud de Onda

### 1.8.4. Recomendación UIT-R P.1546-5.

La recomendación ITU-R P.1546-5, revela un modelo semi empírico de propagación, es un método de predicción de punto a

zona para servicios terrenales de radiodifusión, dentro de las bandas de frecuencias de 30 MHz a 3000 MHz.

Esta recomendación es válida para trayectos terrestres, marítimos y mixtos que se encuentran entre 1Km y 1000 Km de distancia. Alturas efectivas de la antena de transmisión menor a 3000 metros.

Desarrollada por la ITU, en su departamento de radiocomunicaciones. Se encuentra hasta el momento en su versión 5, publicada en septiembre del año 2013. Su proceso se basa en la interpolación y extrapolación de puntos en la curva de intensidad de campo eléctrico, que se encuentran definidas en función de distancia, que se ha parametrizado de acuerdo a:

- Altura de transmisor ( $h_1$ ).
- Altura de receptor ( $h_2$ ).
- Frecuencia.
- Porcentaje de tiempo.
- Porcentaje de ubicaciones.

El porcentaje de tiempo es un parámetro que representa la fracción de sucesos en el que la recomendación asegura que se obtendrá el valor de intensidad de campo eléctrico hallado, que puede variar entre 1% y 50 %, para efectos de predicciones

óptimas es necesario tener un factor de 90%. La recomendación también ofrece una consideración para variabilidad de ubicaciones, en la que se tienen valores de intensidad de campo en un 50% de las ubicaciones de un área cualquiera de 500 m por 500 m. [8]

La recomendación presenta las curvas de intensidad de campo de forma gráfica y tabulada, estos puntos pueden ser interpolados o extrapolados según sea el escenario; posee correcciones que se aplican con el objetivo de modelar distintos efectos de la propagación de la señal.

Comprende 8 Anexos o capítulos, en los cuales detalla términos, definiciones y procedimientos que son necesarios para su comprensión, adicional a esto, comprende 24 curvas de intensidad de campo en términos de dBuV/m en función de la distancia en Km para una potencia radiada aparente (P.R.A.) de 1KW, y se distribuyen en tres gamas de frecuencias. [8]

- Gama de frecuencias de 30 a 300 MHz, con referencia en una frecuencia nominal de 100 MHz.
- Gama de frecuencias de 300 a 1000 MHz, con referencia en una frecuencia nominal de 600 MHz.

- Gama de frecuencias de 1000 a 3000 MHz, con referencia en una frecuencia nominal de 2000 MHz.

Para cada gama de frecuencias, existen 8 curvas, cuyos parámetros nominales, según su tipo de trayecto son [8]:

- Trayecto Terrestre, al 50%, 10%, 1% del tiempo y 50% de las ubicaciones.
- Trayecto Marítimo, al 1% del tiempo y 50% de las ubicaciones.
- Trayecto sobre Mares fríos, al 10% y 1 % del tiempo con 50% de las ubicaciones.
- Trayecto sobre Mares cálidos, al 10% y 1% del tiempo con 50% de las ubicaciones.

Al realizar el procedimiento, se debe calcular un valor inicial del campo eléctrico tomando la información del sistema y de las tablas, luego se procede a implementar las correcciones sobre esa magnitud tomando en cuenta los factores que afectan la propagación como la altura de recepción, dispersión troposférica, ubicación geográfica, etc.



Para realizar el cálculo del valor inicial de campo eléctrico, se debe seleccionar el tipo de trayecto para la propagación. Para nuestro estudio, en la ciudad de Guayaquil, trabajaremos únicamente sobre trayectos terrestres, debido a que, no se objeta llegar con cobertura a trayectos marítimos, y los trayectos mixtos son tan cortos que se abastecen con la cobertura terrestre.

Para un porcentaje de tiempo dado se debe elegir

- Entre 1% y 10 % si el valor está entre 1% y 10% o
- Entre 10% y 50% si está en 10% y 50%.

De las curvas, se toman dos valores de frecuencia, tomando en cuenta la curva que encierre la frecuencia de trabajo, las cuales tienen frecuencias nominales de 100, 600 y 2000 MHz. Nuestro estudio comprende las frecuencias que se encuentran en la banda IV UHF, (la cual describiremos en el siguiente capítulo), por lo cual elegimos una frecuencia nominal de 600 MHz, ya en este momento, para dicha frecuencia, tenemos 4 tablas de las cuales obtendremos un valor de campo eléctrico de cada una.

Cuando se realiza la predicción de cobertura a una distancia  $d$  con una altura de transmisión  $h_1$ , se seleccionan 2 valores consecutivos de distancias en kilómetros que encierren a  $d$ , y dos valores consecutivos de alturas de antena que encierren al  $h_1$ .

Con esto, en cada una de las tablas nos encontraremos con 4 valores de intensidad de campo eléctrico.

La recomendación, en su anexo 5 [8], define las ecuaciones a utilizar para la interpolación por altura y distancia entre dichos puntos, para obtener un valor por cada gráfico. Finalmente se toma otra ecuación de interpolación por frecuencia y porcentaje de tiempo para llegar a un valor de intensidad de campo eléctrico a partir de los 4 puntos antes mencionados que representan a cada tabla.

Adicionalmente, la recomendación posee ajustes por zonas climáticas, sin embargo, para la ciudad de Guayaquil no es necesario dicho ajuste.

Una descripción de su implementación se adjunta en el anexo.

#### **1.8.5. Okumura-Hata**

Es un modelo empírico, que define características de la propagación por medio de ecuaciones.

Es uno de los utilizados para estimaciones en el área urbana, aplicable para frecuencias desde 150 Mhz a 1920 Mhz, lo que comprende las bandas de VHF y UHF, aunque puede ser

extrapolado para frecuencias hasta de 3000 Mhz y distancias de 1 a 20 Km

Se puede subdividir las áreas de predicción en las siguientes categorías:

**Área Urbana:** grandes ciudades, con casas de más de 2 pisos, y una alta concentración de las mismas.

**Área suburbana:** por lo general carreteras, donde hay casas pero no en alta concentración, con obstrucciones como árboles en su mayoría.

**Área abierta:** son espacios totalmente abiertos, sin edificaciones o árboles.

La ecuación asociada a este modelo es:

$$L(\mathbf{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f(\text{Mhz}) - 13.82 h_t(m) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d \quad (1.9)$$

Donde:

*f*: frecuencia de la portadora en Mhz: altura efectiva de la antena

(30 <  $h_t$  < 200m)

$h_m$ : altura sobre del suelo de la antena receptora  $1 < h_m < 10m$

$d$ : distancia en Km

$a(h_m)$ : término de corrección

$$a(h_m) = \begin{cases} (1.1 \log f - 0,7) h_m - (1.56 \log f - 0.8) : \text{ciudad mediana} \\ 8.29 (\log 1,54 h_m)^2 - 1.1 : \text{ciudad grande; } f \leq 400 \text{ Mhz} \\ 3.2 (\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 : \text{ciudad grande; } f \geq 400 \text{ Mhz} \end{cases} \quad (1.10)$$

## **CAPÍTULO 2**

### **2. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA**

La normativa técnica ecuatoriana sobre televisión digital terrestre hasta la redacción de este documento no estaba concluida, de forma que tomamos en consideración las recomendaciones de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), de la cual se han extraído parámetros técnicos para las pruebas pertinentes en el ámbito nacional, incluyendo el presente trabajo.

## 2.1. Parámetros de transmisión

### 2.1.1. Modulación

El estándar SBTVD (Sistema Brasileño de Televisión Digital) adoptado por el Ecuador, presenta tres clases o jerarquías de transmisión, las cuales son: Alta Definición (HD), Definición Estándar (SD), y Baja Definición (LD), esta última utilizando la tecnología OneSeg. SBTVD emplea una modulación bajo el esquema BST-OFDM, denominado “Transmisión de banda

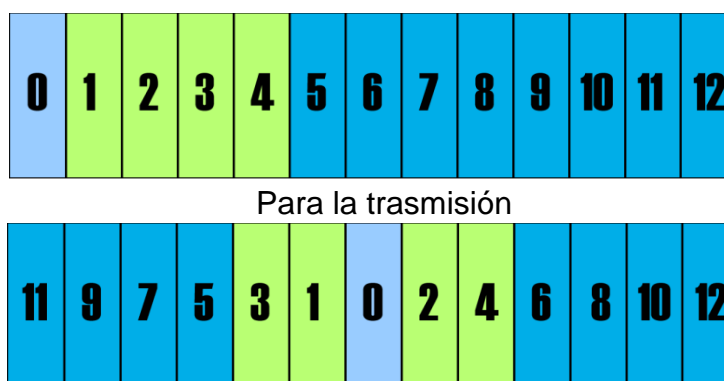
segmentada”, el ancho de banda puede ser de 6,7 u 8 MHz, dependiendo de los aspectos técnicos que el país adopte, para el caso ecuatoriano es de 6MHz.

BST-OFDM subdivide la banda en 13 segmentos consecutivos, que son asignados en diferentes cantidades de acuerdo a la jerarquía de transmisión que, conceptualmente se pueden representar de la siguiente forma:

**Segmento 0:** Tv Móvil (Un segmento)

**Segmento 1 al 4:** Televisión estándar (SD).

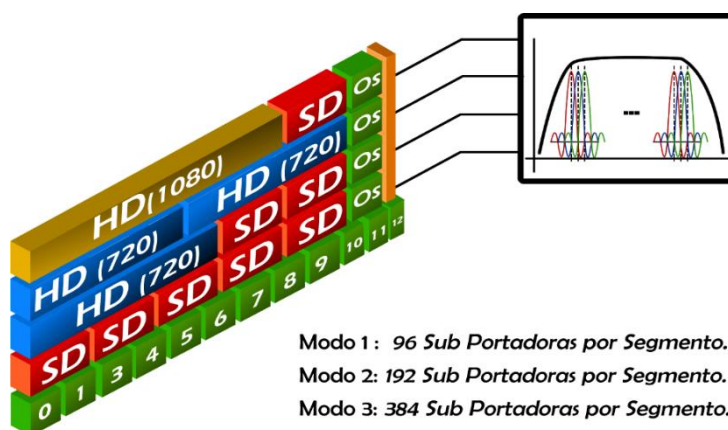
**Segmento 5 al 12:** Televisión de alta definición (HD).



**Figura 2.1 :** Asignación de segmentos

**Fuente:** Instituto nacional de tecnología industrial (2014) [11]

La segmentación se realiza asignando portadoras ortogonales a cada segmento, para SBTVD se tienen 432 sub-portadoras por segmento, 5617 sub-portadoras por canal.



**Figura 2.2 :** Distribución paquetes en TDT

**Fuente:** Instituto nacional de tecnología industrial (2014) [11]

### 2.1.2. Esquemas de modulación

Una de la propiedad de mayor importancia en la modulación BST-OFDM es la capacidad de proveer transmisiones jerárquicas al usar diferentes tipos de modulaciones de portadoras y tasas de codificación, al ser dividida esta señal en varios segmentos cada uno de ellos puede tener su propio método de modulación.

El estándar adoptado por el Ecuador permite los siguientes niveles de modulación:

- 64QAM-OFDM.
- 16QAM-OFDM
- QPSK-OFDM
- DQPSK-OFDM

### 2.1.3. Intensidad de campo eléctrico.

Según la resolución **RTV-157-06-CONATEL-2012**, que resuelve:

**Artículo dos.-** los estudios de ingeniería que serán presentados para acceder a las autorizaciones de frecuencias temporales para operaciones de televisión digital terrestre deberán:

Utilizar un nivel de intensidad de campo a proteger de **51** [ $dB\mu V/m$ ] para el contorno del área de cobertura teórica.



Además de utilizar la norma técnica brasileña ABNT NBR 15601 (sistema de transmisión) y su guía de implementación para la consideración de parámetros técnicos adicionales que sean necesarios, mientras se elabora la norma técnica para el Ecuador. [3]

De acuerdo a la norma brasileña ABNT NBR 15608-1, en su numeral 11.2 “Factores técnicos para planificación de canales de televisión digital”, se resumen las intensidades:

**Tabla 1:** Intensidad de campo mínima de recepción

Parámetro		Valor		
Intensidad de campo mínima para la recepción [dBμV/m]		VHF	VHF	UHF
		Bajo	Bajo	
	Antena Interna	55.84	59.82	66.31
	Antena Externa	37.14	40.12	47.31
	Antena Externa en contorno protegido	40	43	51
Intensidad de campo estándar	60			

$$E_{min} = P_s(dBm) + L_f(dB) + M_n(dB)B - G(dBd) - K_a(dBm - dB\mu V/m) + \Delta L(dB)$$

**Fuente:** ABNT NBR 15608-1 [1]

#### 2.1.4. Potencia máxima ERP

La potencia radiada máxima es aquella que genera una intensidad de campo dentro de los estándares pertinentes en la zona geográfica. De acuerdo a la norma técnica brasileña podemos subdividir las ERP en diferentes clases, tomando en consideración una altura de transmisión de 150m sobre el terreno, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 2:** Potencia máxima ERP

Clases	Potencia Máxima ERP KW a 150 m sobre el nivel medio del terreno	
	Banda VHF alta	UHF
Especial	16	80
A	1.6	8
B	0.16	0.8
C	0.016	0.08

**Fuente:** ABNT NBR 15608-1 [1]

#### 2.1.5. Umbral y Tasa [C/N]

El valor de la relación señal versus ruido según la normativa de Brasil es de 19dB [1] para las recepción internas y externas.

**Tabla 3:** Umbral y Tasa [C/N]

<b>Umbral [C/N] dB de sistema digital con Antena interna y externa</b>	19
Ancho de banda	< 6Mhz
BER (Bit Error Rate)	$10^{-6}$
MER (Modulation error rate)	>30 dB

**Fuente:** ABNT NBR 15608-1 [1]

### 2.1.6. Trasmisión de datos

De acuerdo a la normativa brasileña **ABNTNBR 15601** Sistema de transmisión; se puede resumir los datos de un único segmento de acuerdo a la modulación en la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Transmisión datos de un único segmento

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por cuadro	Tasa de datos * Kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
<b>DQPSK</b>	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
<b>QPSK</b>	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
<b>16QAM</b>	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/1 68	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
<b>64QAM</b>	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28
	7/8	63/126/252	1474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28

\*Esa tasa de datos representa la tasa de datos (bits) por segmento para parámetros de transmisión:  
 tasa de datos (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/longitud del cuadro.

**Fuente:** ABNT NBR 15606-1 (2014) [21]

A continuación se presentara la tasa total de datos para los 13 segmentos de acuerdo a la normativa de transmisión de TDT en Brasil.

**Tabla 5:** Transmisión de datos para 13 segmentos

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/2/3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
16QAM	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
64QAM	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

**Fuente:** ABNT NBR 15606-1 (2014) [21]

En esta tabla, los mismos parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos durante la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13

segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por esos segmentos [21].

### 2.1.7. BER

La tasa de error binario, es definida como la cantidad de bits recibidos de forma incorrecta, en un intervalo de tiempo dado, usando en el modelamiento de una canal de comunicación, para conocer la calidad de la transmisión.

**Tabla 6:** Calidad de Transmisión digital

Calidad de trasmisión digital	
<b>Buena</b>	$BER < 10^{-6}$
<b>Degradada</b>	$10^{-3} < BER < 10^{-6}$
<b>Mala</b>	$BER > 10^{-3}$

**Fuente:** ABNT NBR 15608-1 [1]

### 2.1.8. MER

La tasa de error de modulación nos permite valorar que tan buena es una señal modulada digitalmente, si lo analizamos de manera gráfica nos da a conocer que tan dispersos están los puntos con respecto a lo esperado.

De acuerdo a la norma brasileña debemos alcanzar un valor de por lo menos 30dB. [1]

### 2.1.9. Frecuencias de las portadoras

De acuerdo al informe **CITDT-GATR-2012-005** con respecto al inciso 3, el CONATEL identifico las bandas y canales para la implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador, resumida a continuación:

**Tabla 7:** Distribución de bandas por frecuencias

Banda	Frecuencia [Mhz]	Canales
III	174-216	7-13
IV	470-482	14-15
V	512-608	21-36
VI y V	614-686	38-49

**Fuente:** Secretaria nacional de telecomunicaciones, resolución: CITDT-GATR-2012-005

La banda III, que comprende las frecuencias entre 174-216 MHz, está sujeto al desarrollo de equipos para emisiones de TDT.

La banda IV y V, que comprende las frecuencias entre 470-482 MHz, está siendo despejada de acuerdo a los procedimientos de ley para proveer el servicio de radiodifusión.

A la banda IV se le atribuye la radiodifusión con emisiones de televisión abierta, dentro de las cuales podrán ser usadas para operaciones temporales de emisión de TDT, dependiendo de la

disponibilidad geográfica en cada zona acorde a la normativa de televisión analógica [4].

Las frecuencias asignadas temporalmente para la transmisión digital en la ciudad de Guayaquil son las siguientes, mismas que entraran en concurso para la asignación definitiva al finalizar el periodo de prueba.

**Tabla 8:** Frecuencias de Televisión Digital

Bandas de Televisión IV UHF					
Ciudad	Categoría	Rango de frecuencias [Mhz] 512-608			Frecuencia [Mhz]
		Canal	Canal digital	Nombre estación	
Guayaquil	Televisión digital	21	7.1	ECUADOR TV	512-518
Guayaquil	Televisión digital	23	2.1	ECUAVISA	524-530
Guayaquil	Televisión digital	25	4.1	RTS	536-542
Guayaquil	Televisión digital	27	5.1	TELEAMAZONAS	548-554
Guayaquil	Televisión digital	29	10.1	TC	560-566
Guayaquil	Televisión digital	33	12	CANAL UNO	584-590
Guayaquil	Televisión digital	35	26.1	TV +	596-602
Guayaquil	Televisión digital	39	36.1	TELEVISION SATELITAL	620-626
Guayaquil	Televisión digital	41	30.1	COSTANERA TV	632-636

## 2.2. Parámetros de recepción

En Ecuador se transmiten los siguientes modos de televisión digital terrestre: HDTV, SDTV, ONESEG, lo que notoriamente afectara a la población, que no posea un elemento adicional que le permita receptar la señal de manera digital, o al menos un televisor que la capte

directamente, lo que dará al usuario final la mejor calidad y audio de alto nivel.

### **2.2.1. Antena de recepción**

De acuerdo a la normativa brasileña **ABNTNBR 15604** sobre los receptores se deben cumplir como mínimo las siguientes especificaciones:

- a) La antena de recepción debe permitir señal de TDT, en las bandas VHF canales del 7 al 13, y en UHF desde el canal 14 al 69. [2]
- b) Como opción adicional la antena puede tener recepción de televisión analógica en VHF del 2 al 13, y UHF del 14 al 62. [2]
- c) La polarización puede ser tanto horizontal como vertical
- d) No existe una especificación técnica para la ganancia de recepción, sin embargo se recomienda en el caso de haber una antena externa instalada que la ganancia sea de por lo menos de 7dB. [2]

### **2.2.2. Receptor integrado**

Hace referencia al sistema primario de recepción en los televisores que cuentan con la tecnología de TDT integrada.



Acorde a la normativa ABNT-NBR 15604 la unidad de recepción del tipo integrado, debe tener por lo menos un terminal para entrada de antena con impedancia de  $75 \Omega$  [2].

### **2.2.3. Convertidor digital (Set-Top Box)**

Cuando existe presencia de un televisor con receptor TDT integrado se debe proceder a la instalación de equipos adicionales para la correcta recepción de la señal digital.

El convertidor digital debe contar por lo menos con una entrada y un terminal de salida ambos con impedancia de  $75 \Omega$  [2], tipo F, desequilibrado.

## **2.3. Parámetros de los programas a utilizar en las simulaciones de cobertura.**

### **2.3.1. ICS Telecom**

Es una herramienta de procesamiento de información para el diseño, planificación, de modelaje de cualquier red de radiodifusión, simulando entornos desde lo local hasta lo nacional, posee gran capacidad para explorar y explotar posibles soluciones en el ámbito de las telecomunicaciones.

Permite a los ingenieros, planificar, modelar, realizar cambios de manera rápida a menor costo, ya que se basa en simulaciones, y no de implementaciones de manera física.

ICS Telecom es capaz de operar para todas las tecnologías de radio actuales, ya sean fijas o móviles, dentro de los rangos de frecuencia desde 10KHz a 450GHz [22].

ICS Telecom es de gran ayuda cuando se requieren analizar:

- ❖ La evaluación de tecnologías
- ❖ La modelización de proyecto
- ❖ Dimensionar infraestructuras
- ❖ La planificación de red
- ❖ La optimización del espectro
- ❖ Compartir datos de ingeniería
- ❖ La administración de sistema
- ❖ La optimización de red

#### **2.3.1.1. Parámetros de entrada**

Para cada simulación que se realice en este programa es necesario contar con modelos digitales del terreno, donde se va a analizar la cobertura, el cual modela por medio de variables numéricas, las altitudes del terreno, las

condiciones geográficas, tipos de suelo, condiciones poblacionales, alturas de edificios, etc.

La precisión que el modelo digital del terreno (MDT) puede ofrecer va a depender de la resolución que este posea, mientras el valor sea más pequeño mejor será el desempeño al momento de simular, por ejemplo una precisión de 100m, comparada con una de 20m, no ofrecerá detalles de gran importancia para poder dictar un criterio formado sobre los resultados obtenidos luego de simular la cobertura.

#### **2.3.1.2. Tipos de MDT**

El programa ICS Telecom permite varias extensiones de archivos para las simulaciones de los entornos, dentro de los más importantes encontramos:

**Digital Terrainmodel (\*.GEO):** la base para cualquier simulación, sin este archivo simplemente no se puede proseguir con el estudio de cobertura, ya que contiene información primordial de las coordenadas X,Y,Z, para el procesamiento y análisis ya sea en 2D o 3D.

**MapImage (\*.IMG):** es aquella cartografía que representa una zona digitalizada en pequeñas celdas, con coordenadas X, Y propias de la zona en estudio.

**Color Palette (\*.PAL):** archivo que contiene dentro de sus registros los colores asignados a cada zona de la cartografía en estudio, para poder profundizar el análisis sectorial.

**Buildinglayer (\*.BLG):** contiene información de las alturas, posicionamientos, de las edificaciones de la zona en análisis, para una mayor presión en la obtención de datos, posterior a la simulación.

### **2.3.1.3. Configuración de los patrones de radiación**

Una vez obtenidos los modelos digitales de terrenos pertinentes, para poder simular entornos de propagación es necesario contar con antenas emisoras y receptoras, es aquí donde recaen todos los conocimientos de las telecomunicaciones, ya que de su configuración dependerá del éxito o fracaso de las simulaciones.

El programa ANTIOS es una buena herramienta para el diseño de arreglo de antenas, donde se pueden definir diagramas unitarios, de polarización vertical, horizontal, azimut, potencia, inclinación, fase, el resultado final puede ser exportado hacia ICSTelcom, para su futura utilización.

#### **2.3.1.4. Características principales ANTIOS**

En este editor de antenas se puede trabajar en referencia a las siguientes características:

- ❖ Se puede emular hasta 20 niveles, con 8 antenas por nivel.
- ❖ Diagramación horizontal y vertical, incluyendo fase.
- ❖ Para cada antena se puede definir, inclinación, azimut, distancia de mástil, potencia que suministra.
- ❖ Contiene modelos en biblioteca referenciales.
- ❖ Visualización y cálculo de patrones en 2d y 3D.
- ❖ Análisis y cálculo de directividad del sistema de antenas
- ❖ Compatibilidad con ICS Telecom
- ❖ Compensación automática de los ceros en un patrón de radiación

#### **2.3.1.5. Características del procesamiento de la información**

Una vez que se cuente con los modelos digitales de terrenos, los arreglos de antenas permitentes, que emulen la Transmisión de los canales en análisis, se pueden dar paso al procesamiento de la simulación, en la cual se pondrán a prueba los diferentes modelos de propagación; ICS telecom cuenta con una amplia gama de ellos.

Al seleccionar uno de ellos el programa simulara las situaciones de acuerdo al modelo digital del terreno con el que se esté trabajando, incluyendo normativas ITU, difracción geométrica, atenuaciones, condiciones climáticas, perdidas de espacio libre, perdidas por lluvia, reflexiones provocadas por el terreno, etc.

A continuación se visualiza las opciones de modelos de propagación que ofrece ICS Telecom:

**Propagation models**

**Models**

- Fresnel method+
- Wojnar method
- Wien method...
- ITU-R 370...
- ITU-R 525
- ITU-R 525/526
- ITU-R 1225
- ITU-R 1546...
- ITU-R 368...
- ITU-1147...
- Medium frequency\*\*\*\*

**Diffraction geometry**

- Bullington method
- Deygout 94 method
- ITU-R 526, round mask
- ITU-R 526, cylinders
- ITU-R 526, deygout
- ITU-R 1225
- Visibility / Indoor
- No diffraction loss
- Lateral diffraction
- Power correction (angle)
- ITU-R 452/1812 \*

Time (0 to 50%) 50.000  
0=random

**Subpath attenuations**

- Standard (1)
- Coarse integration (2)
- Fine integration (3)
- Area (4)
- ITU-R 526
- Free ellipsoid (5)
- No subpath loss (6)
- Hybrid integration (std)
- Hybrid integration (fine)

D factor (K%) 0.0

other subpath methods...

FZ fraction 1.00

- Spherical wave

**Anomalous propagation**

- Ducting ...

**Climate**

Earth radius km (land) 8500

Earth radius km (sea) 8500

RMS wave height (m) 0.00

ITU-R 1820 gaz

ITU-R 676 gaz ITU-R 840 fog

Vapour 7.50 Water 0.320 g/m3  
hPa 1013 T° 15.00 C°

Rain att. ITU-R 838/530(!) zone

Rain att. Crane global

Rain rate (mm/h)(!!) 0.01 R 837

Time (0.001 to 1) % 0.01000

Isotherm 0°C 3.00 km

**Slope model coefficient**

A factor 1.0 B (dB) 0.0

Attenuation (dB/km) 0.0000

Diffraction correct. (dB) 0.00

**Reflections**

Rho (if no clutter) 0.300

3D coverage only options...

Reflection dist. limit (m) 20000

Elevation filter > (m) 0

Ground reflections (minima/maxima)

Ground reflections (mn/mx flat earth)

Ground reflections (reflection point)

**Troposcattering**

- Tropo ITU-R 617

- equatorial 50%
- subtropical 90%
- subtropical sea 50%
- desert 50%
- temperate 90%
- temperate sea 90%
- continental 90%

**Options**

Offset (dB) 0

Field strength=E-offset

Use Tx/Rx effective heights

Flat earth profile sent to DLL

+ Rx: 50 or 75 ohms, dBd - (\*) If checked, only "FieldReceived" is returned (to be checked if internal diffraction/subpath model is selected)

Tips... save load Indoor... Clutter... Close

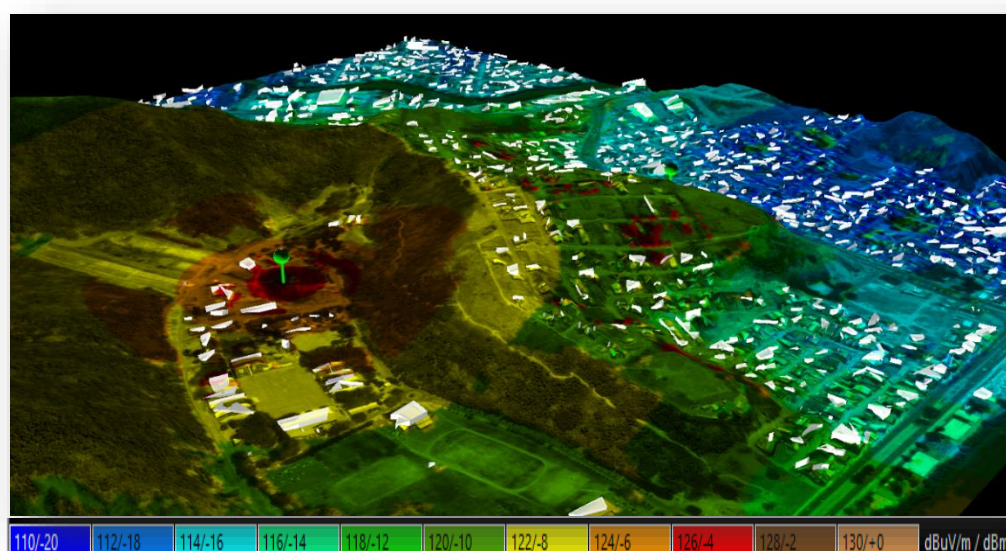
**Figura 2.3:** Modelos de propagación ICS Telecom

Una vez concluida la simulación de la cobertura, se obtienen capas de colores distribuidos en modelos digitales de terreno, la interpretación de dichos colores se debe atener a la paleta de colores, la cual nos indicara los niveles de intensidad en la cartografía.

El análisis que se le den a puntos específicos dentro de los mapas nos ayudara a realizar un estudio más completo de la situación en la que se encuentra dicho punto

podremos predecir si la cobertura es buena o los posibles impedimento que este tenga, todo de una manera fácil y rápida, creando así soluciones pertinentes en un menor tiempo, gracias a las simulaciones.

A continuación se muestra un ejemplo del producto final de una simulación, visualizada en 3D.



**Figura 2.4:** Simulación 3D ICS Telecom

Las zonas que no tengan color característico representan una zona de sombra, proveniente de la antena de transmisión en estudio, pero no quiere decir que no haya recepción alguna simplemente que se encuentran por debajo del umbral establecido en las normativas ejecutadas antes de la simulación.



## **2.4. Metodología para el cálculo de cobertura.**

El cálculo de la cobertura de una señal, es el estudio y análisis de la intensidad de campo eléctrico, con el objetivo de determinar la eficiencia de equipos de transmisión, calidad de cobertura en diversos tipos de zonas geográficas, hasta evaluar la jerarquía de un software de predicción. Este análisis se realizó en base a predicciones y mediciones reales de los niveles de recepción de las señales de televisión digital. Los métodos empleados deben ser eficientes y eficaces para poder obtener aproximaciones precisas, que nos permitan conocer el rendimiento y alcance de redes de telecomunicaciones.

El estudio realizado para la ciudad de Guayaquil, comprende las siguientes etapas:

- Predicción de cobertura.
- Medición de campo, método: Drive Test.
- Medición de campo, método: Puntos Fijo.

### **2.4.1. Predicción de cobertura.**

La predicción de cobertura se realizó empleando los modelos de propagación que nos permiten conocer una aproximación de

valores reales en diversos lugares de las zonas de recepción. Estos métodos fueron detallados en el capítulo 1.

Para tener una predicción más acertada, empleamos el software ICS TELECOM PRO en su versión 12, el cual nos permitió establecer una simulación de redes de telecomunicaciones utilizando los algoritmos de los modelos de propagación para:

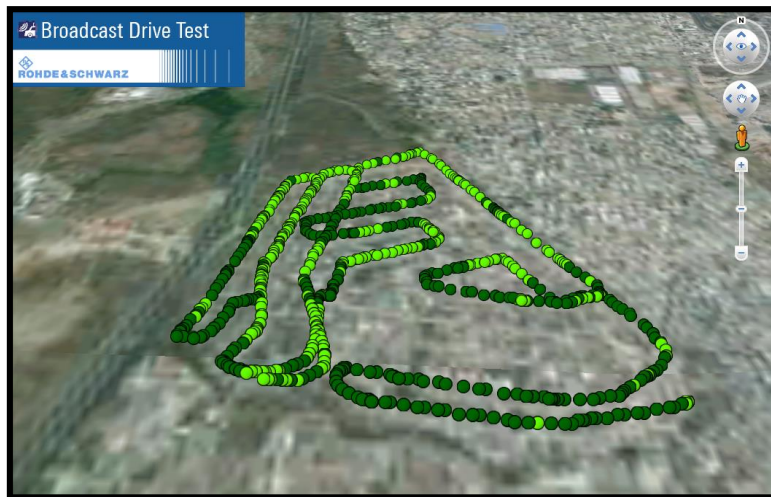
- Okumura Hata.
- Recomendación ITU-R P.1546.

#### **2.4.2. Método Drive Test.**

Dentro de los procedimientos de análisis de cobertura, los valores reales pueden diferir significativamente de los valores de predicción, por lo que deben ser verificados en términos de intensidad de campo eléctrico, para las zonas de gran extensión. Los resultados de las mediciones deben ser geo-localizados, y registrados para poder establecer correspondencia entre la muestra recopilada y los puntos ubicados. Para el efecto se utiliza un GPS sincronizado a un ordenador y al analizador de la señal.

El resultado de una medición, puede coincidir con los peores o mejores casos de la señal, y esto se debe a varios factores como:

la altura del receptor, la zona geográfica, la estación del año, entre otros; por lo que se deben tomar varias muestras consecutivas, y el transmisor debe operar de manera continua.



**Figura 2.5:** Resultado Metodología Drive Test

#### 2.4.2.1. Velocidad del Vehículo.

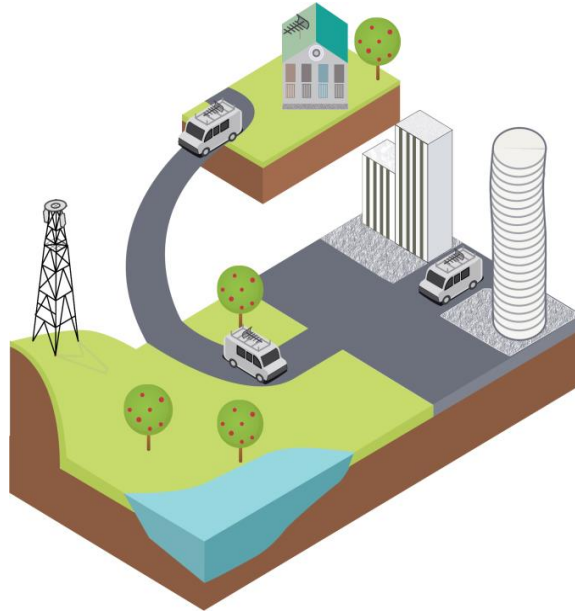
La velocidad del vehículo debe ser adecuada a la longitud de onda, considerando el método de Lee, el cual recomienda realizar las mediciones a una velocidad en función del factor de lee, la frecuencia y el tiempo de muestreo.

$$v = \frac{864}{(f(\text{MHz})) * (t_r(\text{s}))} \left[ \text{Km/h} \right] \quad (2.1)$$

Donde:

$t_r$  : Tiempo que tarda el sistema

En tomar una nueva medición.

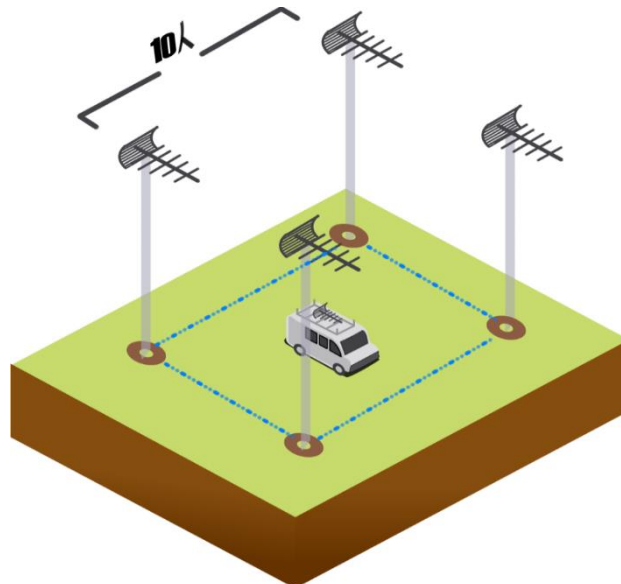


**Figura 2.6:** Metodología Drive Test

### **2.5. Método de Puntos Fijos.**

Los puntos de interés de recepción de televisión digital, son particularmente en lugares fijos en los que se deben realizar los respectivos análisis de cobertura. Estas mediciones son complementarias a las mediciones en movimiento y pueden ser recopiladas con diversos métodos.

Las técnica utilizada para este estudio es la de los 4 puntos de un cuadrado, el cual consiste en realizar mediciones en los vértices de un cuadrado con lados de longitud  $10\lambda$ , el objetivo de estas mediciones es hallar una correlación entre los cuatro puntos con respecto a un punto central en el cuadrado para poder reducir el porcentaje de incertidumbre de la medición. El detalle de este método será extendido en el siguiente capítulo.



**Figura 2.7:** Metodología 4 Puntos fijos

## **CAPÍTULO 3**

### **3. MEDICIONES REALES Y PREDICCIONES DE LA COBERTURA DE TDT**


Con el objetivo de obtener valores precisos de intensidad de campo eléctrico y reducir la incertidumbre por diversos factores que se presentan en obtención de las muestras, el procedimiento aplicado se desarrolló en varias etapas que se realizaron en una campaña de mediciones que cubrió zonas estratégicas de interés en la ciudad de Guayaquil.

Las mediciones reales fueron divididas en dos etapas: Drive Test y Puntos Fijos, mientras que la obtención por predicción se desarrolló con dos modelos teóricos de propagación: Okumura Hata y Recomendación ITU R-P1546.

### 3.1. Instrumentación utilizada para las mediciones reales, metodología: Drive Test


Para la correcta adquisición de los datos referentes a nuestro estudio se utilizaron equipos de monitoreo de gran alcance para Televisión digital cuya fiabilidad y rendimiento son los más adecuados, además de su portabilidad; dentro de estos, podemos encontrar:

**Tabla 9:** Analizador Tv Digital Rohde & Schwarz

Analizador de Tv Digital ROHDE & SCHWARZ ETH-HANDHELD 3.6 GHz		
	<b>Características para el análisis del estándar ISDB-Tb</b>	
	Ancho de Banda	6 MHz
	Modulación	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
	Capas	A,B,C
	Segmentos por capa	13 en total (A+B+C)
	Intervalos de guardia	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
	Rango de frecuencias	100 KHz a 3.6 GHz
	Resolución	1Hz
	Diagramas de constelación	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM

**Fuente:** Portable digital TV signal analysis [23]

**Tabla 10:** Antena Tipo Yagi

ANTENA TIPO YAGI DE RECEPCIÓN		
	<b>Impedancia:</b>	75Ω
	<b>Ángulo de apertura:</b>	-3dB 2*16°
	<b>Rotación adelante-atrás</b>	> 20dB
	<b>Rotación adelante-costado&gt;</b>	50dB

**Fuente:** Documentación proporcionada por la Supertel

**Tabla11:** Vehículo para Drive Test

VEHÍCULO TOYOTA LAND CRUISER		
	<b>Marca</b>	Toyota
	<b>Modelo</b>	Land Cruiser
	<b>Subtipo</b>	Todo terreno
	<b>Color</b>	Blanco
	<b>Dirección</b>	Hidráulica

**Fuente:** Documentación proporcionada por la Supertel



### 3.2. Recorridos escogidos para el Drive-Test

Antes de analizar los recorridos realizados dentro del estudio de cobertura visualizaremos el mapa de Guayaquil para asimilar las zonas de interés.

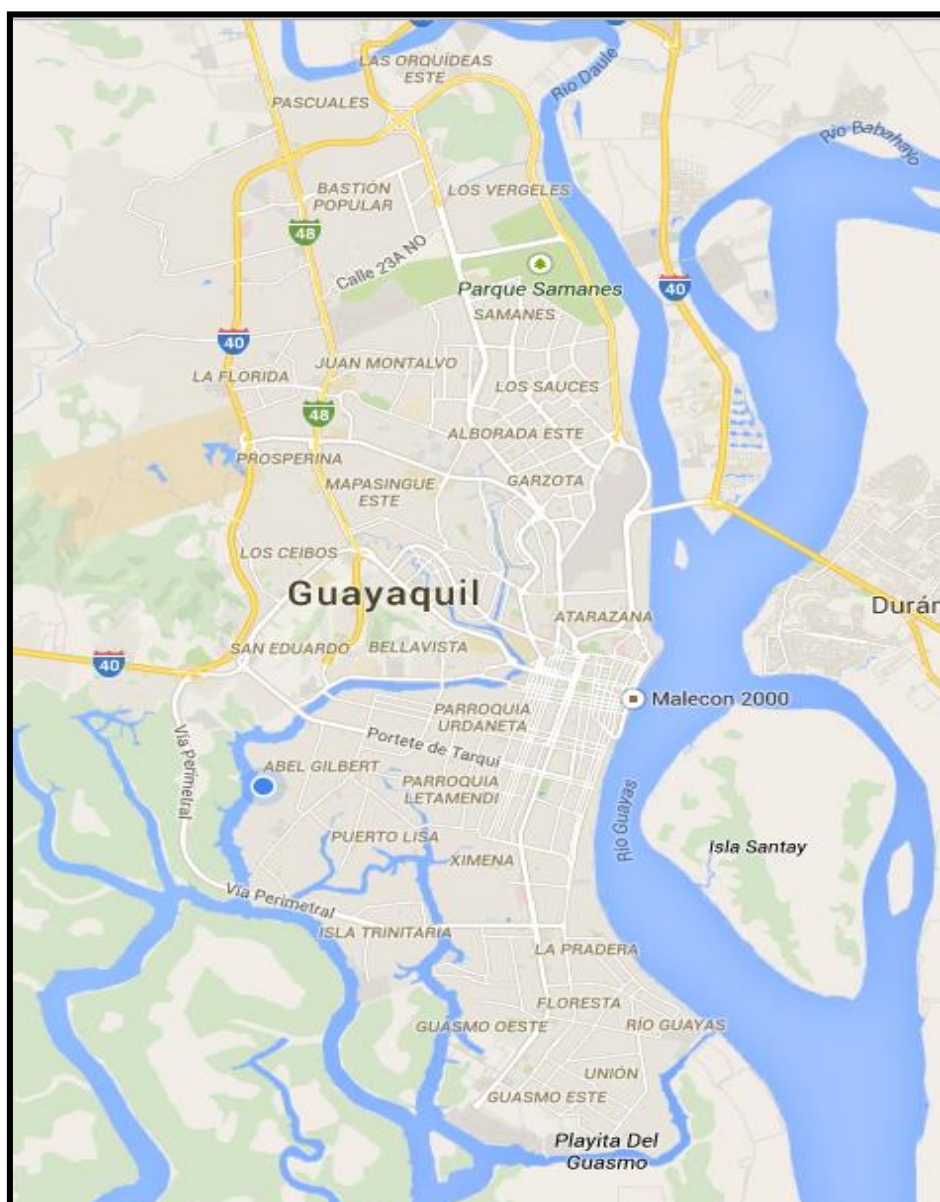


Figura 3.1: Mapa de Guayaquil.

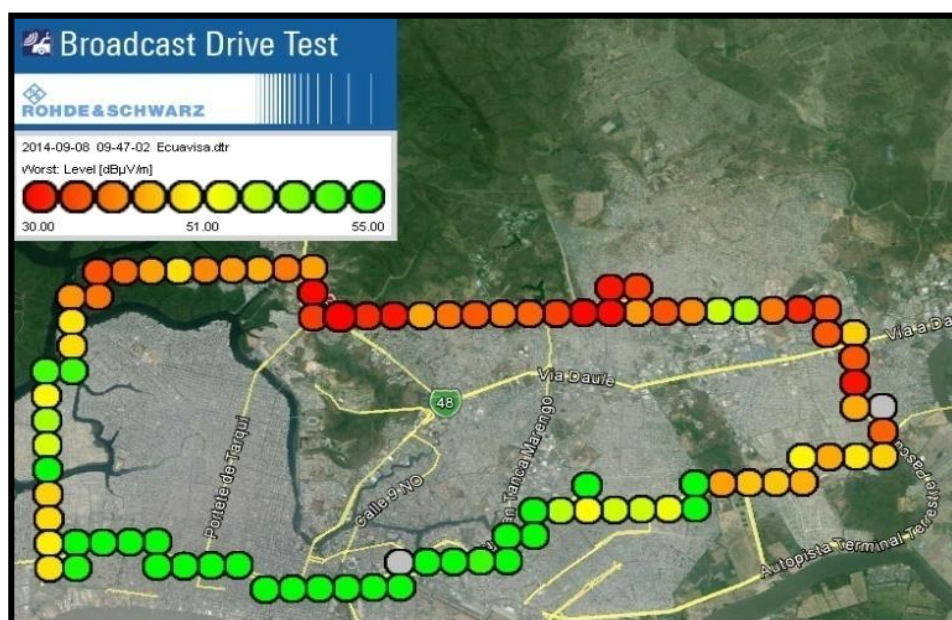
Fuente: Mapa de Guayaquil, Google maps.

### 3.2.1. Primer recorrido

La primera ruta escogida para realizar las mediciones fue la siguiente:

- ❖ Ave. Francisco de Orellana.
- ❖ Perimetral.
- ❖ Ave. 25 de Julio.
- ❖ Ave. Quito.
- ❖ Ave. De las Américas.

Abarcando un gran perímetro urbano de Guayaquil como se aprecia en la figura siguiente exportada en google Earth, en la que se detallan las características de las presentación de las muestras tomadas, teniendo las referencias de medición relacionadas con colores que indican de menor a mayor los niveles de intensidad de campo eléctrico:



### 3.2.2. Segundo recorrido

Esta ruta comprende menor perímetro urbano pero abarca sectores de alta concentración demográfica:

- \* Avenida Francisco de Orellana.
- \* Ave. Juan Tanca Marengo.
- \* Ave. Portete.
- \* Ave. Eloy Alfaro.
- \* Ave. Venezuela.
- \* Ave. Malecón.
- \* Ave. Plaza Dañin.
- \* Ave. Miguel H. Alcivar.

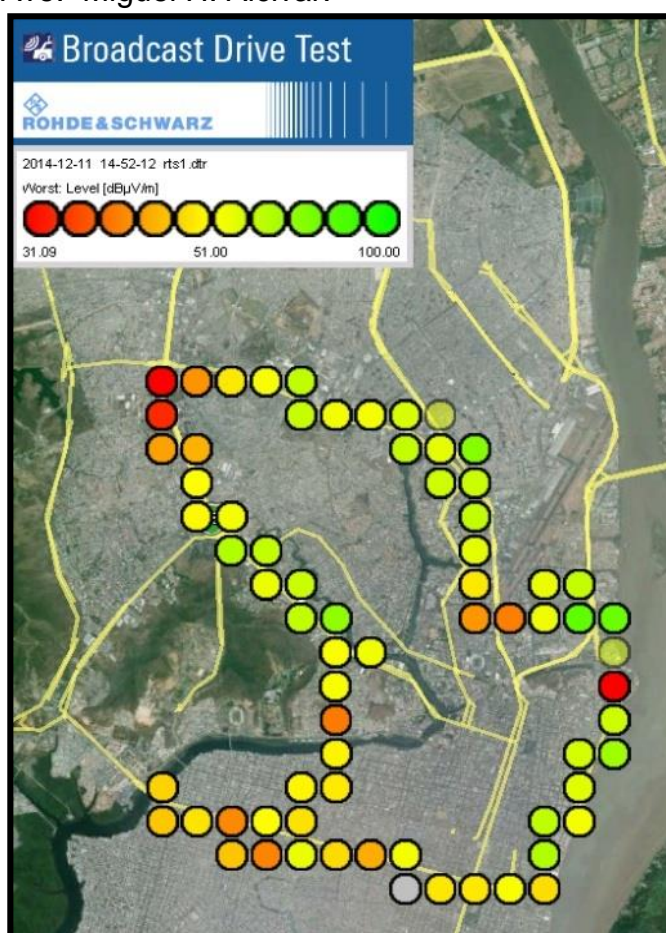


Figura 3.3: Segundo recorrido Drive Test


### **3.3. Instrumentación utilizada para las mediciones reales, metodología: Puntos fijos.**

Debido a la participación del grado de incertidumbre que se adquiere al realizar mediciones en movimiento se requiere tener otro punto de vista con una referencia estática, de tal forma es que procedimos a realizar el análisis en lugares de recepción fija. Para este análisis es necesario utilizar una técnica adecuada para tener un valor más seguro de medición por lo que, se utilizó el método geométrico, que para nuestro caso consistió en establecer un cuadrado con lados de longitud  $10\lambda$  en la zona donde se realiza la medición, posteriormente, se procede a obtener el nivel de intensidad de campo eléctrico en cada esquina del cuadrado, el resultado final en el lugar de análisis será la media entre los cuatro valores obtenidos.

Este estudio contiene mediciones de puntos fijos en 10 lugares de Guayaquil, adicionalmente se presentan mediciones especiales Nocturnas, y fuera de Guayaquil, como se describirá más adelante

Los equipos y herramientas a utilizar fueron los siguientes:

**Tabla 12:** Analizador de Tv Rohde & Schwarz Puntos Fijos

<b>Analizador de Tv Digital ROHDE &amp; SCHWARZ ETH-HANDHELD 3.6 GHz</b>		
	<b>Características para el análisis del estándar ISDB-Tb</b>	
	Ancho de Banda	6 MHz
	Modulación	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
	Capas	A,B,C
	Segmentos por capa	13 en total (A+B+C)
	Intervalos de guardia	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
	Rango de frecuencias	100 KHz a 3.6 GHz
	Resolución	1Hz
	Diagramas de constelación	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM

**Fuente:** Portable digital TV signal analysis [23]

**Tabla 13:** Antena Pasiva de dipolo

<b>Antena Pasiva de dipolo con dos niveles extendidos para UHF</b>		
	<b>Impedancia</b>	75 $\Omega$
	<b>Tipo</b>	Pasiva
	<b>Niveles</b>	Dos niveles extendidos
	<b>Extensión</b>	70cms laterales

**Fuente:** Documentación proporcionada por la Supertel

**Tabla 14:** Características Nissan Patrol

<b>Vehículo Nissan Patrol Modificado con mástil.</b>		
	<b>Características:</b>	
	<b>Marca</b>	Nissan
	<b>Modelo</b>	Patrol
	<b>Subtipo</b>	Todo terreno
	<b>Color</b>	Gris
	<b>Dirección</b>	Hidráulica
	<b>Modificación</b>	Extensión de mástil posterior

**Fuente:** Documentación proporcionada por la Supertel



### 3.4. Selección de Puntos fijos

Cada punto fue escogido en base a su localización estratégica, además de su entorno geográfico, tratando así de cubrir puntos de gran interés para el análisis de intensidad de campo:


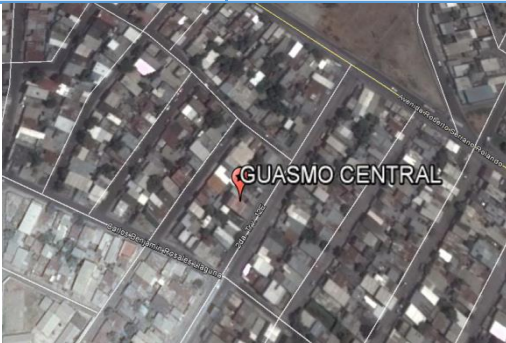
**Tabla 15:** Selección de puntos fijos

<b>Puntos Fijos</b>			
<b>Ciudad: Guayaquil</b>			
<b>No</b>	<b>Coordenadas en decimales</b>		<b>Lugar</b>
	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	
<b>1</b>	-2.16552	-79.9367	Cdla. Los Ceibos
<b>2</b>	-2.25648	-79.8771	Guasmo central
<b>3</b>	-2.14896	-79.8975	Supertel, día, noche
<b>4</b>	-2.19924	-79.9101	11 y Maldonado
<b>5</b>	-2.11941	-79.9518	Entrada de la 8
<b>6</b>	-2.04876	-79.8819	Sambo City
<b>7</b>	-2.18734	-79.9611	Vía a la Costa
<b>8</b>	-2.18530	-79.8765	Malecón 2000, Imax
<b>9</b>	-2.11695	-79.8938	Guayacanes, día, noche
<b>Ciudad : Durán</b>			
<b>10</b>	-2.18648	-79.82340	Panorama


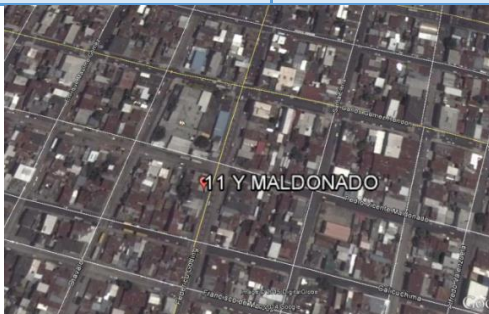
**Tabla 16:** Punto Fijo, Ceibos Norte

Cda. Los Ceibos		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.16552	-79.9367
		

**Tabla 17:** Punto Fijo, Guasmo Central

Guasmo Central		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.25648	-79.8771
		

**Tabla 18:** Punto Fijo, 11 y Maldonado

11 y Maldonado		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.19924	-79.9101
		

**Tabla 19:** Punto fijo, entrada de la 8

Entrada de la 8		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.11941	-79.9518
		

**Tabla 20:** Punto fijo, Sambo City



Sambo City		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.04876	-79.8819
		



Tabla 21: Punto fijo, Vía a la costa

Vía a la Costa		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.18734	-79.9611
		

Tabla 22: Punto fijo, Malecon 2000



Malecón		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.18530	-79.8765
		

Tabla 23: Punto fijo, Guayacanes



Guayacanes		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.11694	-79.8939
		

Tabla 24: Punto fijo, Supertel



Supertel (Cdla. IETEL)		
Fotografía	Mapa.	
		Latitud
-2.14888		-79.89752
		

Tabla 25: Punto fijo, La Aurora







La Aurora		
Fotografía	Mapa.	
		Latitud
-2.05591		-79.91882
		



Tabla 26: Punto fijo, Cdla. Panorama

Duran: Cdla. Panorama		
Fotografía	Mapa.	
		Latitud
-2.18648		-79.82340
		

**Tabla 27:** Punto fijo, Guayacanes noche

Guayacanes (NOCHE)		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.11694	-79.8939
		

**Tabla 28:** Punto fijo, Supertel noche

Supertel (NOCHE)		
Fotografía	Mapa.	
	Latitud	Longitud
	-2.14888	-79.89752
		

### 3.5. Instrumentación de Predicción de intensidad de campo.

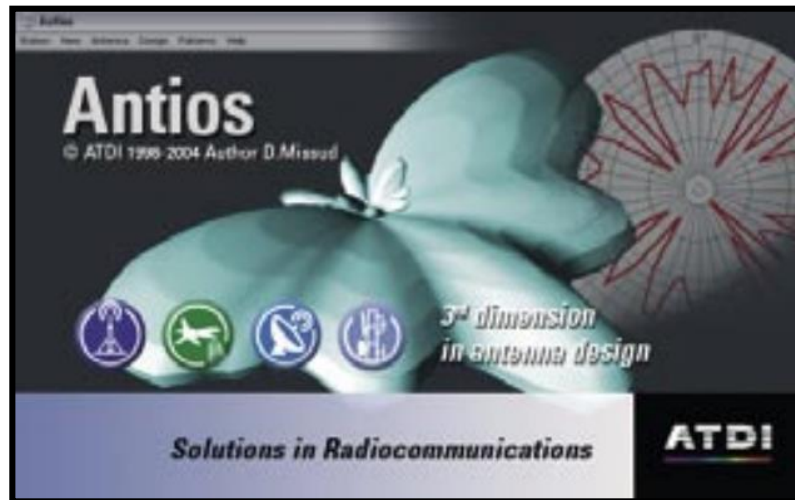
Para la predicción de la cobertura de televisión, se hizo uso de la herramienta de ATDI de simulación de telecomunicaciones, ICS TELECOM PRO versión 12, proporcionada por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL). El software presenta un interesante y muy avanzado esquema de simulación con alta calidad, y permite

realizar la implementación de un sistema radiante, que para nuestro caso era una antena que transmite la señal de televisión digital, dando la oportunidad de escoger la antena desde una base de datos pre cargada o crear la antena desde cero, lo cual será explicado más adelante.



**Figura3.4:**ATDI ICS TELCOM logotipo [22]

Para las antenas fue necesario utilizar otra solución de ATDI, el que, a la fecha de elaboración de este documento se encuentra en su versión del año 2002, la que permite la creación de una antena desde cero, con su respectivo patrón de radiación, ángulos de azimut, paneles y otros parámetros que se detallan en el Anexo de “Manual de creación de antena con Antios”.





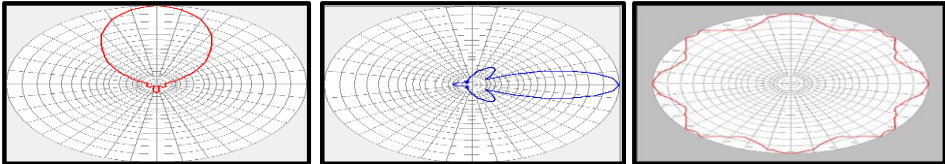
**Figura 3.5:**Antios logotipo [24]

### **3.6. Información Técnica del sistema Radiante.**

Para un análisis de predicción de cobertura es necesario tener la información completa del sistema radiante, de tal manera que se logre aprovechar al máximo el rendimiento de los modelos de propagación a utilizar. Los canales que forman parte del estudio son Ecuavisa, RTS y TC. Los modelos de propagación que son objeto del análisis son: Okumura – Hata Y La recomendación ITU R-P.1546-5.

### 3.6.1. Información sistema Radiante Ecuavisa

**Tabla 29:** Información sistema radiante Ecuavisa

Corporación Ecuatoriana de Televisión S.A. y Televisora Nacional Canal 8 C.A.					
Canal Real	23				<b>ECUAVISA</b>
Canal Digital	2,1				
Banda	524 - 530				
Frec. Central	527,1428				
<b>CORPORACIÓN ECUATORIANA DE TELEVISIÓN</b>					
<b>Antena</b>					
MARCA :	kathrein				
MODELO :	K750-10325				
Rango de Frecuencias :	470 - 862 MHz				
Ganancia pico :	8,5 dBd(Horizontal)				
VSWR:	<1,1:1 típico (1,15:1 máximo)				
Dimensiones :	98,3 x 48 x 19,3 cmts				
<b>Torre</b>					
Tipo de Sistema :	Arreglo de 16 paneles UHF				
Azimut de ubicación de antenas :	0°	90°	180°	270°	
Número de Antenas en cada azimut :	4	4	4	4	
Azimut de máxima radiación:	Omnidireccional				
Ángulo de inclinación (en grados)	1				
Polarización :	Elíptica				
Tipo de Torre :	Auto soportada				
Forma de Torre :	Cuadrada				
Altura de Torre :	114 mts				
Ubicación :	Latitud	Longitud			
	2°10'53"S	79°53'01"W			
<b>Transmisor</b>					
MARCA :	RODHE & SCHUARTZ				
MODELO :	NETCCU 800				
Pot. de radiación: (después del filtro)	1000 W				
PER :	5.011,87 W				
Perdidas en Cables y conectores :	1,5 dB				
Modulación :	HD	OS			
	64QAM	QPSK			
FEC :	2/3	2/3			
U.G. :	1/8	1/8			
<b>Patrón de Radiación</b>					
					
<b>Fuente:</b> Documentación proporcionada por ECUAVISA					

### 3.6.2. Información sistema Radiante RTS

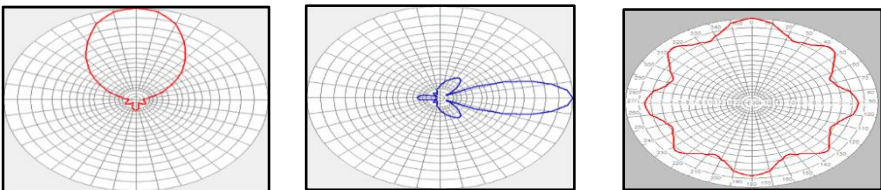
**Tabla 30:** Información sistema radiante RTS

Red Telesistema					
Canal Real	25				<b>RTS</b>
Canal Digital	4,1				
Banda	536 - 542				
Frec. Central	539,1428				
<b>Telecuatro Guayaquil C.A.</b>					
Antena					
MARCA :	Ryma				
MODELO :	Ryma AT15250				
Rango de Frecuencias :	470 - 862 MHz				
Ganancia pico :	8,5 dBd(Horizontal)				
VSWR:	<1,15:1 típico (1,15:1 máximo)				
Dimensiones :	85,0 x 8 x 158,6 cmts				
Torre					
Tipo de Sistema :	Arreglo de 16 paneles UHF				
Azimut de ubicación de antenas :	0 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	270 <sup>0</sup>	
Número de Antenas en cada azimut :	4	4	4	4	
Azimut de máxima radiación:	Omnidireccional				
Ángulo de inclinación (grados)	1				
Polarización :	Elíptica				
Tipo de Torre :	Autosoportada				
Forma de Torre :	Cuadrada				
Altura de Torre :	95 mts				
Ubicación :	Latitud		Longitud		
	2° 10' 46.826" S		79° 52' 49.656" W		
Transmisor					
MARCA :	RODHE & SCHUARTZ				
MODELO :	NETCCU 800				
Pot. de radiación: (después del filtro)	2860 W				
PER :	24738,08 W				
Pérdidas en Cables y conectores :	1,98 dB				
Modulación :	HD		OS		
	64QAM		QPSK		
FEC :	2/3		2/3		
U.G. :	1/8		1/8		
Patrón de Radiación					
					

**Fuente:** Documentación proporcionada por RTS

### 3.6.3. Información sistema Radiante RTS

**Tabla 31:** Información sistema radiante TC

TC Televisión					
Canal Real	29				TC
Canal Digital	10,1				
Banda	560 - 566				
Frec. Central	563,1418				
Cadena Ecuatoriana de Televisión S.A.					
Antena					
MARCA :	kathrein				
MODELO :	K750-10325				
Rango de Frecuencias :	470 - 862 MHz				
Ganancia pico :	11,35 dB				
VSWR:	<1,1:1 típico (1,15:1 máximo)				
Dimensiones :	98,3 x 48 x 19,3 cmts				
Torre					
Tipo de Sistema :	Arreglo de 20 paneles UHF				
Azimut de ubicación de antenas :	45 <sup>0</sup>	135 <sup>0</sup>	225 <sup>0</sup>	315 <sup>0</sup>	
Número de Antenas en cada azimut :	5	5	5	5	
Azimut de máxima radiación:	Omnidireccional				
Angulo de inclinación (grados)	1				
Polarización :	Elíptica				
Tipo de Torre :	Autosoportada				
Forma de Torre :	Cuadrada				
Altura de Torre :	114 mts				
Ubicación :	Latitud		Longitud		
	2 <sup>0</sup> 10'47"S		79 <sup>0</sup> 52'53"		
Transmisor					
MARCA :	Screen Service				
MODELO :	SDT502UM				
Pot de radiación: (después del filtro)	1000 W				
PER :	9977 W				
Perdidas en Cables y conectores :	1,98 dB				
Modulación :	HD	SD	OS		
	64QAM	16QAM	QPSK		
FEC :	3/4	2/3	2/3		
U.G. :	1/16	1/16	1/16		
Patrón de Radiación					
					
<b>Fuente:</b> Documentación proporcionada por TC					





## **CAPÍTULO 4**

### **4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES REALES Y PREDICCIONES.**

Luego de ejecutar el procedimiento de medición para cada tipo dato recolectado, realizamos la presentación de los resultados para su posterior análisis en el que se presentarán detalles importantes para determinar el mejor ejercicio para medición de campo de TDT.

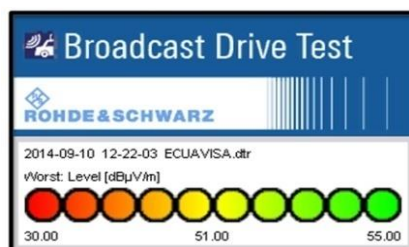
#### 4.1. Resultados de Mediciones Reales Recorrido 1.

El primer recorrido, comprendido por las rutas descritas en la sección 3.2.1 se realizó con una campaña de mediciones de 10 días con las que se obtuvieron los siguientes resultados:

##### 4.1.1. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para Ecuavisa.



##### Mejor Caso.



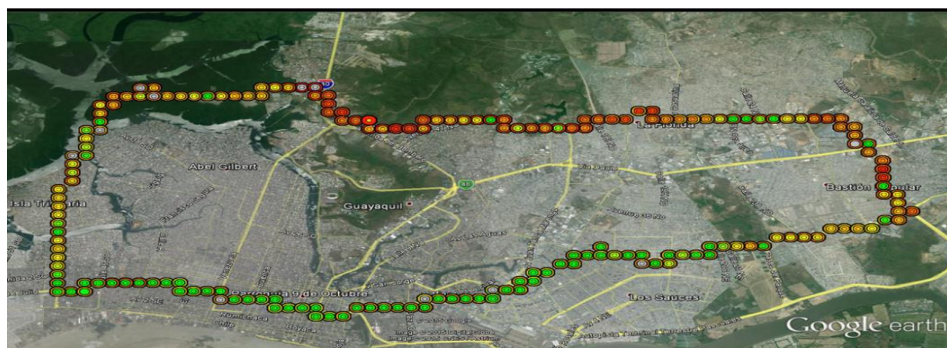
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	28.5	7.45	0.0
Level [dBuV/m]	100.0%	61.89	63.36	64.49

##### Peor Caso.

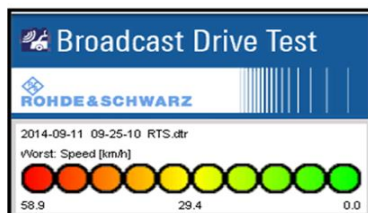
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	41.7	40.01	38.3
Level [dBuV/m]	100.0%	33.89	34.34	34.89

Figura 4.1: Resultado mediciones recorrido 1 Ecuavisa

#### 4.1.2. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para RTS.



Mejor Caso.



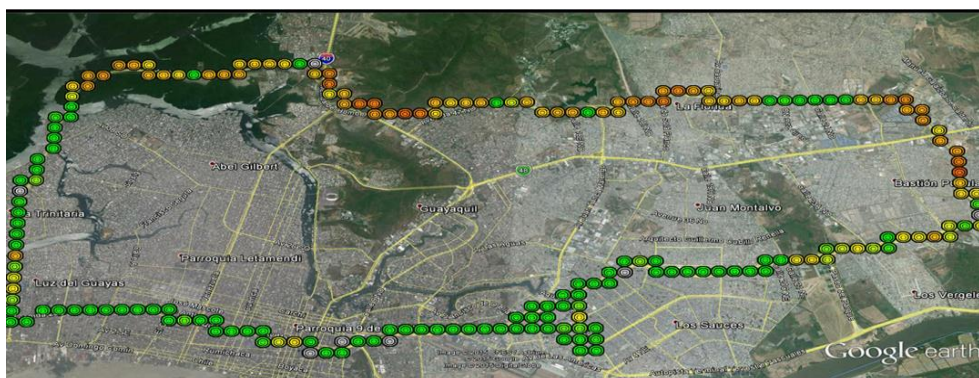
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	33.6	32.56	31.7
Level [dBµV/m]	100.0%	53.98	54.10	51.95

Peor Caso.

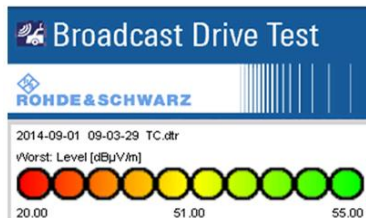
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	47.2	31.91	7.5
Level [dBµV/m]	100.0%	56.69	57.12	55.19

Figura 4.2: Resultado mediciones recorrido 1 RTS

#### 4.1.3. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 1 para TC.



Mejor Caso.



Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	50.7	49.70	48.7
Level [dBµV/m]	50.0%	55.55	55.55	55.55

Peor Caso.

Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	45.5	42.04	38.9
Level [dBµV/m]	100.0%	53.49	59.43	48.75

Figura 4.3: Resultados mediciones recorrido 1 TC

## 4.2. Resultados de Mediciones Reales Recorrido 2.

El segundo recorrido, comprendido por las rutas descritas en la sección 3.2.2 se realizó con una campaña de mediciones de 10 días con las que se obtuvieron los siguientes resultados:

### 4.2.1. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para Ecuavisa.



Mejor Caso.



Figura 4.4: Resultado recorrido 2 Ecuavisa

### 4.2.2. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para RTS



Mejor Caso.

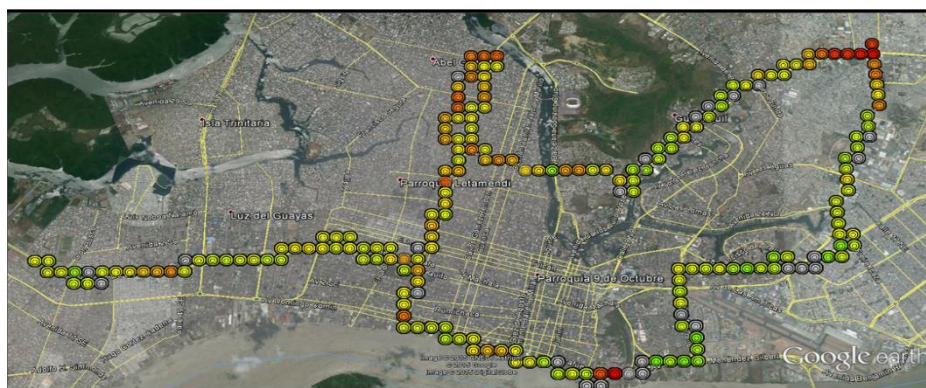
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	37.7	34.94	32.7
Level [dBμV/m]	66.7%	81.69	85.71	87.89

Peor Caso.

Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	35.1	33.86	32.5
Level [dBμV/m]	100.0%	31.49	35.73	37.89

Figura 4.5: Resultado mediciones recorrido 2 RTS

### 4.2.3. Resultados de Mediciones Reales con Recorrido 2 para TC



Mejor Caso.

Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	33.7	21.28	5.8
Level [dBμV/m]	36.4%	74.29	75.20	77.19

Peor Caso.

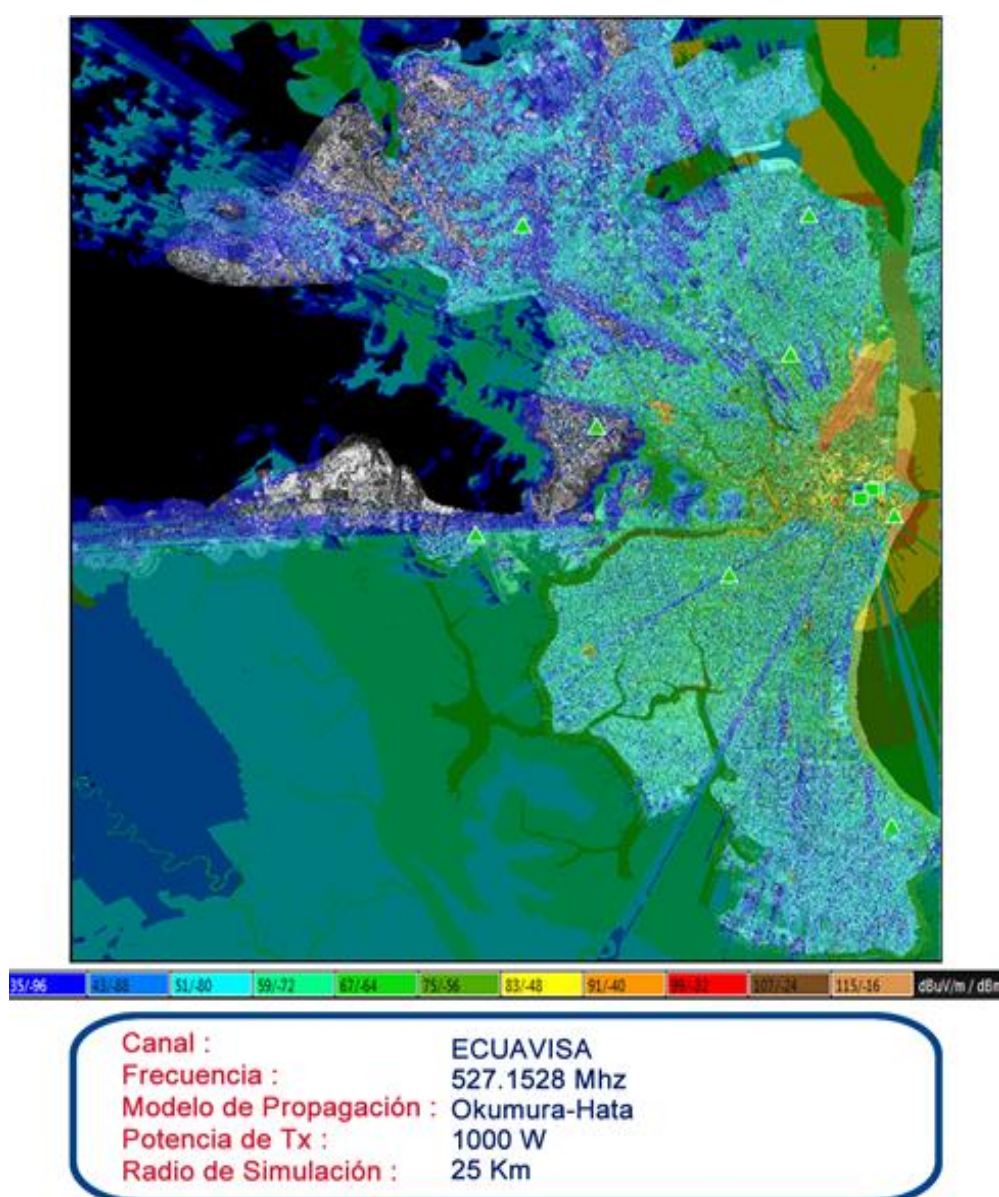
Measurement	Validity	Worst	Average	Best
Speed [km/h]	100.0%	42.7	26.71	0.0
Level [dBμV/m]	100.0%	31.39	35.88	47.39

Figura 4.6: Resultado mediciones recorrido 2 TC

### 4.3. Resultado de Predicciones

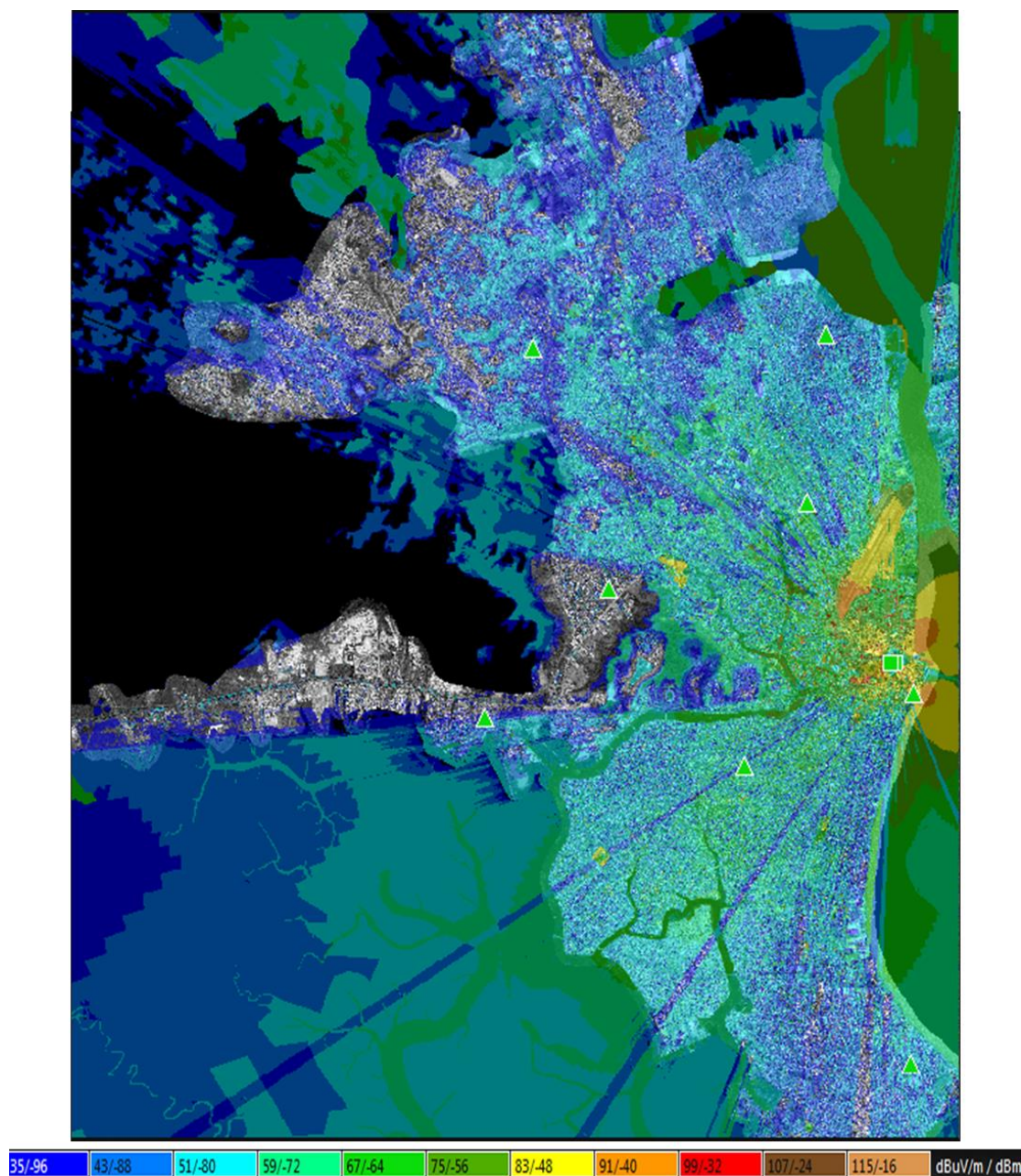
Las predicciones de intensidad de campo eléctrico se realizaron tomando en consideración todos los datos técnicos desde el sistema radiante hasta el patrón de propagación de la antena.

#### 4.3.1. Resultados de Predicción Okumura – Hata para Ecuavisa.



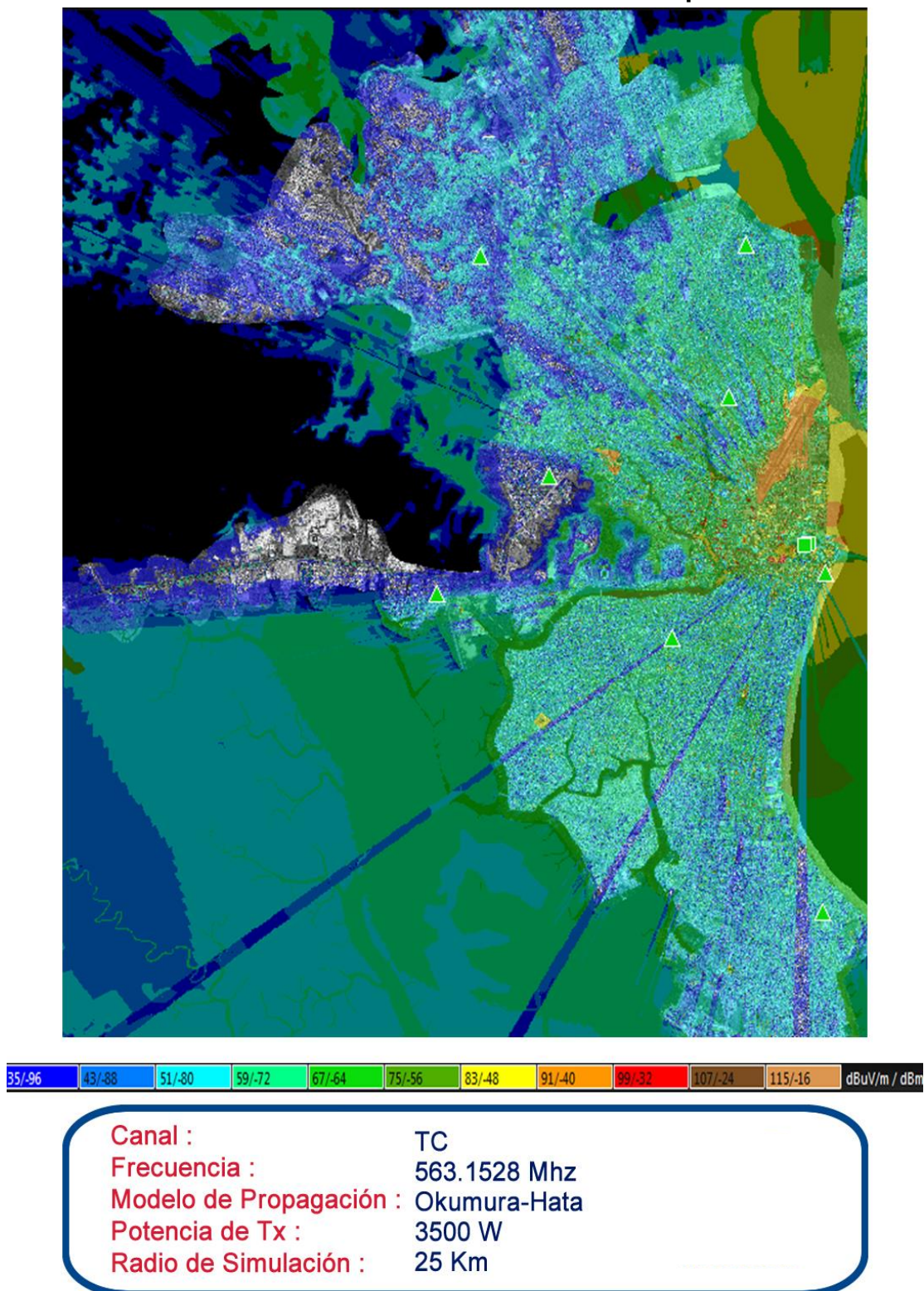
**Figura 4.7.:** Resultado predicción Okumura-Hata Ecuavisa

### 4.3.2. Resultados de Predicción Okumura – Hata para RTS.



**Figura 4.8:**Resultado predicción Okumura - Hata Rts

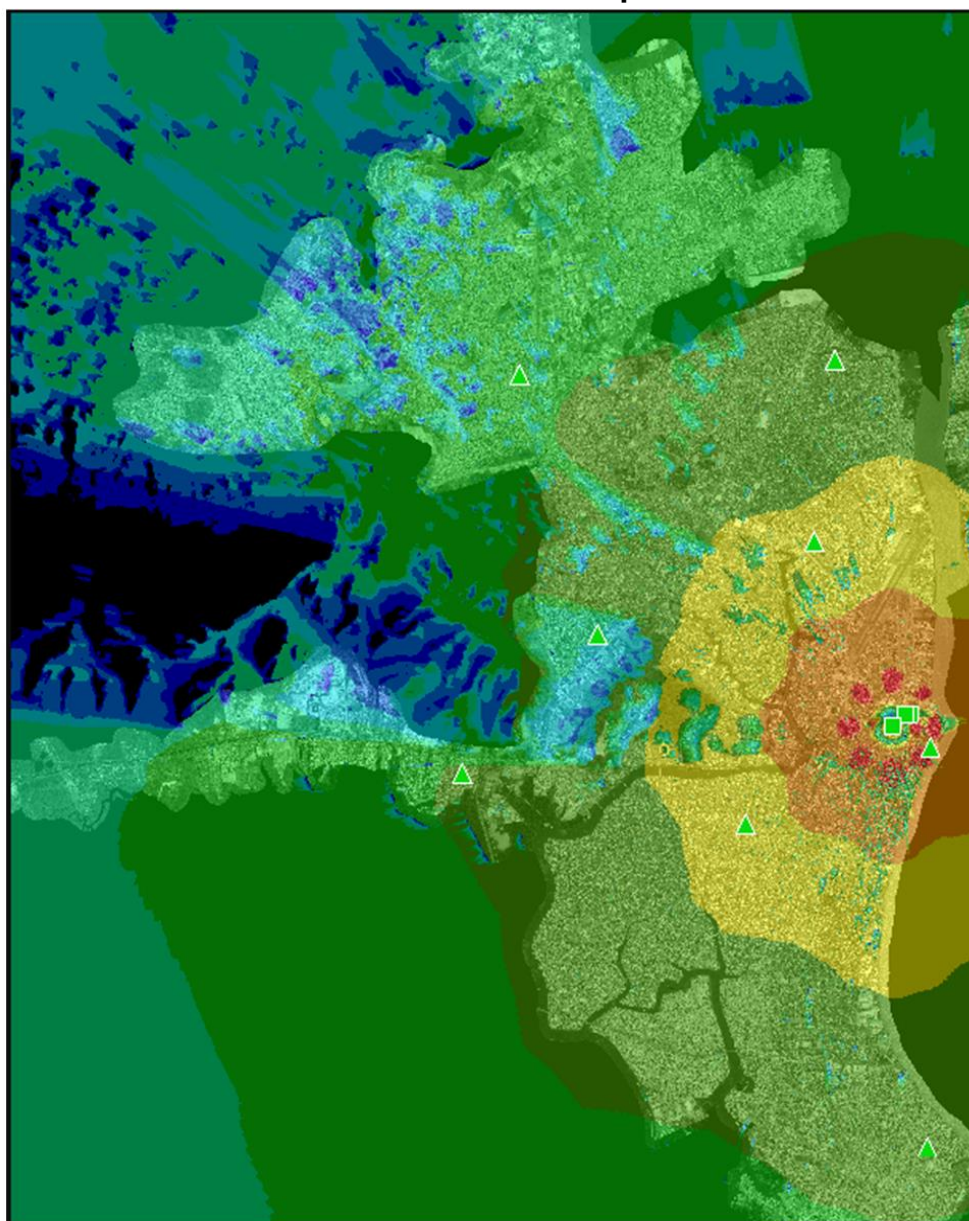
### 4.3.3. Resultados de Predicción Okumura – Hata para TC.



**Figura 4.9:**Resultado predicción Okumura - Hata Tc



#### 4.3.4. Resultados de ITUR –P.1546 para Ecuavisa.



35/-96 43/-88 51/-80 59/-72 67/-64 75/-56 83/-48 91/-40 99/-32 107/-24 115/-16 dBuV/m / dBm

**Canal :** ECUAVISA  
**Frecuencia :** 527.1528 Mhz  
**Modelo de Propagación :** UIT-R P.1546  
**Potencia de Tx :** 1000 W  
**Radio de Simulación :** 25 Km

**Figura 4.10:**Resultado predicción ITUR-P. 1546 Ecuavisa

#### 4.3.5. Resultados de ITUR –P.1546 para RTS.

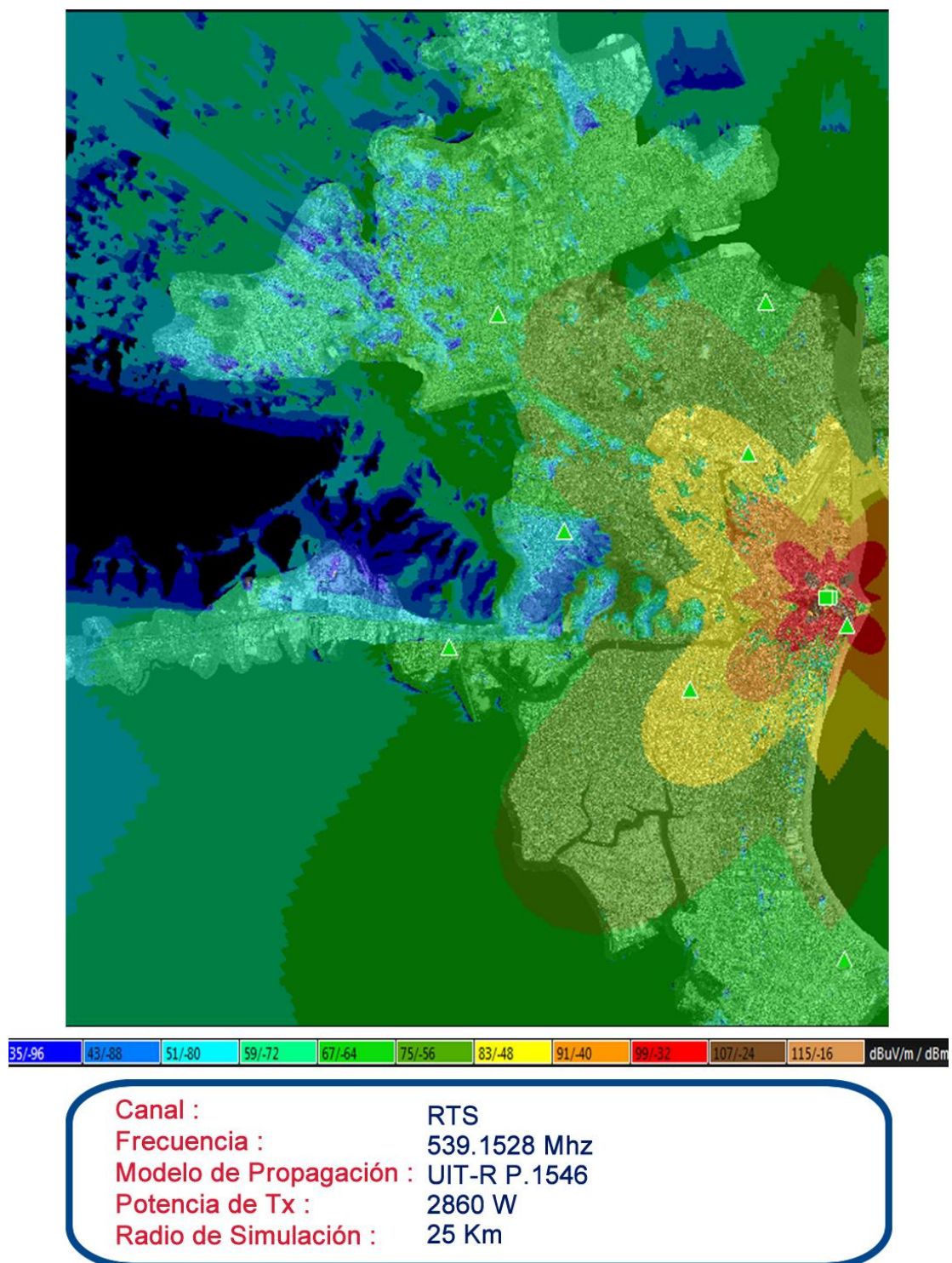


Figura 4.11.:Resultado predicción ITUR-P. 1546

#### 4.3.6. Resultados de ITUR –P.1546 para TC.

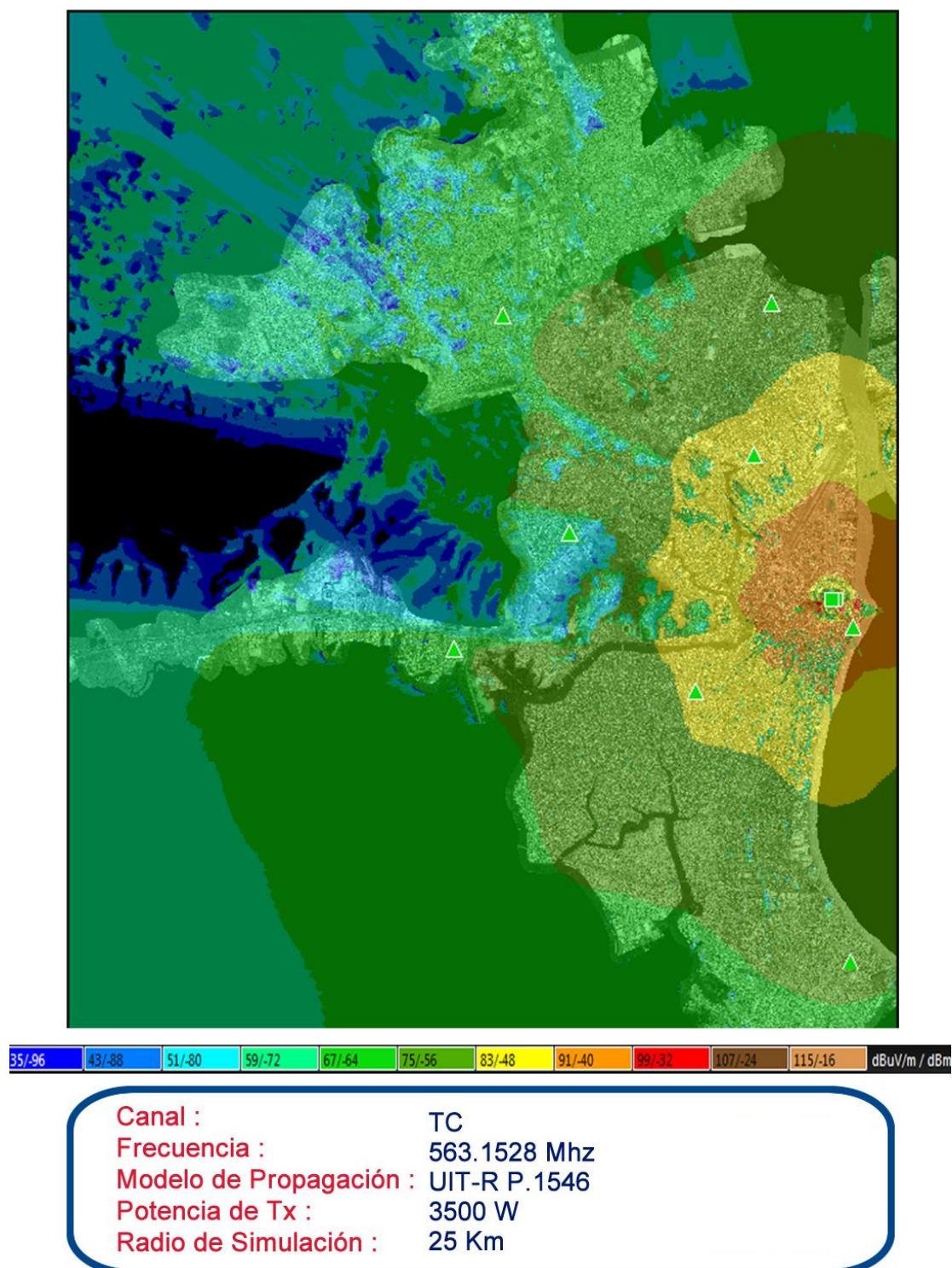


Figura 4.12:Resultado predicción ITUR-P. 1546

#### 4.4. Resultados de Mediciones en Puntos Fijos

La campaña de mediciones de puntos fijos comprende 9 puntos de suma importancia estratégica y tres puntos especiales que serán analizados con su respectiva ubicación de la predicción.

##### 4.4.1. Tabla de Resultados de puntos Fijos para Ecuavisa.

**Tabla 32:** Mediciones Puntos fijos Ecuavisa

MEDICIONES EN PUNTOS FIJOS ECUAVISA							
LUGAR	LATITUD	LONGITUD	INTENSIDAD DE CAMPO(dBuV/m)				
			P1	P2	P3	P4	Media
<b>Cdla. Los Ceibos</b>	-2.16552	-79.9367	46.81	46.51	46.80	46.77	46.72
<b>Guasmo Central</b>	-2.25648	-79.8771	56.08	53.77	56.08	56.09	55.5
<b>Malecón</b>	-2.18530	-79.8765	99.8	100.4	100.2	100.8	100.3
<b>11 y Maldonado</b>	-2.19924	-79.9101	77.33	77.03	77.11	77.11	77.15
<b>Entrada de la 8</b>	-2.11941	-79.9518	63.45	63.23	63.22	63.51	63.35
<b>Vía a la Costa</b>	-2.18734	-79.9611	48.34	48.32	48.32	48.34	48.33
<b>Supertel (Día)</b>	-2.14896	-79.8975	74.63	74.73	74.7	74.47	74.47
<b>Guayacanes (Día)</b>	-2.14896	-79.8975	77.37	77.58	77.45	77.32	77.43

#### 4.4.2. Tabla de Resultados de puntos Fijos para RTS.

**Tabla 33:** Mediciones puntos fijos RTS

MEDICIONES EN PUNTOS FIJOS RTS							
LUGAR	LATITUD	LONGITUD	INTENSIDAD DE CAMPO(dBuV/m)				
			P1	P2	P3	P4	Media
<b>Cdla. Los Ceibos</b>	-2.16552	-79.9367	47.96	47.83	47.94	47.92	47.91
<b>Guasmo Central</b>	-2.25648	-79.8771	67.78	67.88	67.72	67.66	67.76
<b>Malecón</b>	-2.18530	-79.8765	102.1	101.9	102.3	102.5	102.2
<b>11 y Maldonado</b>	-2.19924	-79.9101	78.38	78.39	78.33	78.40	78.38
<b>Entrada de la 8</b>	-2.11941	-79.9518	65.83	65.91	65.89	65.96	65.89
<b>Via a la Costa</b>	-2.18734	-79.9611	46.72	46.68	46.82	46.82	46.76
<b>Supertel (Día)</b>	-2.14896	-79.8975	75.24	74.84	74.63	74.89	74.69
<b>Guayacanes(Día)</b>	-2.14896	-79.8975	75.7	75.8	75.4	75.5	75.6

#### 4.4.3. Tabla de Resultados de puntos Fijos para TC.

**Tabla 34:** Mediciones puntos fijos TC

MEDICIONES EN PUNTOS FIJOS TC							
LUGAR	LATITUD	LONGITUD	INTENSIDAD DE CAMPO(dBuV/m)				
			P1	P2	P3	P4	Media
<b>Cdla. Los Ceibos</b>	-2.16552	-79.9367	46.09	46.14	46.18	46.31	46.18
<b>Guasmo Central</b>	-2.25648	-79.8771	63.71	63.58	63.61	63.71	65.25
<b>Malecón</b>	-2.18530	-79.8765	78.20	78.60	78.10	77.90	78.20
<b>11 y Maldonado</b>	-2.19924	-79.9101	73.86	73.74	73.82	73.77	73.79
<b>Entrada de la 8</b>	-2.11941	-79.9518	64.59	64.51	64.77	64.04	64.47
<b>Via a la Costa</b>	-2.18734	-79.9611	36.9	44.94	44.94	44.94	42.93
<b>Supertel (Día)</b>	-2.14896	-79.8975	70.39	70.34	69.93	70.58	70.31
<b>Guayacanes(Día)</b>	-2.14896	-79.8975	75.50	75.30	74.80	74.90	75.10

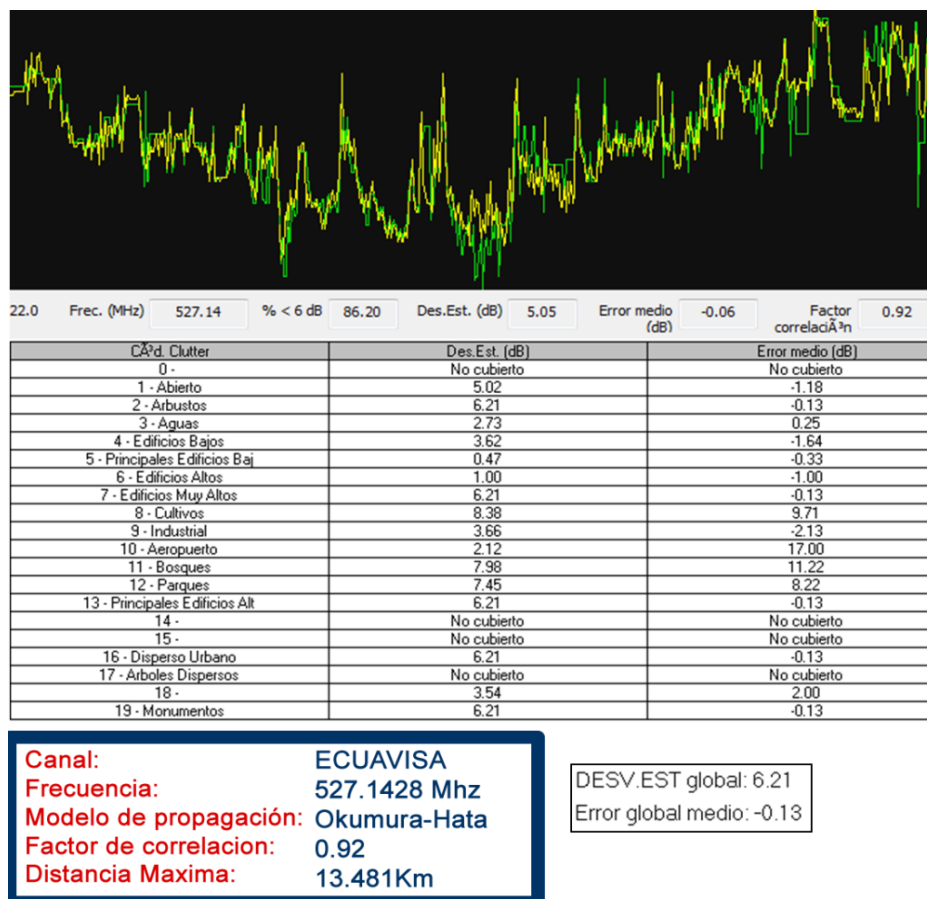
#### **4.5. Análisis de Resultados.**

En esta sección se analizarán los resultados comparativos entre las mediciones reales y las predicciones a fin de determinar un procedimiento correcto para realizar el cálculo de cobertura de una señal ISDBTb. Se contara inicialmente con la presentación de los resultados de las campañas de mediciones tanto para puntos fijos como para recorridos de Drive Test, Posteriormente se presenta un análisis de resultados por el que se toma el modelo que mejor se aproxime.

##### **4.5.1. Análisis de Resultados Reales vs Predicciones para Drive Test.**

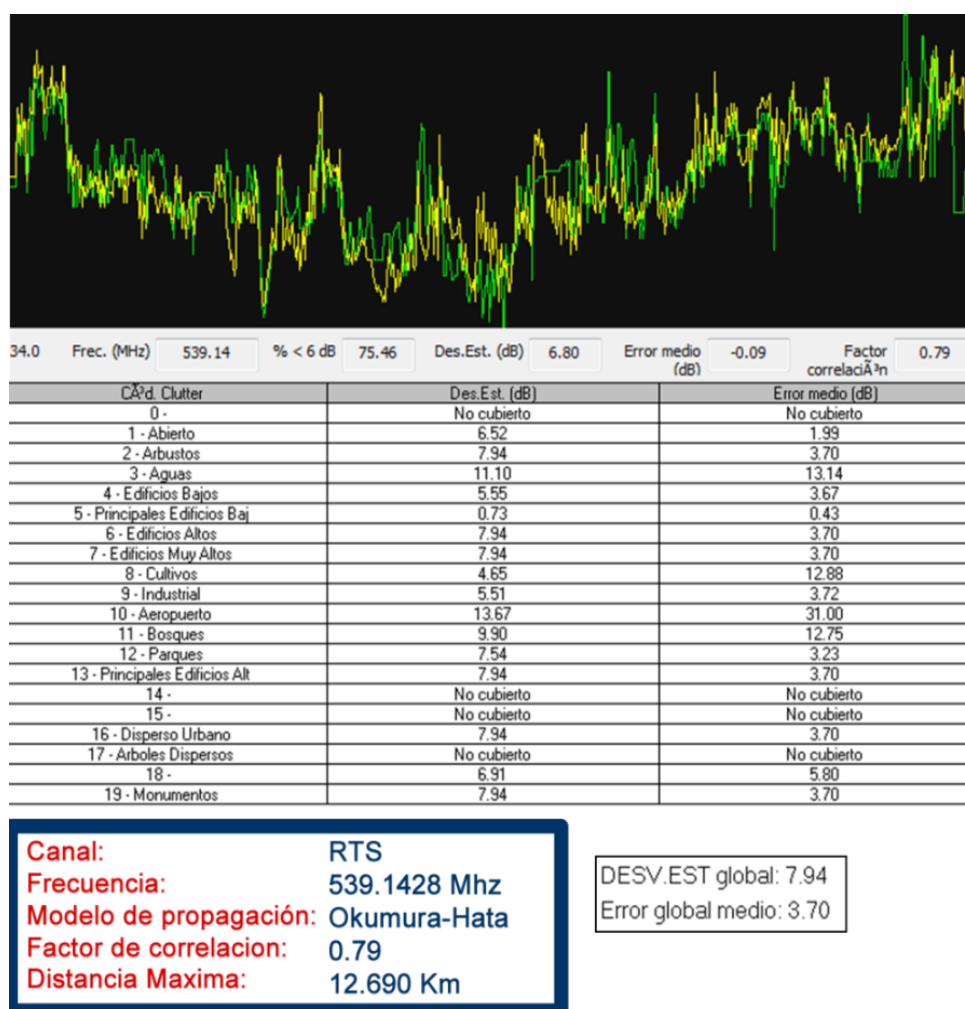
Los resultados de Drive test fueron procesados antes de establecer la correlación, esto debido a que se debe aplicar los ajustes por cada clutter dentro del mapa, una vez aplicados los ajustes, se tienen una mayor certeza de los datos, especialmente en aquellos que se encuentran en lugares urbanos que se encuentran rodeados por edificios y árboles, los cuales son un problema cuando se interviene la incertidumbre del GPS.

#### 4.5.1.1. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para Ecuavisa en el Recorrido 1.



**Figura 4.13:**Correlación medición Real Vs Okumura Hata, Ecuavisa, recorrido 1

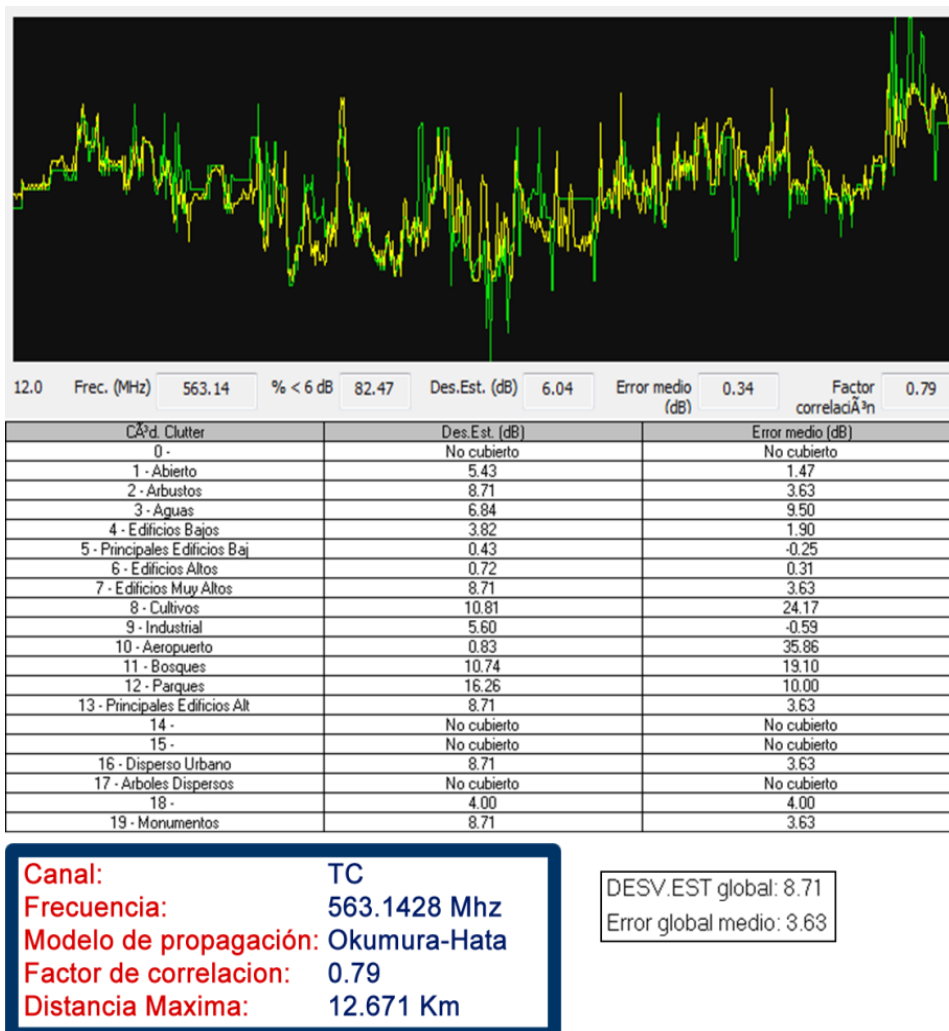
#### 4.5.1.2. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para RTS en el Recorrido 1.



**Figura 4.14:** Correlación, medición real Vs Okumura Hata RTS recorrido 1



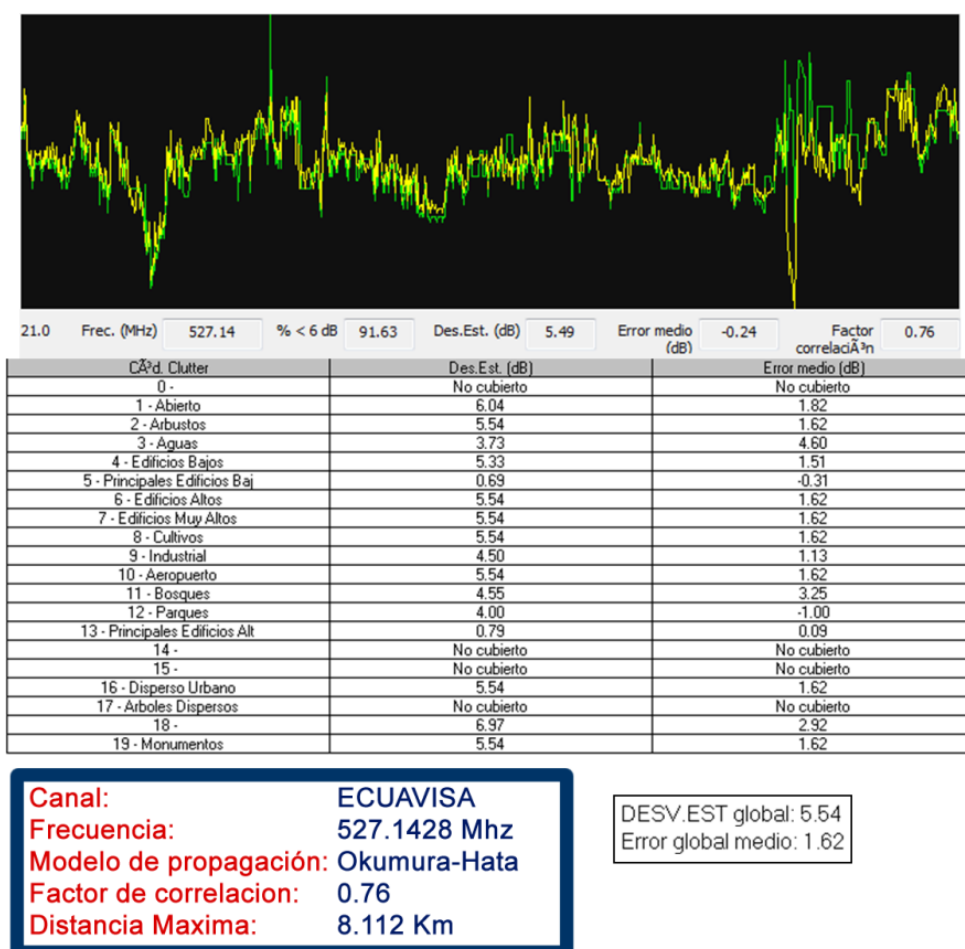
#### 4.5.1.3. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para TC en el Recorrido1.



**Figura 4.15:**Correlación, medición real Vs Okumura Hata TC recorrido 1

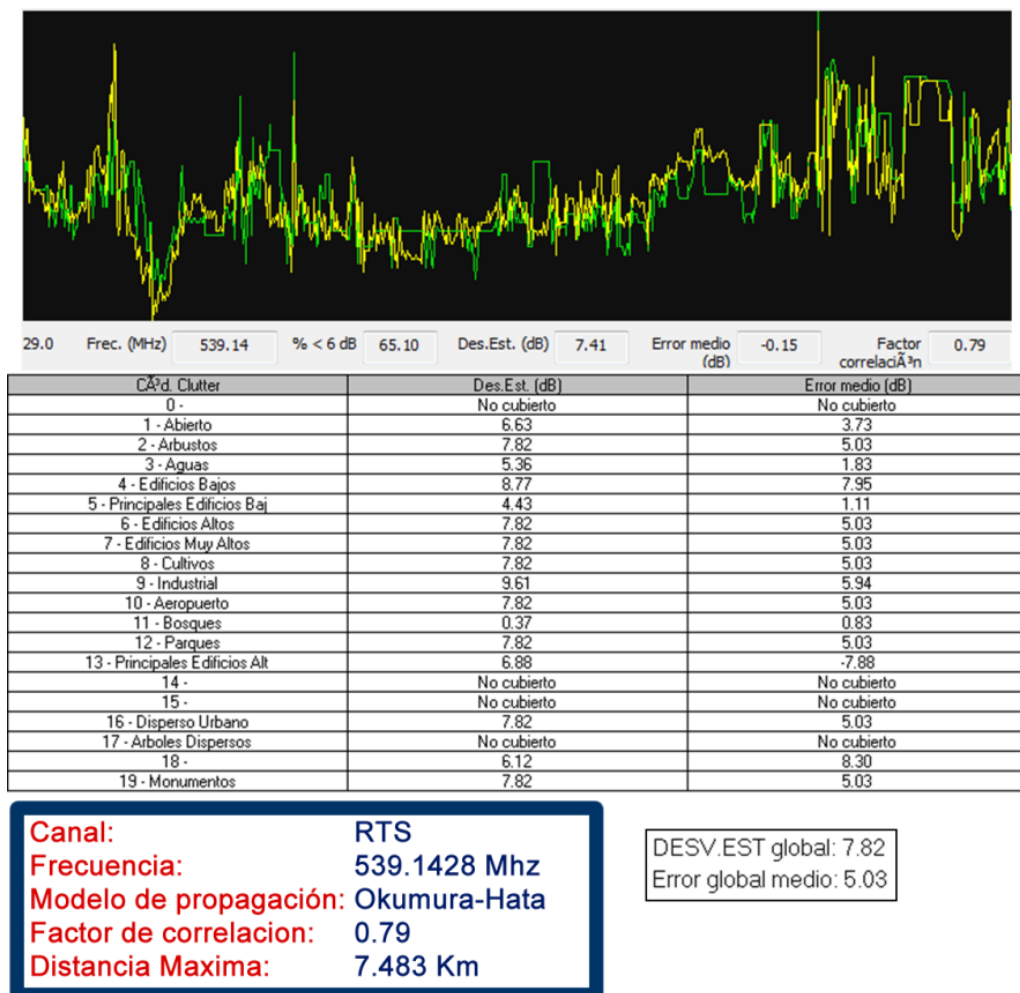
## 4.5.2. Resultados Reales vs Okumura – Hata para el recorrido 2.

### 4.5.2.1. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para ECUAVISA en el Recorrido 2.



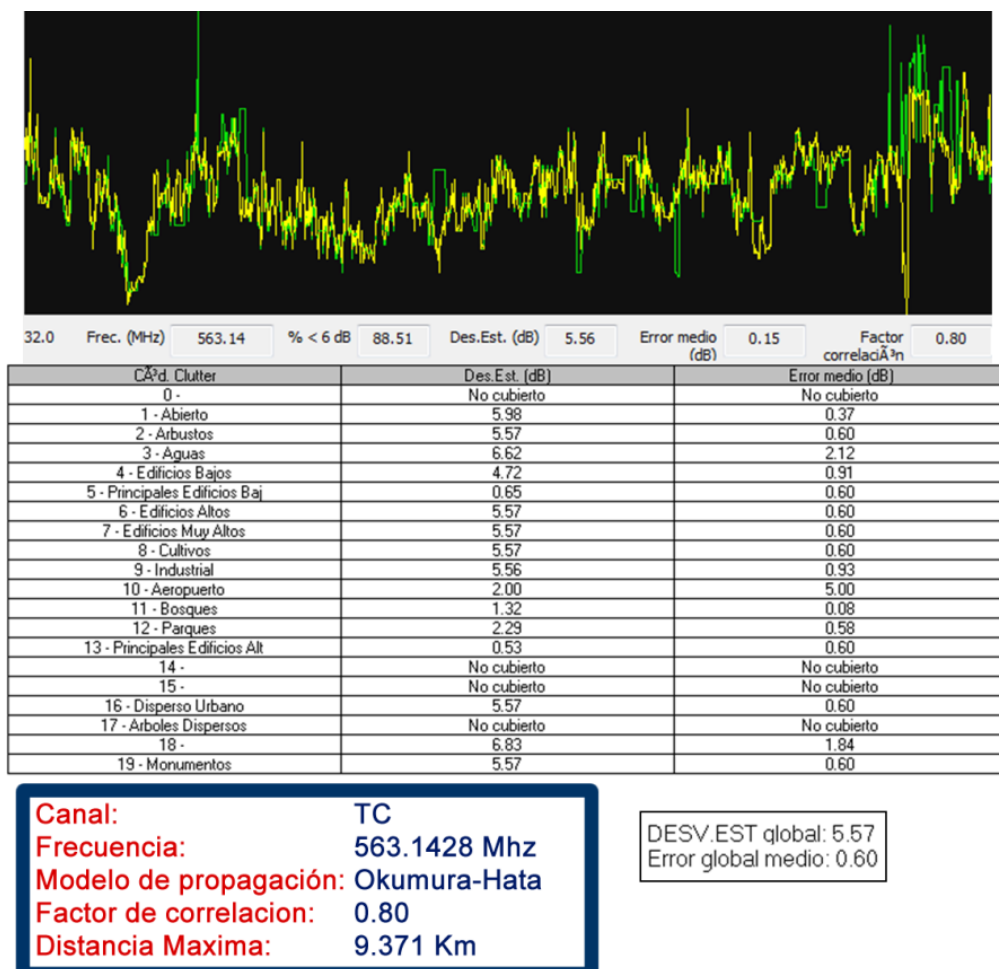
**Figura 4.16:** Correlación, medición real Vs Okumura Hata Ecuavisa recorrido 2

#### 4.5.2.2. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para RTS en el Recorrido 2.



**Figura 4.17:**Correlación, medición real Vs Okumura Hata RTS recorrido 2

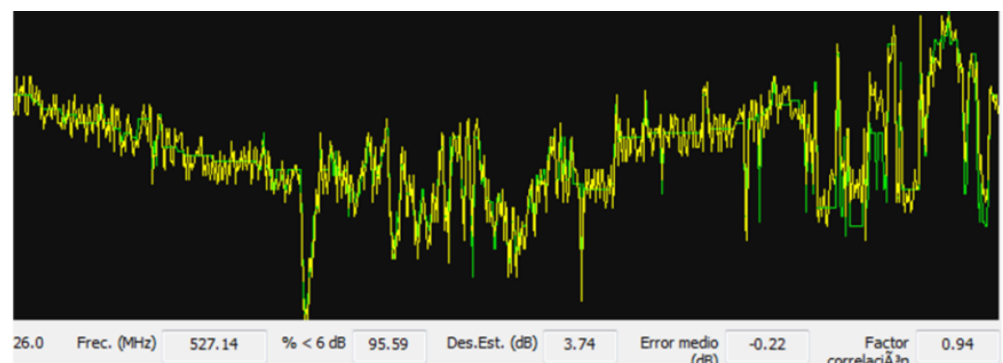
#### 4.5.2.3. Medición Real vs Modelo Okumura – Hata para TC en el Recorrido 2.



**Figura 4.18:** Correlación, medición real Vs Okumura Hata TC Recorrido 2

### 4.5.3. Resultados Reales vs UIT-R P.1546 para el recorrido 1.

#### 4.5.3.1. Medición Real vs UIT-R P.1546 para Ecuavisa en el Recorrido 1.



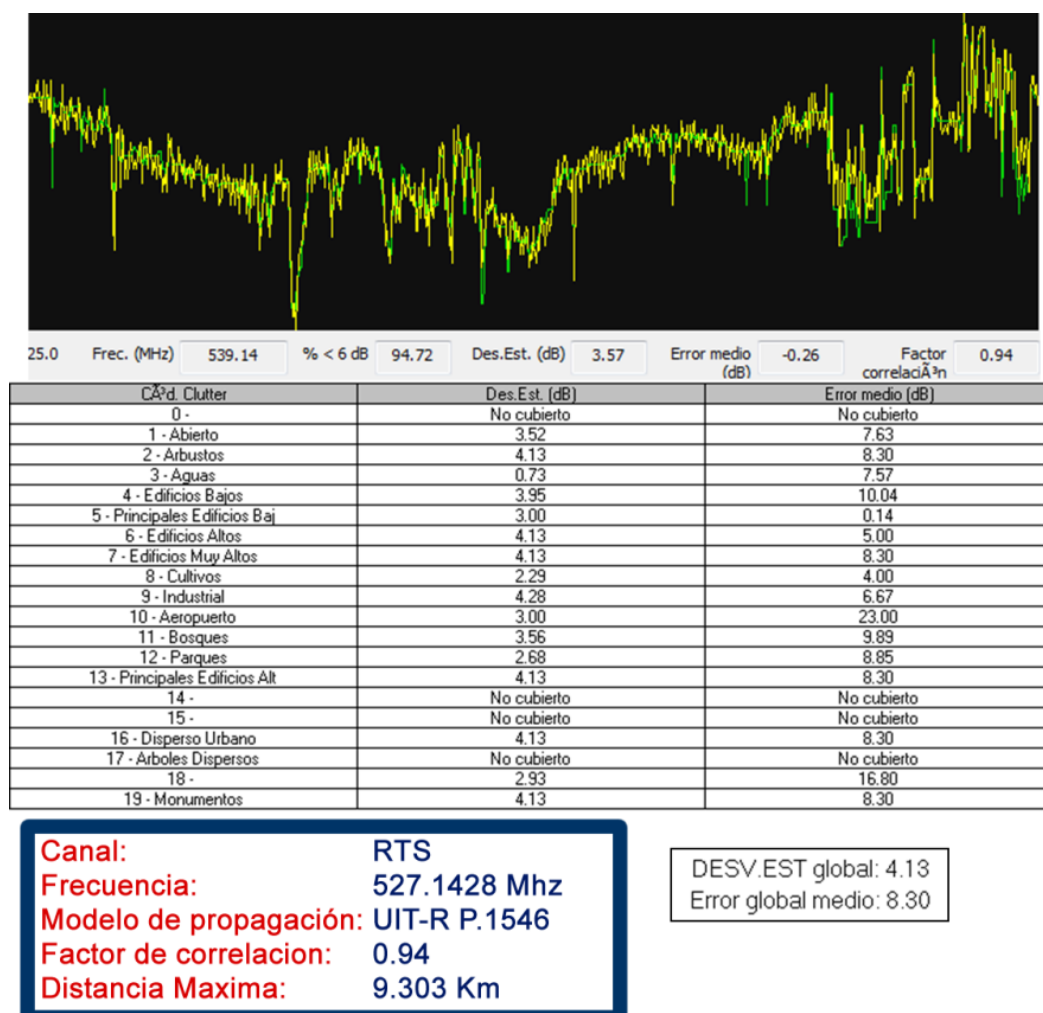
Cód. Clutter	Des.Est. (dB)	Error medio (dB)
0 -	No cubierto	No cubierto
1 - Abierto	3.95	10.59
2 - Arbustos	4.76	10.97
3 - Aguas	3.04	3.00
4 - Edificios Bajos	3.25	11.42
5 - Principales Edificios Baj	2.62	6.67
6 - Edificios Altos	6.50	0.50
7 - Edificios Muy Altos	4.76	10.97
8 - Cultivos	1.55	4.14
9 - Industrial	3.55	5.88
10 - Aeropuerto	1.48	8.75
11 - Bosques	2.98	20.11
12 - Parques	3.14	16.11
13 - Principales Edificios Alt	4.76	10.97
14 -	No cubierto	No cubierto
15 -	No cubierto	No cubierto
16 - Disperso Urbano	4.76	10.97
17 - Árboles Dispersos	No cubierto	No cubierto
18 -	2.87	13.50
19 - Monumentos	4.76	10.97

**Canal:** ECUAVISA  
**Frecuencia:** 527.1428 Mhz  
**Modelo de propagación:** UIT-R P.1546  
**Factor de correlación:** 0.94  
**Distancia Maxima:** 12.748 Km

DESV.EST global: 4.76  
 Error global medio: 10.97

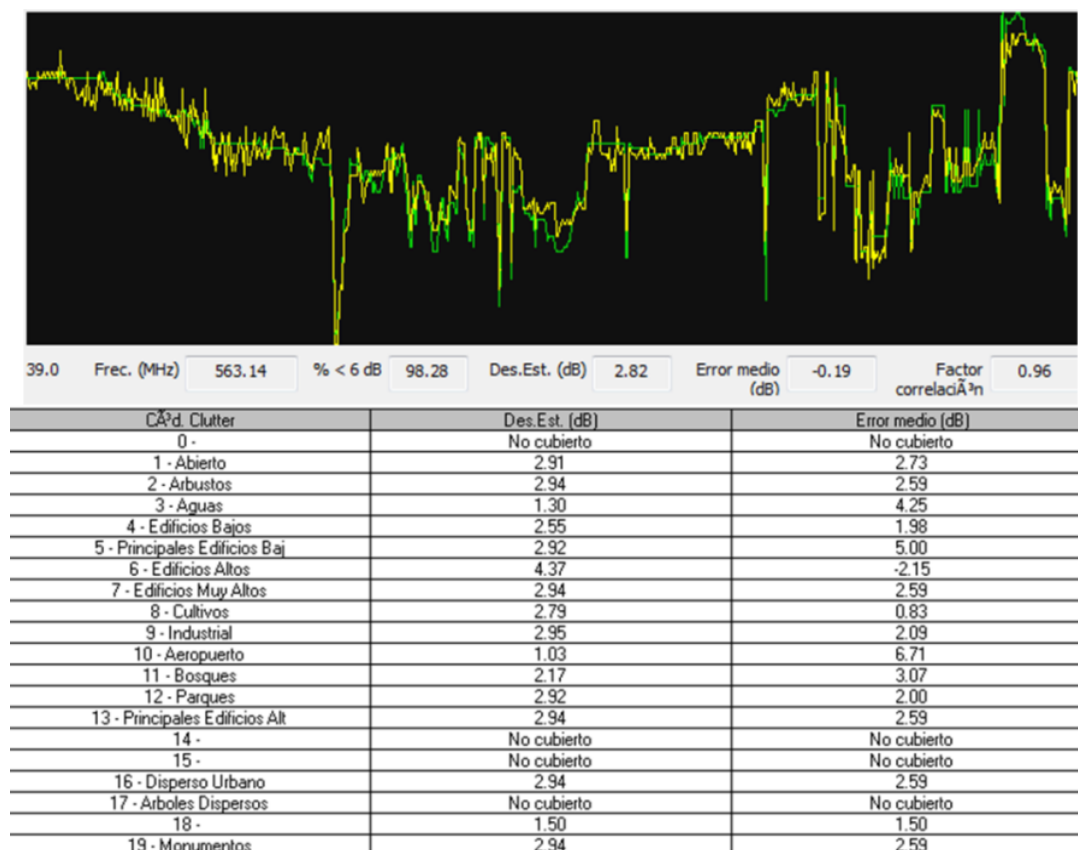
**Figura 4.19:** Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 Ecuavisa recorrido 1

#### 4.5.3.2. Medición Real vs UIT-R P.1546 para RTS en el Recorrido 1.



**Figura 4.20:** Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 RTS recorrido 1

### 4.5.3.3. Medición Real vs UIT-R P.1546 para TC en el Recorrido 1.



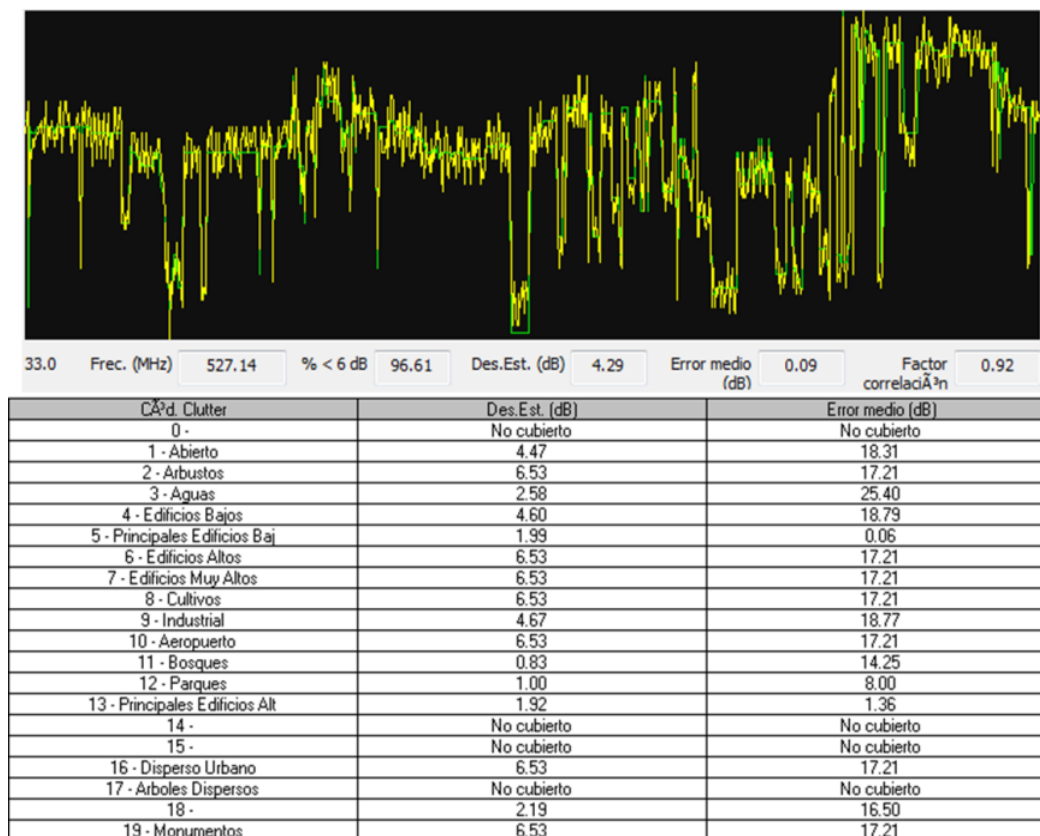
**Canal:** TC  
**Frecuencia:** 563.1428 Mhz  
**Modelo de propagación:** UIT-R P.1546  
**Factor de correlación:** 0.96  
**Distancia Maxima:** 12.665 Km

DESV.EST global: 2.94  
 Error global medio: 2.59

**Figura 4.21:** Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 TC recorrido 1

#### 4.5.4. Resultados Reales vs UIT-R P.1546 para el recorrido 2.

##### 4.5.4.1. Medición Real vs UIT-R P.1546 para Ecuavisa en el Recorrido 2.



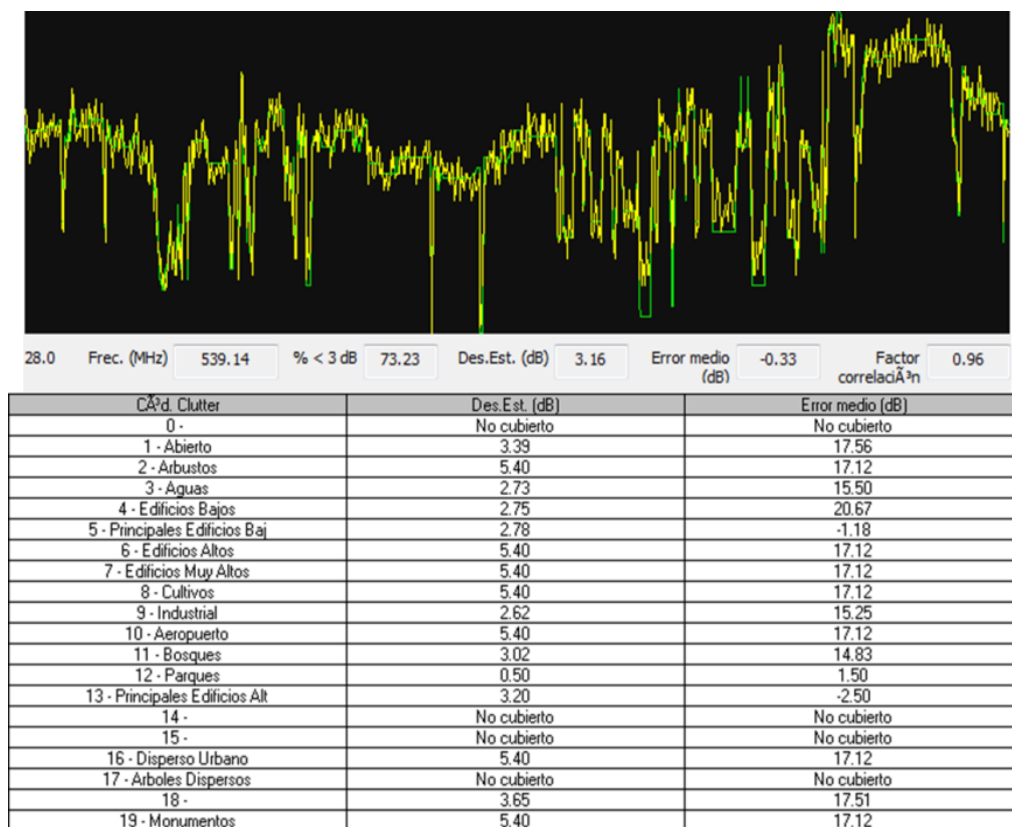
**Canal:** Ecuavisa  
**Frecuencia:** 527.1428 Mhz  
**Modelo de propagación:** UIT-R P.1546  
**Factor de correlación:** 0.92  
**Distancia Maxima:** 7.253 Km

DESV.EST global: 6.53  
 Error global medio: 17.21

**Figura 4.22.:**Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 Ecuavisa recorrido 2



#### 4.5.4.2. Medición Real vs UIT-R P.1546 para RTS en el Recorrido 2.

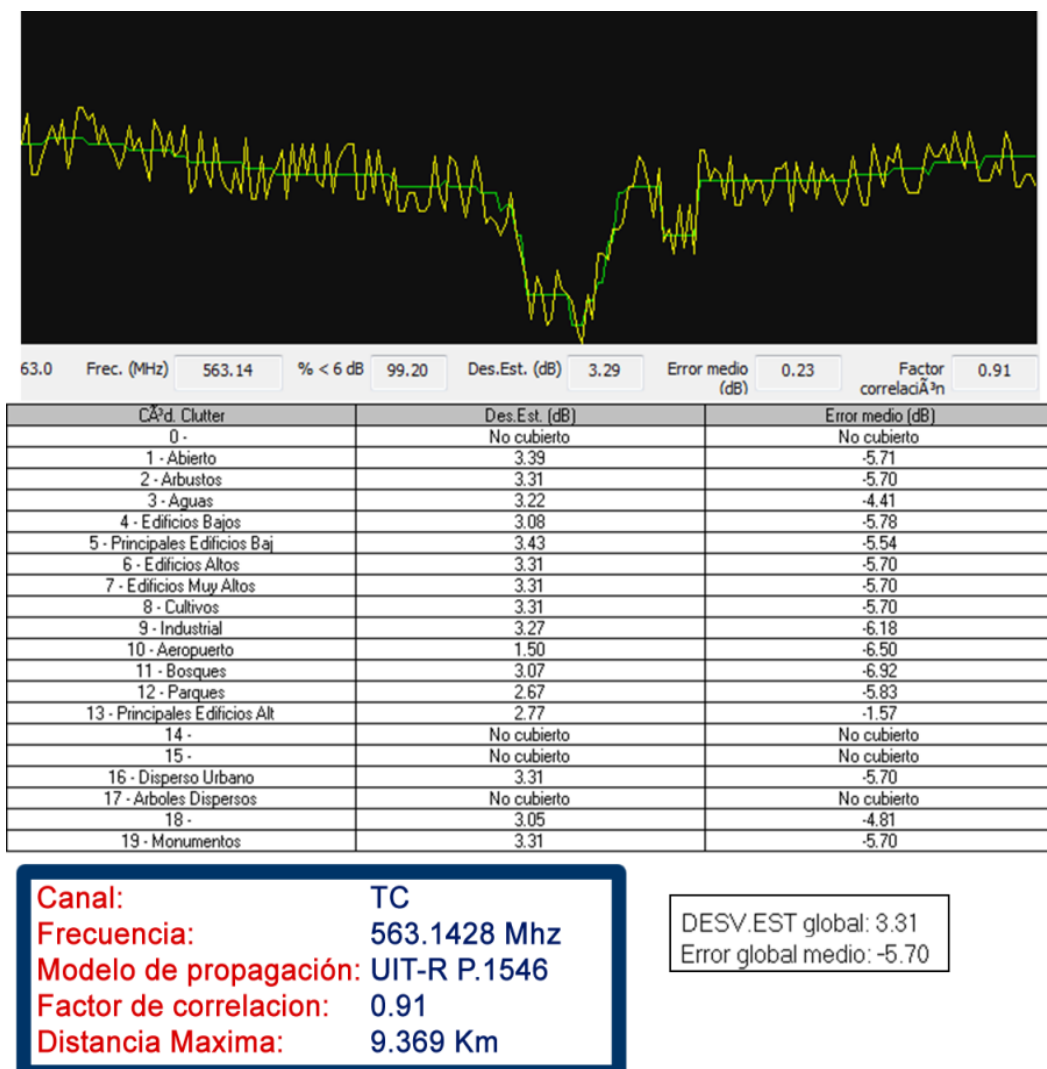


**Canal:** RTS  
**Frecuencia:** 539.1428 Mhz  
**Modelo de propagación:** UIT-R P.1546  
**Factor de correlación:** 0.96  
**Distancia Maxima:** 7.483 Km

DESV.EST global: 5.40  
 Error global medio: 17.12

**Figura 4.23:** Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 RTS recorrido 2

#### 4.5.4.3. Medición Real vs UIT-R P.1546 para TC en el Recorrido 2.



**Figura 4.24:**Correlación medición, real Vs UIT-R P.1546 TC recorrido 2

#### 4.5.5. Análisis de Resultados Okumura – Hata vs UIT-R P.1546 para el recorrido 1.

**Tabla 35:** Resultados Drive Test Vs Predicciones

Drive Test				
Canal	Ruta	Modelo	Distancia Máxima	Correlación
Ecuavisa	Recorrido 1	Okumura - Hata	13.481 Km	0.92
RTS	Recorrido 1	Okumura - Hata	12.690 Km	0.79
TC	Recorrido 1	Okumura - Hata	12.671 Km	0.79
Ecuavisa	Recorrido 1	UIT-R P.1546	12.748 Km	0.94
RTS	Recorrido 1	UIT-R P.1546	9.303 Km	0.94
TC	Recorrido 1	UIT-R P.1546	12.665 Km	0.96
Ecuavisa	Recorrido 2	Okumura - Hata	8.112 Km	0.76
RTS	Recorrido 2	Okumura - Hata	7.483 Km	0.79
TC	Recorrido 2	Okumura - Hata	9.371 Km	0.80
Ecuavisa	Recorrido 2	UIT-R P.1546	7.253 Km	0.92
RTS	Recorrido 2	UIT-R P.1546	7.483 Km	0.96
TC	Recorrido 2	UIT-R P.1546	9.369 Km	0.91

Las mediciones realizadas en el recorrido 1 arrojaron resultados que, al ser correlacionados con la predicción del modelo Okumura – Hata, presentaban factores de correlación de 0.92, 0.79 y 0.79 para Ecuavisa RTS y TC respectivamente lo cual, al analizarlo detalladamente se descubre que son mediciones muy aproximadas, sin embargo se tienen ciertas diferencias en zonas cercanas a la sobran generada por edificios altos que se encuentran cerca de los transmisores. Al analizar la comparación del recorrido 1 con respecto al modelo de la Recomendación UIT-R P.1546 se obtienen factores de correlación de 0.94, 0.94 y 0.96 para Ecuavisa, RTS y TC respectivamente, siendo estos resultados los que notablemente

presentan un mejor rendimiento con respecto al modelo Okumura – Hata, para este recorrido se tiene que el La Recomendación UIT-R P.1546 es el modelo a seguir para predecir una cobertura de señal de TDT.

Para el segundo recorrido, con el modelo Okumura – Hata, se presentan factores de correlación de 0.76, 0.79 y 0.80 para Ecuavisa, RTS y TC respectivamente es importante tener en cuenta que para este recorrido, se tuvieron máximas distancias de puntos de medición por canal de 8.1, 7.4 y 9.3 Kilómetros. Con la Recomendación ITU-R P.1546 se obtuvo los factores de correlación de 0.92, 0.96 y 0.91 para Ecuavisa, RTS y TC respectivamente. Obteniendo los resultados mencionados, para este estudio se establece que una buena muestra de Drive Test debe tener un factor de correlación mayor o igual a 0.79.

Para el modelo Okumura – Hata se llegó a tener niveles aceptables de correlación para localizaciones a distancias mayores a 10 Km mientras que reduce su desempeño a distancias menores a 10 Km. La recomendación UIT-R P.1546 presento mejor rédito en ambos recorridos, que conformaban zonas urbanas y sub urbanas, siendo esta la mejor opción a utilizar para un estudio de cobertura con método Drive Test.

### 4.5.6. Análisis de Resultados Reales vs Predicciones para Puntos Fijos

Para el análisis de los puntos fijos se realizó el estudio abordando 8 sitios diferentes de la ciudad de Guayaquil, tomando 4 mediciones por cada lugar, siguiendo el método del cuadrado. Se analizaran los resultados de los puntos fijos en comparación con las predicciones obtenidas por los modelos de propagación, tomando finalmente un criterio para establecer un mejor modelo de predicción de cobertura de Televisión digital Terrestre.

#### 4.5.6.1. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Guasmo Central. para Ecuavisa.

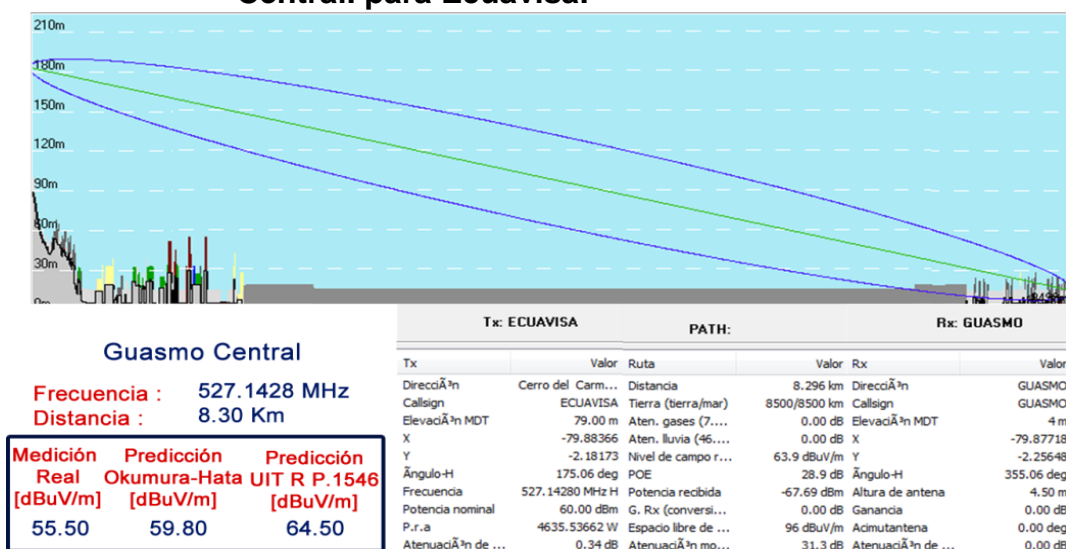


Figura 4.25: Medición punto fijo Ecuavisa - Guasmo central

### 4.5.6.2. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en la Entrada de la 8.

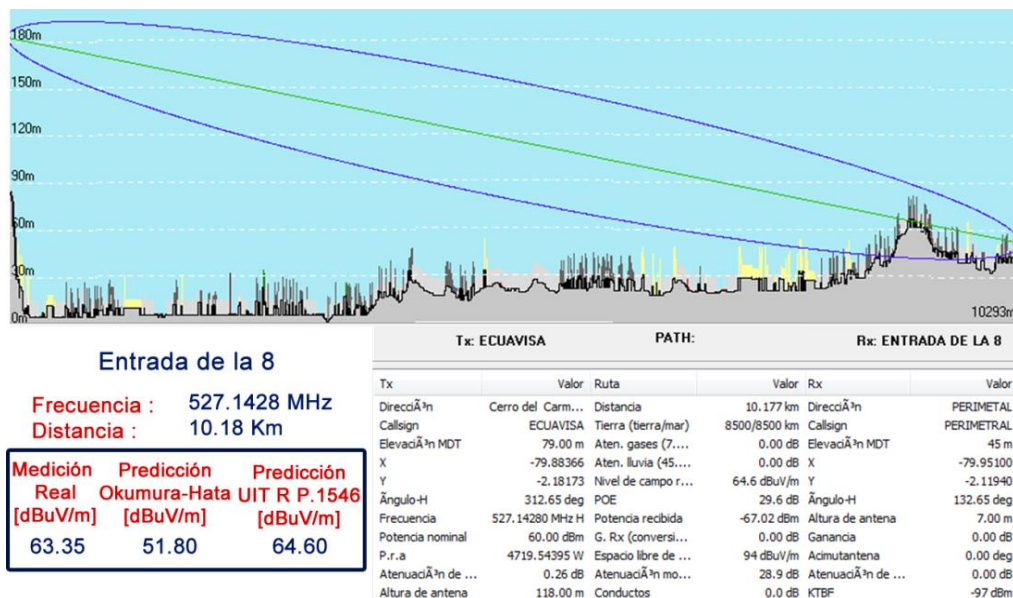


Figura 4.26:Medición punto fijo Ecuavisa - Entrada de la 8

### 4.5.6.3. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Guayacanes.

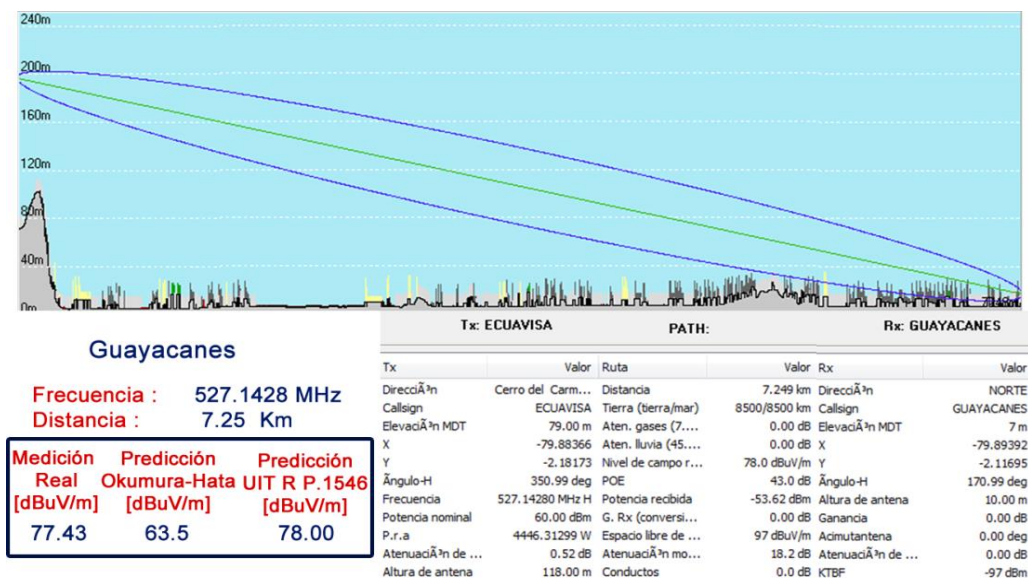


Figura 4.27:Medición punto fijo Ecuavisa – Guayacanes

#### 4.5.6.4. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Los Ceibos.

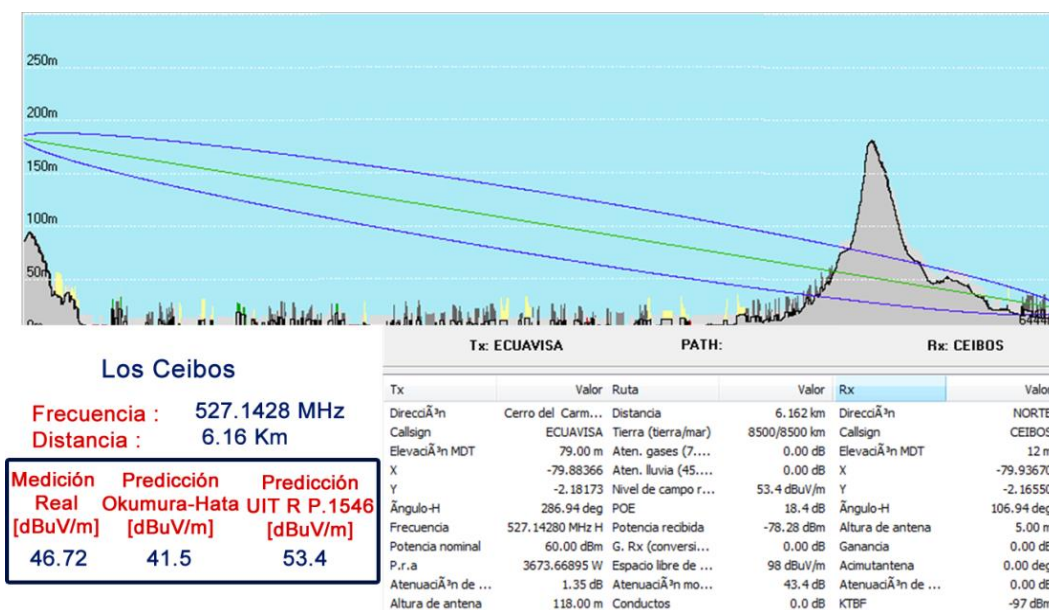


Figura 4.28:Medición punto fijo Ecuavisa – Ceibos

#### 4.5.6.5. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Ciudadela IETEL- Supertel.

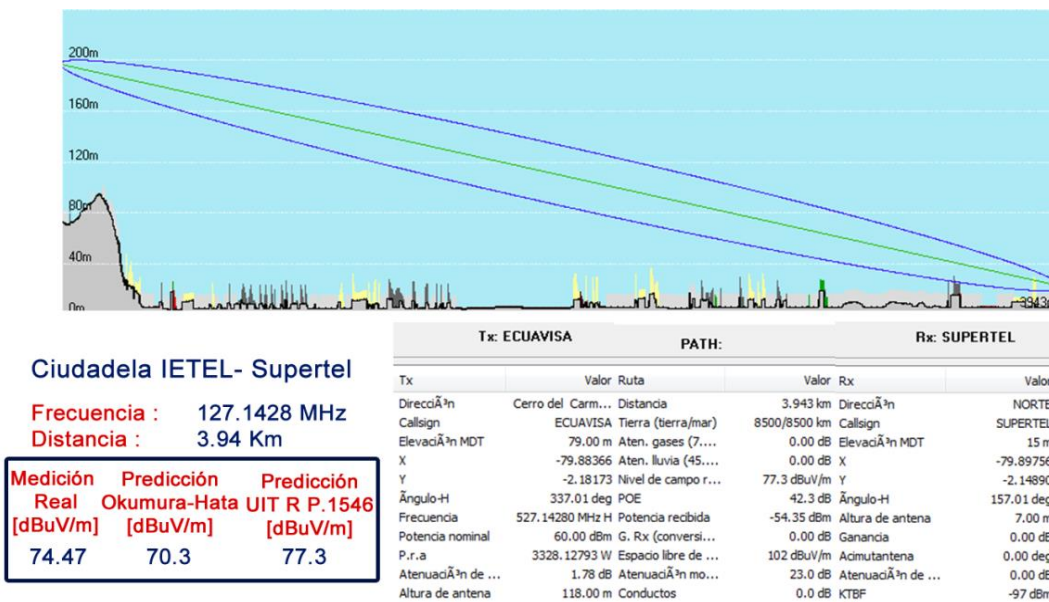


Figura 4.29:Medición punto fijo Ecuavisa – Supertel

### 4.5.6.6. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en 11 y Maldonado.

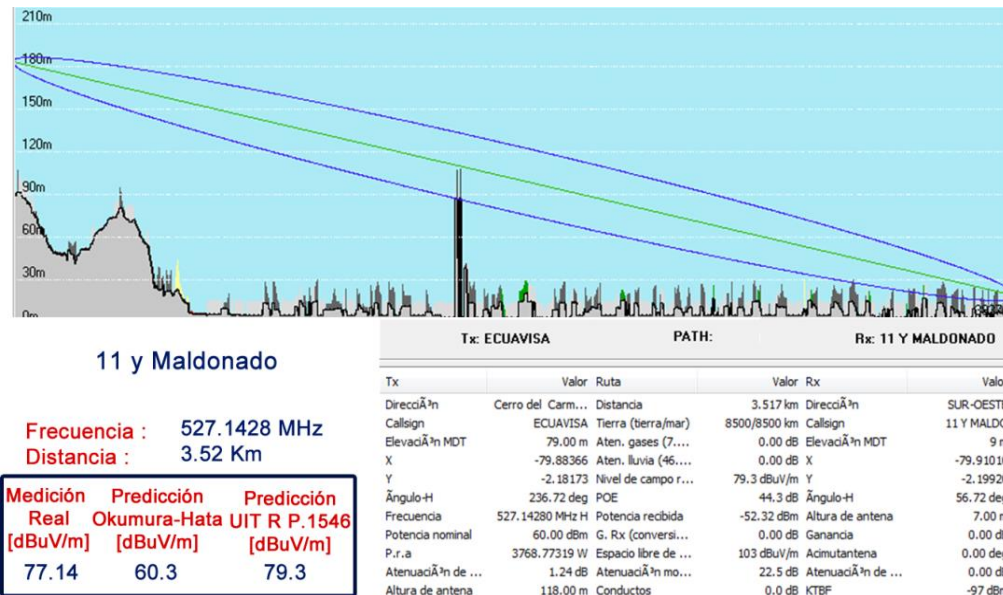


Figura 4.30:Medición punto fijo Ecuavisa – 11 y Maldonado

### 4.5.6.7. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en Vía a la Costa.

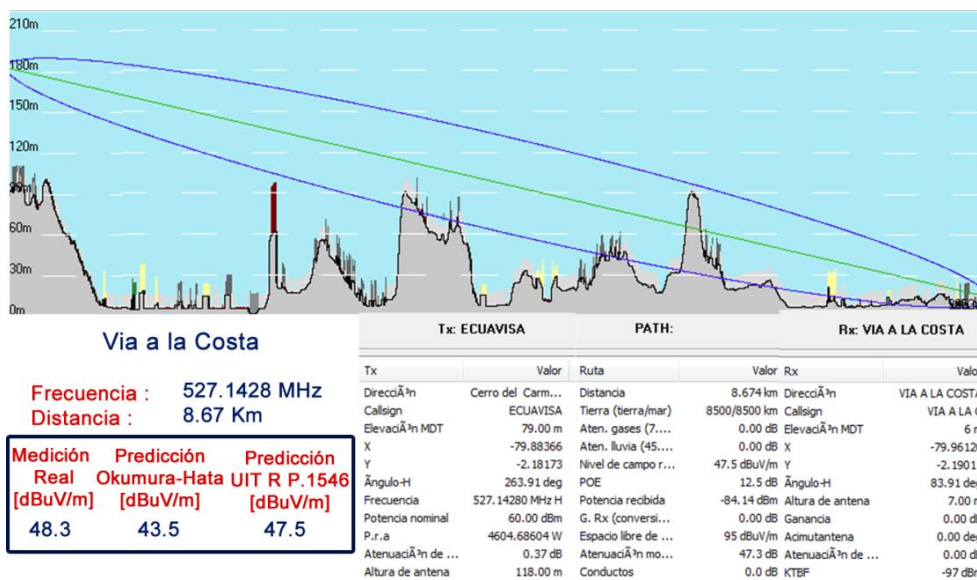


Figura 4.31: Medición punto fijo Ecuavisa – Vía a la costa



### 4.5.6.8. Mediciones en Puntos fijos Ecuavisa en IMAX, Malecón.

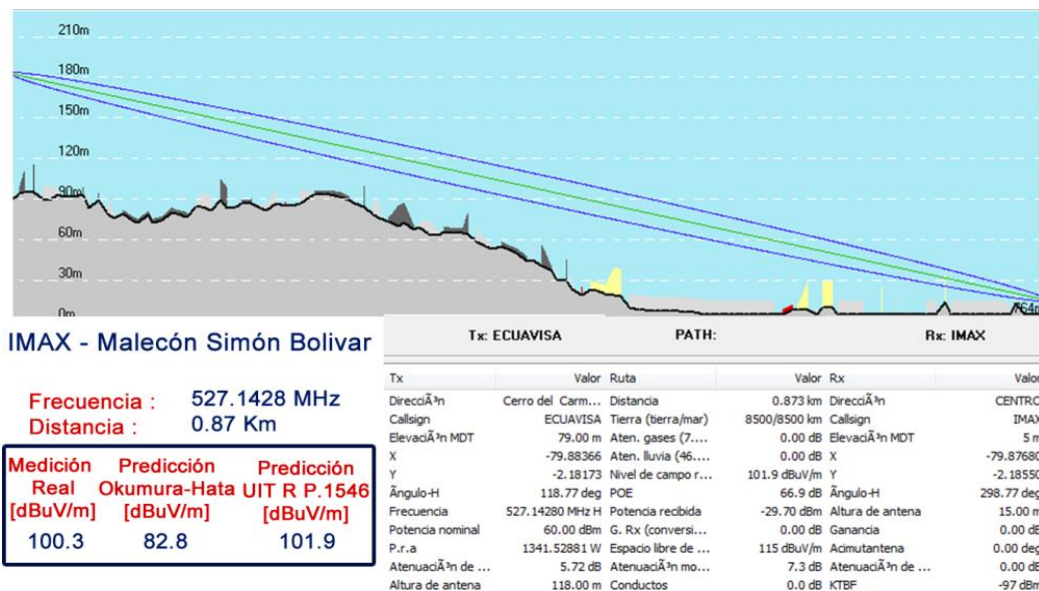


Figura 4.32:Medición punto fijo Ecuavisa – IMAX

### 4.5.7. Resultados Reales vs Predicciones de Puntos Fijos para RTS.

#### 4.5.7.1. Mediciones en Puntos fijos RTS en Guasmo Central.

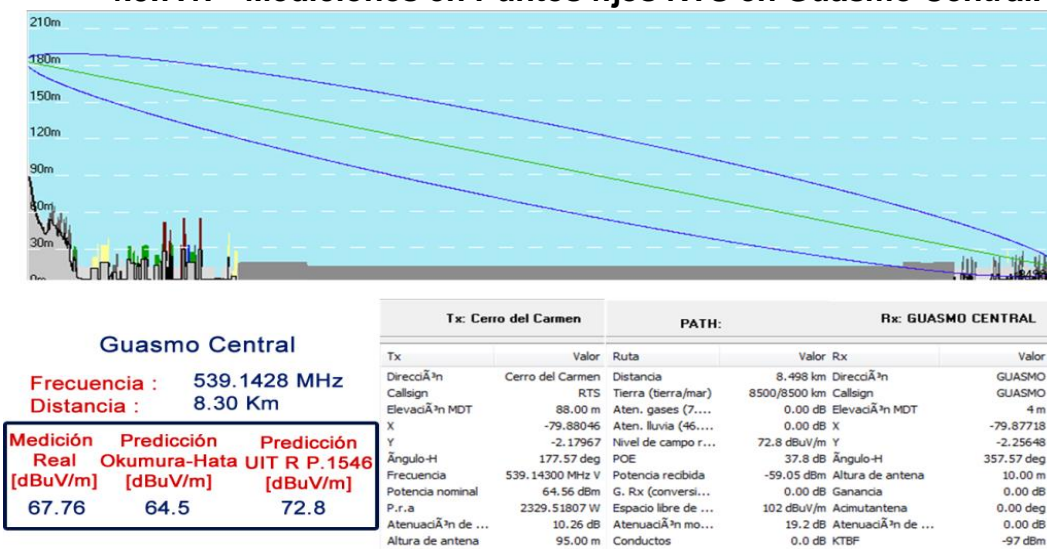


Figura 4.33:Medición punto fijo RTS – Guasmo central

### 4.5.7.2. Mediciones en Puntos fijos RTS en Entrada de la 8.

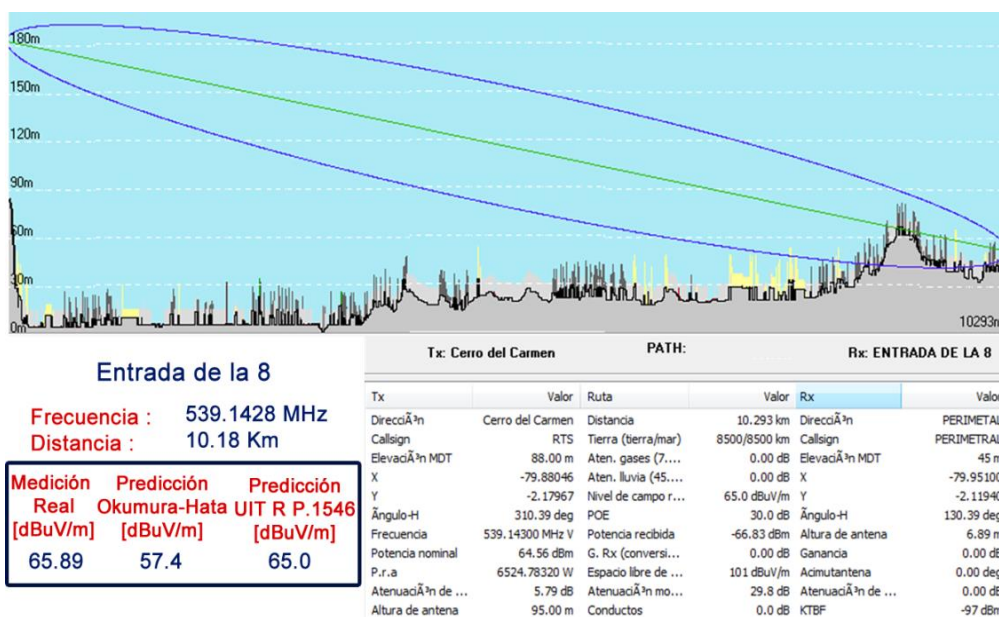


Figura 4.34:Medición punto fijo RTS – Entrada de la 8

### 4.5.7.3. Mediciones en Puntos fijos RTS en Guayacanes.

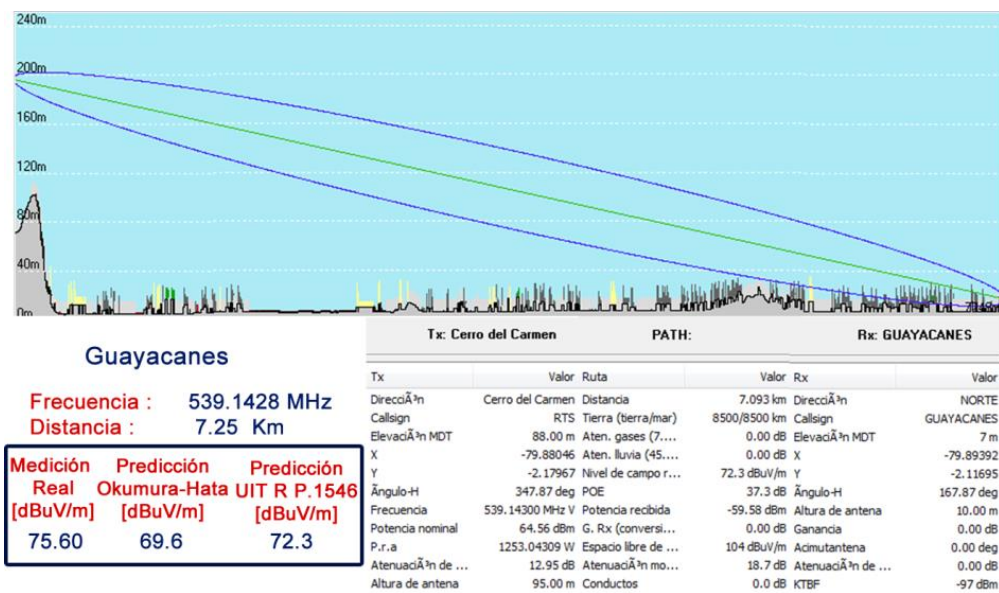


Figura 4.35:Medición punto fijo RTS – Guayacanes

#### 4.5.7.4. Mediciones en Puntos fijos RTS en Los Ceibos.

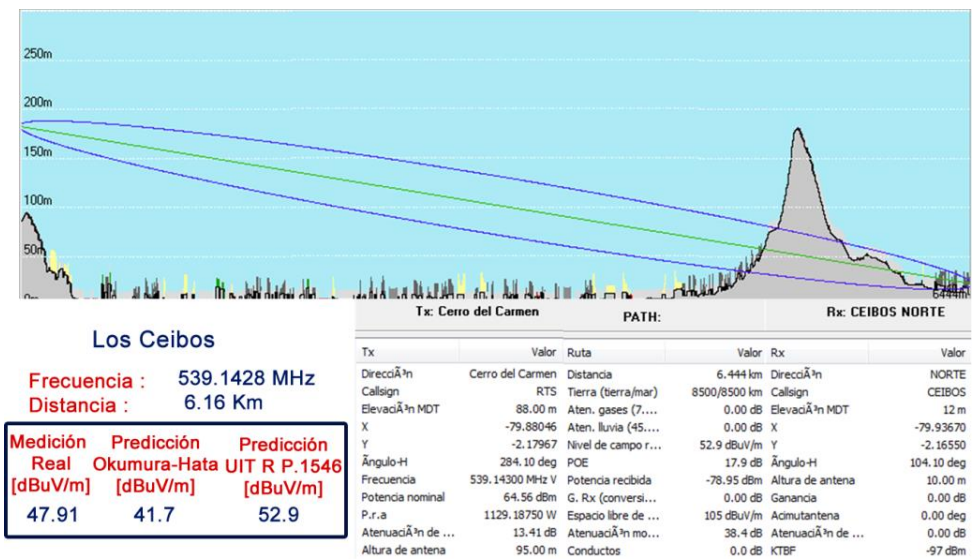


Figura 4.36:Medición punto fijo RTS – Los ceibos

#### 4.5.7.5. Mediciones en Puntos fijos RTS en Ciudadela IETEL, Supertel.

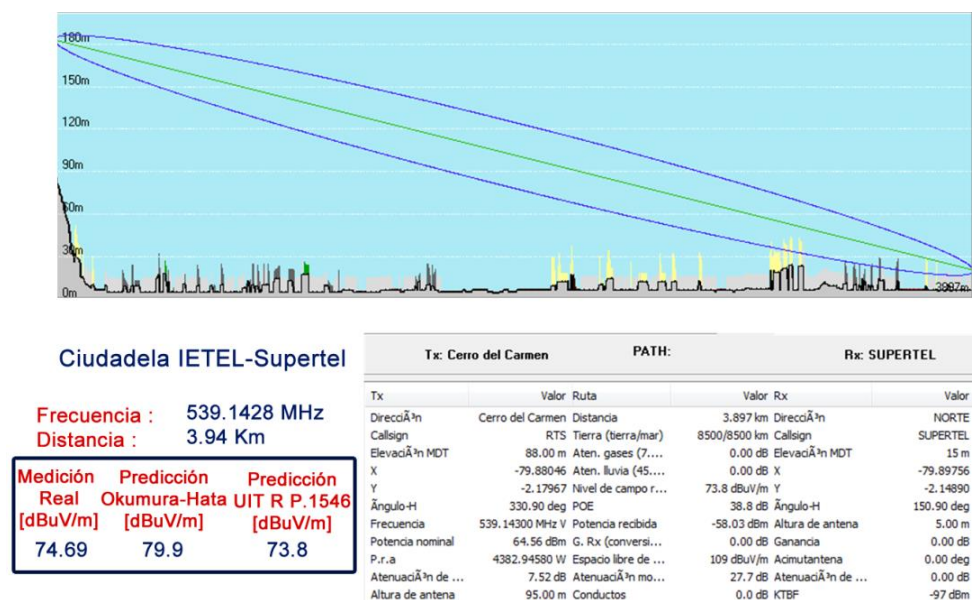


Figura 4.37:Medición punto fijo RTS – Supertel

### 4.5.7.6. Mediciones en Puntos fijos RTS en 11 y Maldonado.

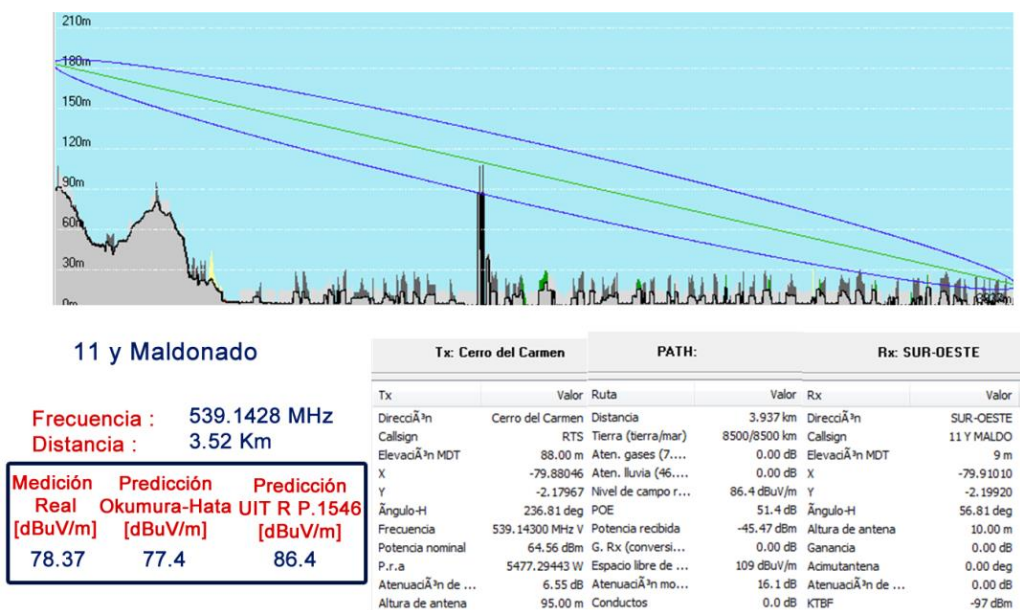


Figura 4.38:Medición punto fijo RTS – 11 y Maldonado

### 4.5.7.7. Mediciones en Puntos fijos RTS en Vía a la Costa.

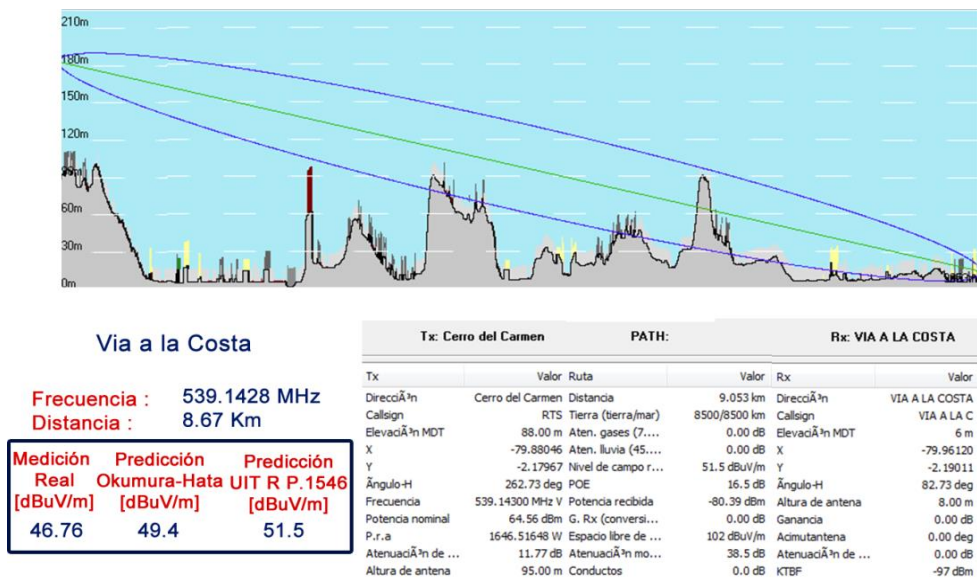


Figura 4.39:Medición punto fijo RTS – Via a la costa

4.5.7.8. Mediciones en Puntos fijos RTS en IMAX, Malecón.

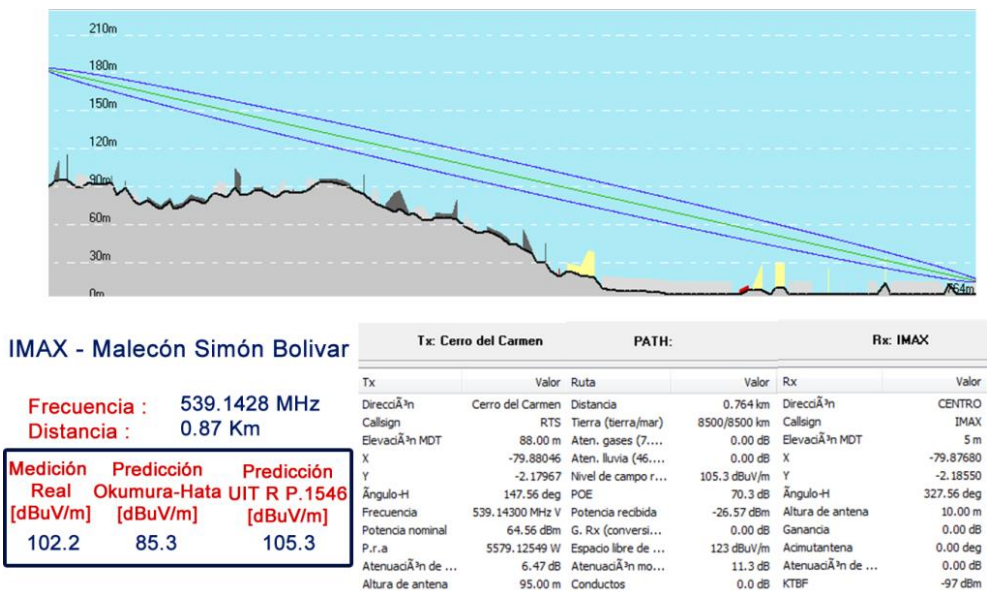


Figura 4.40:Medición punto fijo RTS – IMAX

4.5.8. Resultados Reales vs Predicciones de Puntos Fijos para TC.

4.5.8.1. Mediciones en Puntos fijos TC en Guasmo Central.

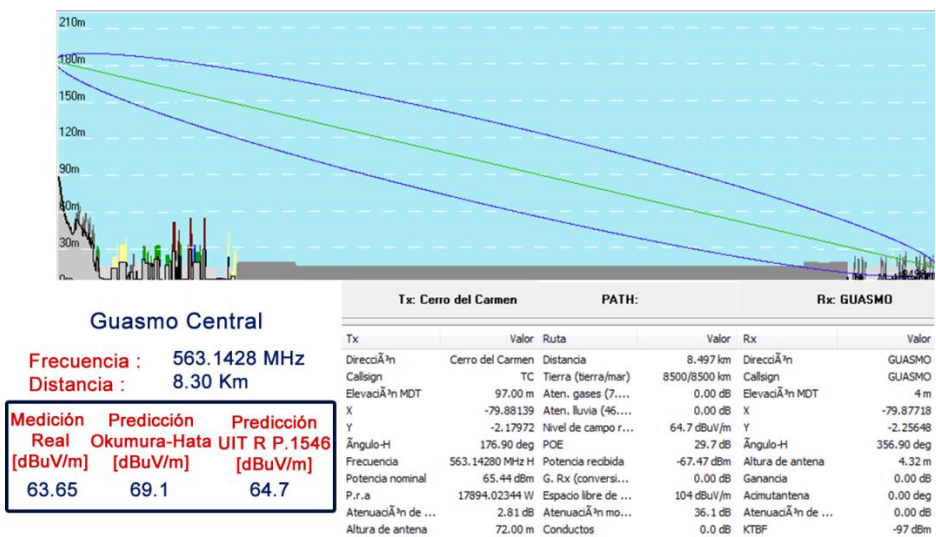


Figura 4.41: Medición punto fijo TC – Guasmo central

### 4.5.8.2. Mediciones en Puntos fijos TC en Entrada de la 8.

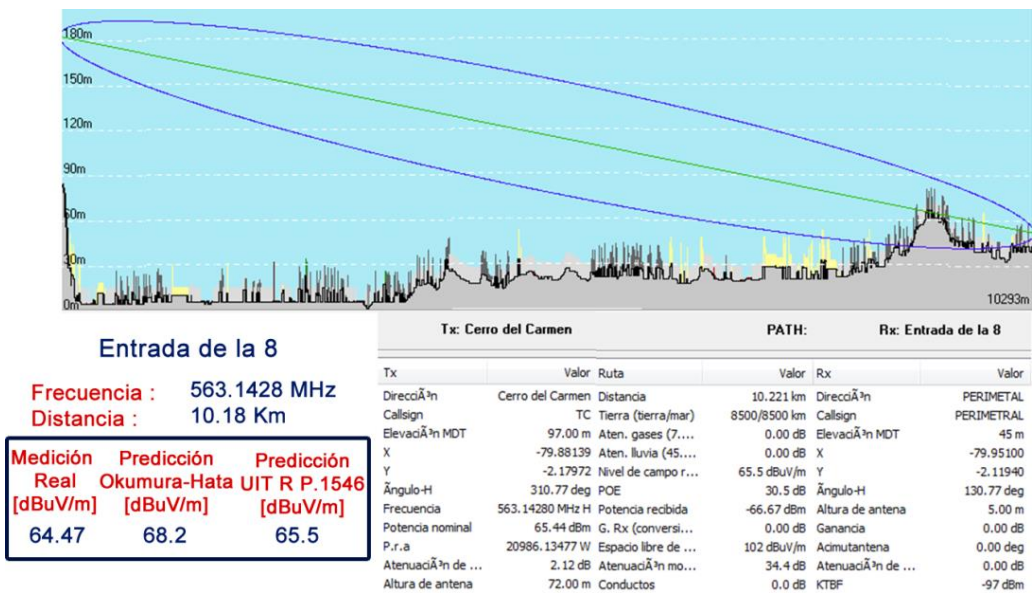


Figura 4.42: Medición punto fijo TC – Entrada de la 8

### 4.5.8.3. Mediciones en Puntos fijos TC en Guayacanes.

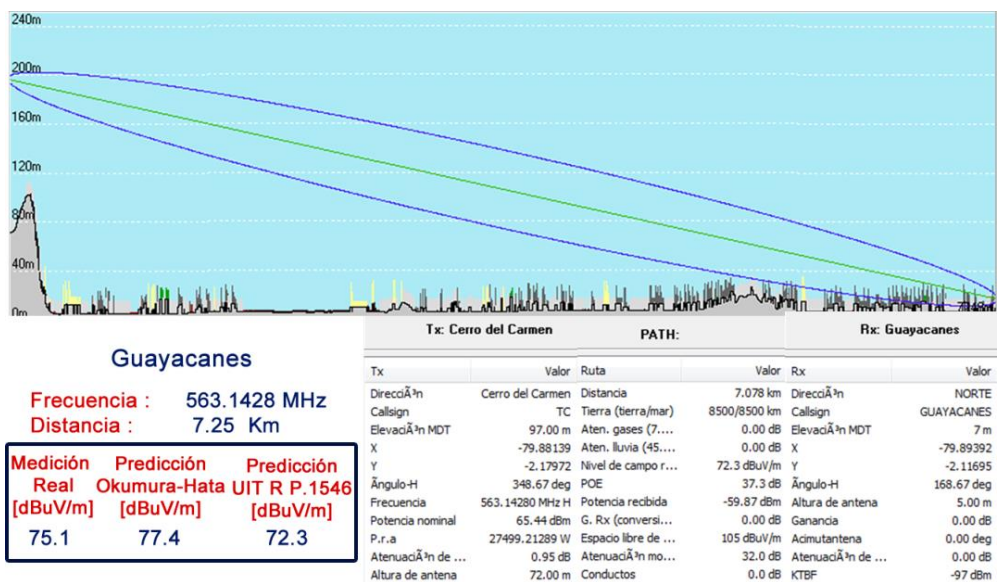


Figura 4.43: Medición punto fijo TC – Guayacanes

#### 4.5.8.4. Mediciones en Puntos fijos TC en Los Ceibos.

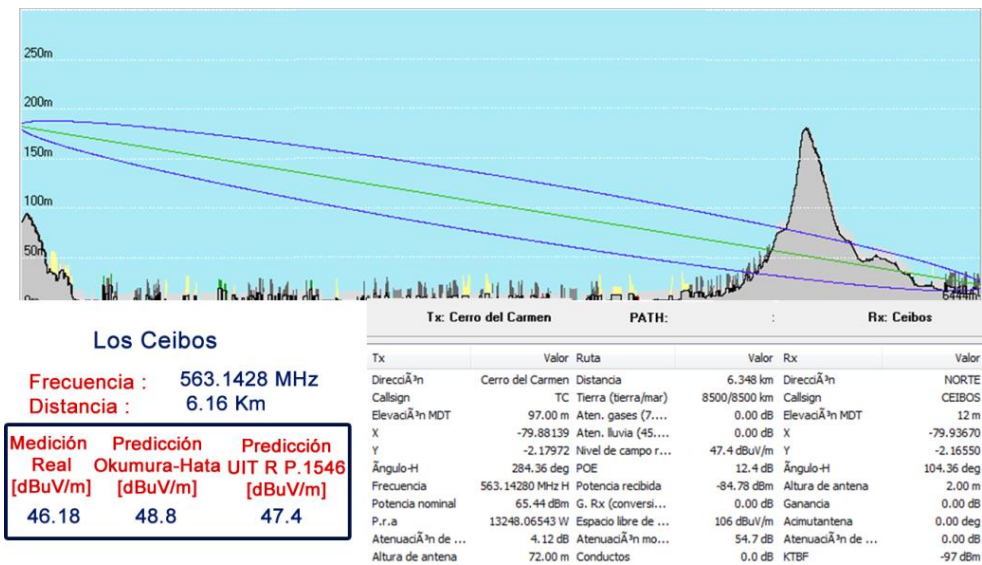


Figura 4.44: Medición punto fijo TC – Los ceibos

#### 4.5.8.5. Mediciones en Puntos fijos TC en Ciudadela IETEL, Supertel.

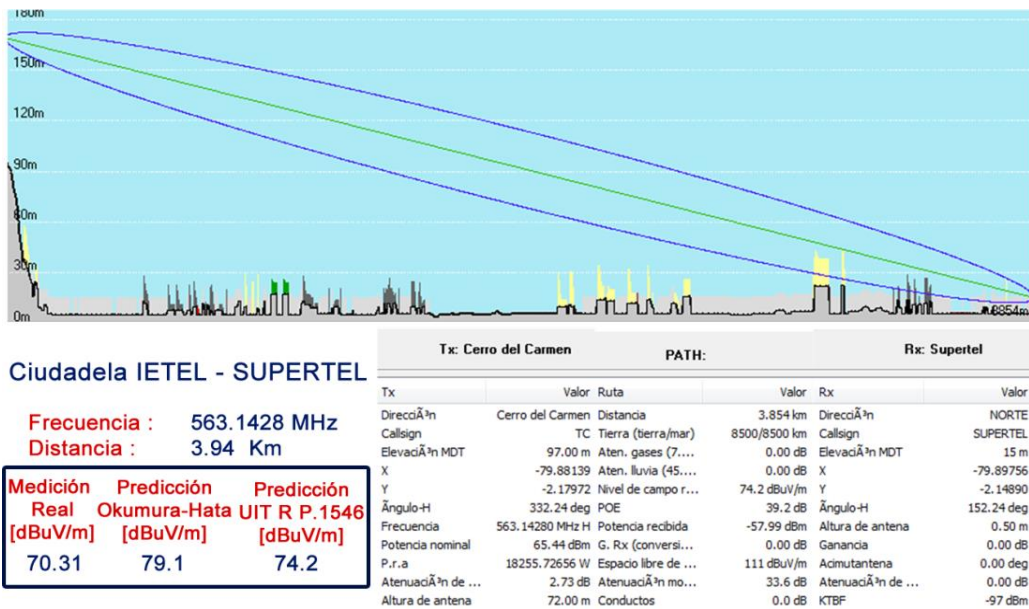


Figura 4.45: Medición punto fijo TC – SUPERTEL

### 4.5.8.6. Mediciones en Puntos fijos TC en 11 y Maldonado.

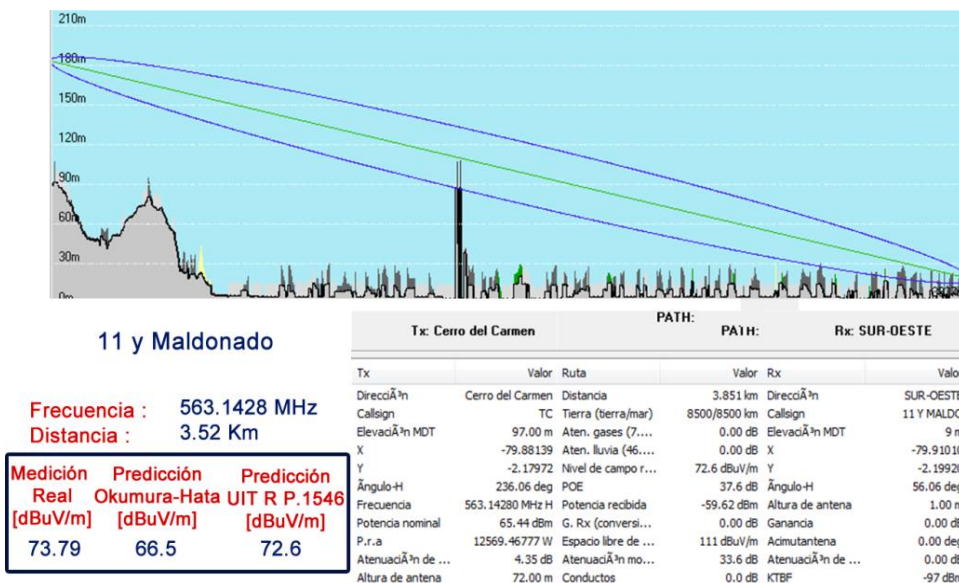


Figura 4.46: Medición punto fijo TC – 11 y Maldonado

### 4.5.8.7. Mediciones en Puntos fijos TC en Vía a la Costa.



Figura 4.47: Medición punto fijo TC – Vía a la costa



#### 4.5.8.8. Mediciones en Puntos fijos TC en IMAX, Malec3n.

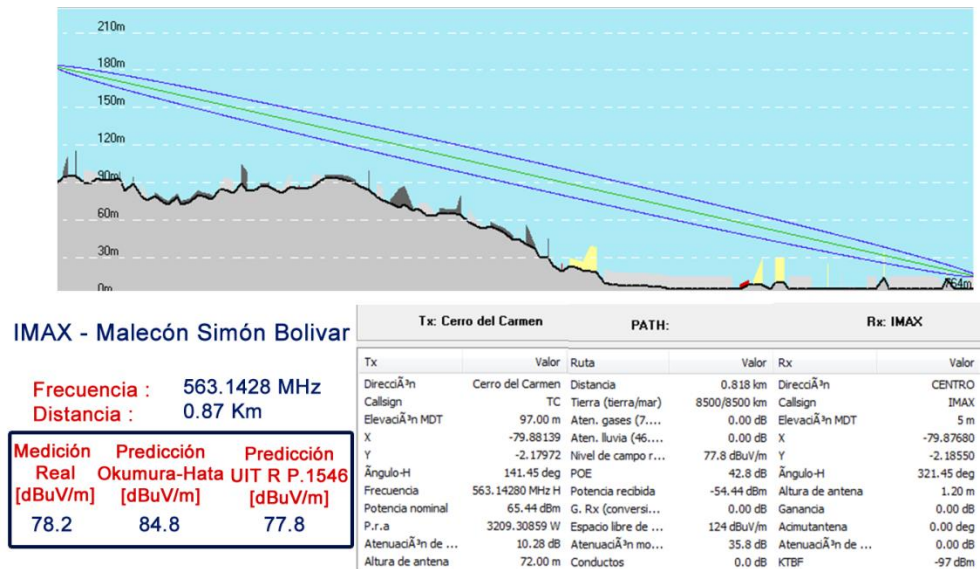


Figura 4.48: Medici3n punto fijo TC – IMAX

#### 4.6. An3lisis de resultados en Puntos Fijos

Tabla 36: Resumen Puntos fijos Ecuavisa

Ecuavisa							
Lugar	Distancia	Medici3n	Predicci3n	Predicci3n	delta	delta	Delta
	[Km]	Real	Okumura Hata	UIT-R P.1546	Real vs Okumura-Hata	Real vs UIT-R P.1546	Modelos
		[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]
Guasmo Central	8.3	55.50	59.80	64.50	4.30	9.00	4.70
Entrada de la 8	10.18	63.35	51.80	64.60	11.55	1.25	12.80
Guayacanes	7.25	77.43	63.50	78.00	13.93	0.57	14.50
Los Ceibos	6.16	46.72	41.50	53.40	5.22	6.68	11.90
Cdla. IETEL - Supertel	3.94	74.47	70.30	77.30	4.17	2.83	7.00
11 Maldonado y	3.52	77.14	60.30	79.30	16.84	2.16	19.00
V3a a la Costa	8.67	48.30	43.50	47.50	4.80	0.80	4.00
Imax Malec3n Sim3n Bol3var	0.87	100.30	82.80	101.90	17.50	1.60	19.10

**Tabla 37: Resumen Puntos Fijos RTS**

RTS							
Lugar	Distan- cia	Medición	Predicción	Predicción	delta	delta	Delta
	[Km]	Real	Okumura - Hata	UIT-R P.1546	Real vs Okumura -Hata	Real vs UIT-R P.1546	Modelos
		[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]
<b>Guasmo Central</b>	8.3	67.76	64.50	72.80	3.26	5.04	8.30
<b>Entrada de la 8</b>	10.18	65.89	57.40	65.00	8.49	0.89	7.60
<b>Guayacanes</b>	7.30	75.60	69.60	72.30	6.0	3.30	9.30
<b>Los Ceibos</b>	6.16	47.91	41.70	52.90	6.21	4.99	11.20
<b>Cdla. IETEL – Supertel</b>	3.94	74.69	79.90	73.80	5.21	0.89	6.10
<b>11 y Maldonado</b>	3.52	78.37	77.40	86.40	0.97	8.03	9.00
<b>Vía a la Costa</b>	8.67	46.76	49.40	51.50	2.64	4.74	2.10
<b>Imax Malecón Simón Bolívar</b>	0.87	102.20	85.30	105.30	16.90	3.10	20.00

**Tabla 38: Resumen Puntos fijos TC**

TC							
Lugar	Distan- cia	Medición	Predicción	Predicción	delta	delta	Delta
	[Km]	Real	Okumura - Hata	UIT-R P.1546	Real vs Okumura -Hata	Real vs UIT-R P.1546	Modelos
		[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]	[dBuV/m]
<b>Guasmo Central</b>	8.3	63.50	69.10	64.70	5.60	1.20	4.40
<b>Entrada de la 8</b>	10.18	64.47	68.20	65.50	3.73	1.03	2.70
<b>Guayacanes</b>	7.25	75.10	77.40	72.30	2.30	2.80	5.10
<b>Los Ceibos</b>	6.16	46.18	48.80	47.40	2.62	1.22	1.40
<b>Cdla. IETEL - Supertel</b>	3.94	70.31	79.10	74.20	8.79	3.89	4.90
<b>11 y Maldonado</b>	3.52	73.79	66.50	72.60	7.29	1.19	6.10
<b>Vía a la Costa</b>	8.67	42.93	47.50	43.70	4.57	0.77	3.80
<b>Imax Malecón Simón Bolívar</b>	0.87	78.20	84.80	77.80	6.60	0.40	7.00

Para las mediciones en puntos fijos, se registra un mayor índice de incertidumbre al momento de realizar el análisis comparativo entre la cobertura real y la de predicción en donde se tiene que, los resultados presentados por el modelo Okumura – Hata son menos aproximados a los reales cuando estos puntos son a pequeñas distancias de 0 a 5 Kilómetros en los que se obtuvieron valores con deltas de hasta 17.50 [dBuV/m] como lo es el caso de Ecuavisa con la medición realizada en la explanada del IMAX , pero la diferencia decrece cuando se realizaron las comparaciones en puntos más lejanos en los que se tenían variaciones como en Ceibos que se obtuvo 6.21 [dBuV/m] de diferencia.

Con la recomendación UIT-R P.1546 presenta un alto desempeño para puntos tal como se aprecia en los resultados en los que para Ecuavisa encontramos los valores de diferencia más altos en el Guasmo Central , esto se debe a que dentro de la simulación, ese punto se veía muy afectado por la incertidumbre del GPS, mientras que para el resto de puntos en Todos los canales encontramos valores diferenciales incluso menores a 1, lo que nos garantiza una alta fidelidad al momento de utilizar la recomendación, lo que indica que para predicciones en puntos fijos se debe utilizar UIT-R P.1546 debido a su alta complejidad y certeza en medición.

## **CONCLUSIONES**

Para el presente proyecto se desarrolló una completa investigación sobre la propagación y cálculo de Cobertura de las señales ISDBTb en la ciudad de Guayaquil, tomando en consideración los diferentes parámetros de transmisión, como también, una variedad de escenarios que arrojaron resultados cuyo análisis ayuda a determinar lo siguiente:

1. Ante la ausencia de una norma técnica Ecuatoriana, se realizó el análisis referencial del marco técnico de Televisión Digital Abierta de Brasil, ABNT NBR 1560X en sus diferentes capítulos, en los cuales se

2. puede observar que tipo de parámetros hay que tener en consideración antes de transmitir una señal de televisión digital, así como los diferentes modos de transmisión de TDT donde se tiene, Alta, Estándar y de baja definición también llamada de Un segmento, esta última utilizada para receptores móviles.
  
3. El desarrollo de la investigación abordó mediciones de campo reales en dos modos, Drive Test o también llamada Mediciones en recorridos y cálculo de cobertura en Puntos Fijos. Mientras que, las predicciones fueron ejecutadas en un software de simulación de Telecomunicaciones, llamado ICS Telecom. Las capturas de Drive Test las se desarrollaron tomando como referencia el manual técnico de medición de campo desarrollado por la UIT, en el cual, se establece una relación entre la Velocidad y la Frecuencia de la señal de Estudio. Para las mediciones de Puntos fijos, se utilizó igualmente el manual técnico de medición de campo de la UIT, esta vez tomando en consideración la recomendación de realizar las mediciones con una antena elevada por un mástil a 10 mts sobre el nivel del suelo.

4. Las mediciones de Puntos Fijos fueron ejecutadas con un procedimiento recomendado por la UIT en su documento SM 378-7, en el cual se establece que se deben realizar como mínimo 4 mediciones de campo eléctrico en un sector cuadrado ubicándose en las esquinas del mismo, dicho cuadrado debe ser de lado proporcional a  $10\lambda$  con el que se realiza un promedio de las cuatro muestras, respetando la altura de 10 metros mencionada en el punto anterior, teniendo finalmente un valor resultante del promedio de las cuatro mediciones tomadas.
  
5. Dentro de la campaña de mediciones, considerando la experiencia obtenida en todos los recorridos y las pruebas realizadas a los canales, se tiene presente un umbral mínimo para recepción óptima de televisión Digital en Guayaquil, el cual es 52 [dBuV/m], siendo tal que, cuando la señal se encuentra debajo de límite, la imagen presenta dificultades como lo son: pixelación, pantalla negra, o pantalla congelada. Lo que se puede corroborar en la norma ABNT NBR 15608 -1 en su numeral 11.2 denominado "Factores Técnicos para planificación de canales de televisión digital" , la cual, indica que, se debe respetar un umbral mínimo de 51[dBuV/m] para frecuencias UHF con antena externa en contorno protegido.

6. Al realizar el análisis de correlación de Drive Test vs Predicción, se logró evidenciar el desempeño de los modelos de propagación planteados en este estudio, en el que se alcanzaban valores de correlación para Okumura – Hata, aceptables sobre los 10 Km de distancia mientras que su certeza era pobre debajo de ese umbral, y para, UIT-R P.1546 se obtuvo valores aceptables para todas las distancias, que para este estudio, eran menores de 25 Km.
  
7. Las predicciones de intensidad de campo las se desarrollaron enfocando el análisis con dos modelos de propagación: Okumura Hata, y la recomendación UIT-R P.1546. Llegando a la conclusión de que, por su nivel de precisión y condiciones geográficas de la ciudad de Guayaquil el mejor método de predicción es el UIT-R P.1546, sin embargo el modelo Okumura Hata sacrifica la precisión por el tiempo de procesamiento de cálculos en su ejecución dando resultados aproximados y manteniendo esta calidad entre 10 y 25 [km] de distancia del transmisor.
  
8. Al realizar el estudio del comportamiento de la señal de televisión digital en la Noche, y analizar su variación con respecto a la medición en el día, se evidencia que existía un cambio leve, el cual era de origen

climático, debido al descenso de la temperatura, y aumentaba el desempeño del receptor.

9. Se realizaron pruebas en movimiento para analizar el comportamiento de los modos de transmisión, hallando que las constelaciones de las señales de definición alta y estándar se desvanecían mientras que la de One Seg mantenía su comportamiento original, por lo que se atribuye este evento a la robustez de One Seg frente a una recepción móvil y se determina que, la señal receptada cuando se toman capturas en movimiento, corresponde a la señal de Un Segmento.

10. La implementación de la cartografía digital "*Clutter*" en las predicciones de cobertura con valores ajustados de atenuación por distintas zonas y suelos, permitió obtener valores más aproximados de la predicción con respecto a los valores reales medidos, adicional a esto se empleó un ajuste por las pérdidas en cables y conectores, lo que mejoro el desempeño de los modelos de propagación.



## RECOMENDACIONES

1. Las mediciones de campo eléctrico varían dependiendo de la calidad del receptor por lo que a este estudio se agregó un método para aumentar la precisión de las muestras, el método consiste en obtener la intensidad de campo eléctrico en cada esquina de un cuadrado que tenga lados de longitud aproximada a  $10\lambda$ , por lo que, es recomendable usarlo para mediciones en puntos fijos ya que brinda una mayor exactitud en el resultado de la captura.

2. Cuando se trabaje con simuladores de alta gama, y se desee llevar un análisis de cobertura a niveles urbanos en zonas estratégicas de recepción, se debe usar cartografía digital de alta resolución para que los resultados obtenidos tengan mayor desempeño y las predicciones sean más acertadas de acuerdo a las necesidades que se planeen dentro del estudio.
  
3. Las campañas de medición de Drive test deben realizarse como mínimo en dos vueltas por frecuencia de análisis, de tal manera que se logre obtener un valor medio por ubicación entre los dos, disminuyendo la tasa de error de medición y los puntos vacíos por no sincronización de los dispositivos utilizados.
  
4. El análisis de una medición de TDT en modo de definición alta o estándar debería ser realizada por medio del método de puntos fijos, debido a la alta cantidad de información que se transmite y no logra ser receptada correctamente, mientras que, para analizar la recepción móvil, debería implementarse un Drive Test.

5. Para obtener resultados comparativos entre los valores Teóricos y las mediciones reales, es preciso tomar en cuenta los ajustes que presenta el software de predicción debido a los clutters de las zonas geográficas de tal forma que la correlación sea más fiel.
  
6. Una vez expedida la norma técnica en Ecuador de Televisión Digital Terrestre, se recomienda tomar en consideración los procedimientos de este estudio debido a que el alcance del mismo es para todo uso del estándar SBTVD.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### **Manual de Procedimientos para la simulación del patrón de radiación transmisión digital de TDT en el Ecuador.**

El objetivo del presente manual es brindar nuevas herramientas computacionales para la simulación de sistemas de televisión digital y profundizar en el análisis de cobertura, y abrir un múltiple universo de opciones para la caracterización de procedimientos de telecomunicaciones que en su gran mayoría, requieren costos elevados para su estudio y más aún para su implementación.

Gracias a las herramientas computacionales se podría llegar a cubrir grandes análisis donde se apliquen los conocimientos adquiridos en los salones de clases, y por ende ponerlos en práctica antes de entrar al mercado laboral.

En el manual presente, se tratara de mostrar de mejor manera las posibles formas en que el usuario puede desenvolverse en el ámbito de la simulación de una cobertura de transmisión digital de TDT, el entorno de los softwares usados en nuestro caso el ANTIOS y el ICS TELECOM versión 12, serán explicados de una manera breve pero abarcando las principales características, que posteriormente ayudaran al usuario a elaborar cualquier diseño o simulación.

### Consideraciones de parámetros técnicos

Previo a iniciar el trabajo de las simulaciones, es necesario tener los datos específicos técnicos de los sistemas que se desea recrear, que se los detallara a continuación:

#### Para las antenas transmisoras

Como se nombró en secciones previas, el conocimiento de los parámetros para la creación de antenas viene acompañado de parámetros técnicos que no se deben omitir, además entre más precisos sean, mejores serán los resultados.

1.	MODELO DE ANTENA
2.	DIMENSIONES
3.	FORMA DEL MÁSTIL
4.	RANGO DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN[MHZ]
5.	FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN [MHZ]
6.	POTENCIA NOMINAL [W]
7.	PATRÓN HORIZONTAL DE RADIACIÓN
8.	PATRÓN VERTICAL DE RADIACIÓN
9.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA, LATITUD, LONGITUD
10.	AZIMUT DEL PANEL [°]
11.	DISTANCIA DESDE EL MÁSTIL AL PANEL [M]
12.	TILT MECÁNICO [°]
13.	ALTURA DE LA ANTENA [M]
14.	ALTURA DE CADA PANEL [M]
15.	PARÁMETRO DE FASE [°]

### **Parámetros para un transmisor en ICS Telecom**

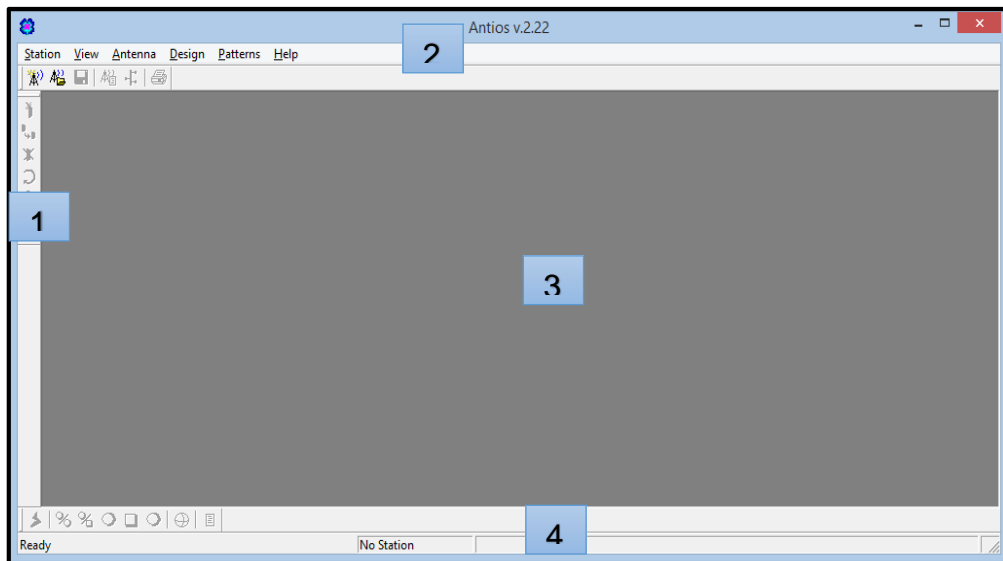
Cuando ya se cuenta con la antena creada es necesario configurar el transmisor; previamente a la simulación de cobertura, es necesario tener en consideración los siguientes parámetros para una buena y más precisa simulación:

<b>1.</b>	<b>TIPO DE SEÑAL [ISDB-T 6 MHZ]</b>
<b>2.</b>	<b>POTENCIA NOMINAL [W]</b>
<b>3.</b>	<b>GANANCIA DE LA ANTENA [DBD]</b>
<b>4.</b>	<b>PERDIDAS EN TX [DB]</b>
<b>5.</b>	<b>FRECUENCIA DEL CANAL [MHZ]</b>
<b>6.</b>	<b>ALTURA DE LA ANTENA [M]</b>
<b>7.</b>	<b>ANCHO DE BANDA [MHZ]</b>
<b>8.</b>	<b>PATRONES DE RADIACIONES</b>
<b>9.</b>	<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL TRANSMISOR</b>
<b>10.</b>	<b>MODULACIÓN DE LA SEÑAL</b>
<b>11.</b>	<b>UMBRAL DE COBERTURA</b>

### **Procedimiento en el software ANTIOS**

Utilizado en capítulos anteriores esta herramienta computacional me permite recrear virtualmente la antena en estudio, y posteriormente exportarla al ICS TELECOM donde se verá maximizado su potencial al momento de realizar las simulaciones, a continuación conocernos el procedimiento a seguir:

## Venta inicial ANTIOS



1. Barra de herramientas
2. Barra de menú
3. Área de trabajo
4. Área de estado

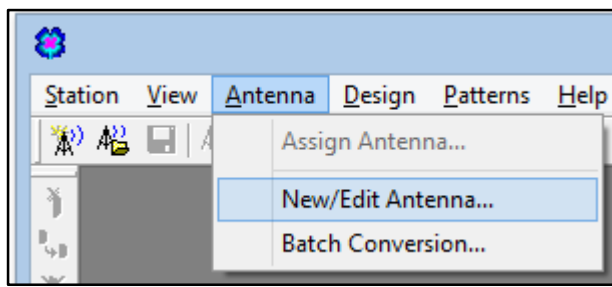
### Creación de una Antena

Para la creación de una antena en el software ANTIOS seguiremos el siguiente procedimiento:

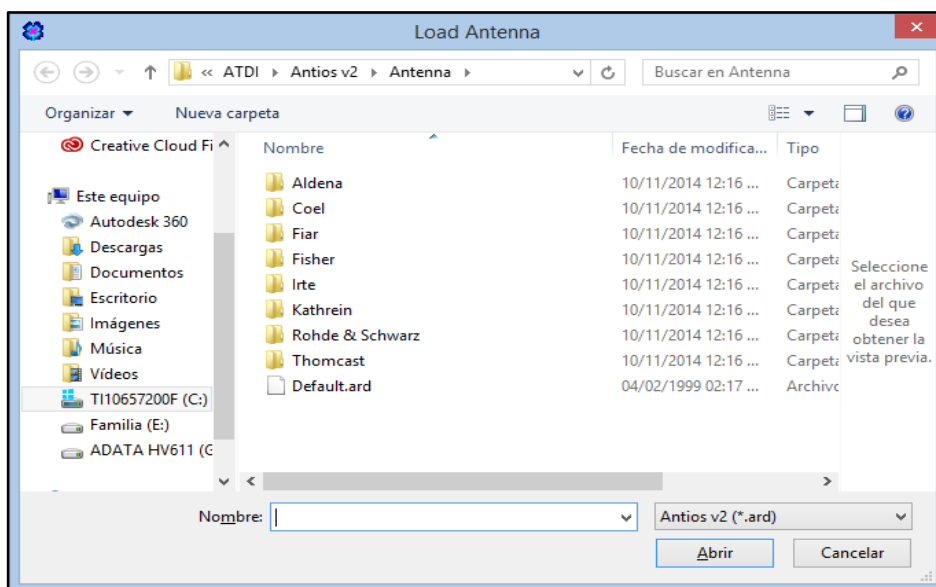
1. En la barra de menú seleccionamos la opción:

**Antenna → New Edit / Antenna**

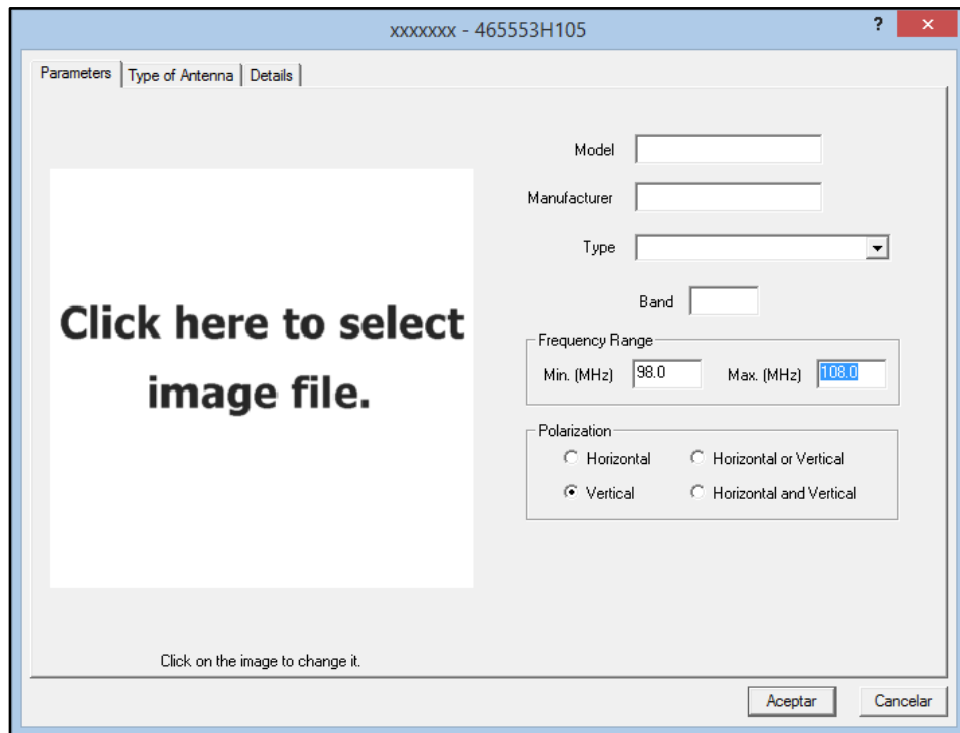




La cual me desplegara la siguiente ventana, donde se encuentran las antenas precargadas en el software de modelos más usados, en el caso de no encontrarse uno en específico, se procede a seleccionar el archivo **Default.ard** el cual procederemos a editarlo para obtener la antena deseada.



2. Cuando se carga el archivo **Default.ard** tendremos que modificar las siguientes características



- 2.1 Dentro de la pestaña **Paramters** debemos llenar los siguientes campos:

- Model:** Modelo
- Manufacturer:** Fabricante
- Type:** Tipo de antena
- Band:** Banda donde opera la antena
- Frequency Range:** Rango de frecuencias en Mhz
- Polarization:** Información relativa sobre la Polarización

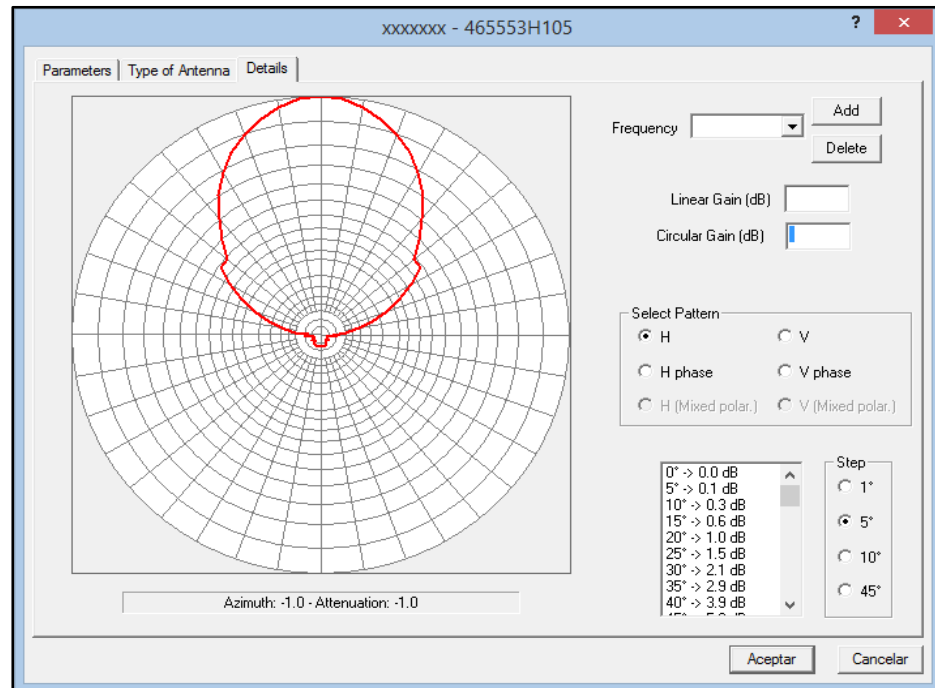
Además se puede agregar una imagen referencial del modelo de antena.

2.2 En la siguiente pestaña de **Type of Antenna** se pondrá información referencial sobre las características físicas de la antena.

Como:

- a. **Width(mm)**: Ancho del panel
- b. **Height(mm)**: Altura del panel
- c. **Depth(mm)**: Profundidad
- d. **Weight(Kg)**: Peso del panel
- e. **Max Power(W)** : Potencia máxima expresada en [W]
- f. **Impedance (Ohms)**: Impedancia de la antena
- g. **VSWR**: Relación de ondas estacionarias a voltaje
- h. **Design Symbol** : un símbolo para identificar a la antena

**2.3** La pestaña **Details** sin lugar a dudas es la más importa ya que en esta radican los patrones de radiación que son el componente más importante para la simulación del sistema de televisión digital.

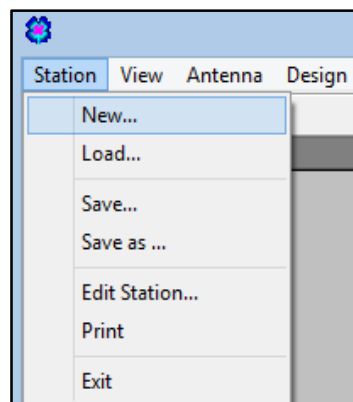


Los principales elementos que encontramos en esta pestaña son:

- a. **Frequency**: Se recomienda que se indique la frecuencia central de transmisión de la antena a simular.
- b. **Linear Gain(dB)**: Es el valor de la ganancia de la antena
- c. **Select Pattern**: En esta sección se podrán modificar los patrones de radiación que en general son entregados de forma gráfica por el fabricante, el grafico de color rojo en el sistema polar de la figura, es alterable es decir puede moldearse para obtener el diseño requerido. Además se puede obtener el grafico de polarización punto a punto, en la parte inferior derecha estos puntos pueden ser corregidos uno a uno, en paso de 1, 5, 10, o 45 grados. Se debe contar con los gráficos de polarización horizontal y vertical de presentarse el caso para poder continuar con el diseño de la simulación.

## Creación de una nueva estación

Una vez que contamos con la antena y su respectivo patrón creado, procederemos a crear la estación que no es más que el conjunto de paneles distribuidos en un orden específico, para su óptima transmisión, en la barra de menús seleccionamos:



### **Station → New**

 A screenshot of a dialog box titled 'Station 1 - Nowhere'. It has two tabs: 'General' (selected) and 'Freq./Power'. The 'General' tab contains the following fields and options:
 

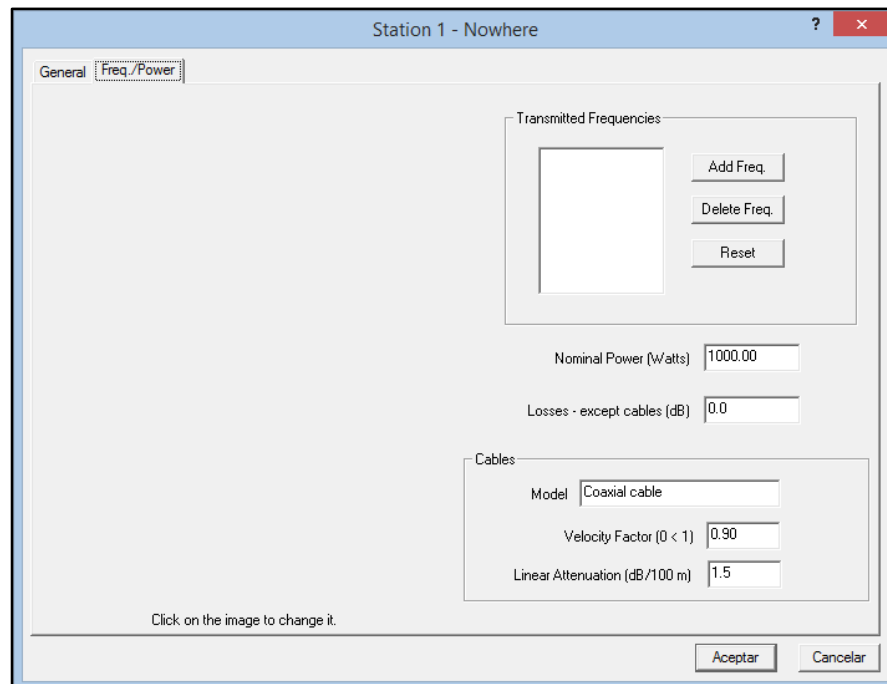
- 'Name or ID' text input field.
- 'Location' text input field.
- 'Longitude' text input field.
- 'Latitude' text input field.
- 'Coord. System' dropdown menu set to '4DMS'.
- 'Mast Shape' section with radio buttons for 'Circular' (selected), 'Square', 'Rectangular', and 'Triangular'.
  - 'Dim A (m)' text input field with value '1.000'.
  - 'Dim B (m)' text input field with value '0.000'.

 At the bottom, there is a note 'Click on the image to change it.' and two buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'.

En esta pestaña se llenara la información básica de la estación como:

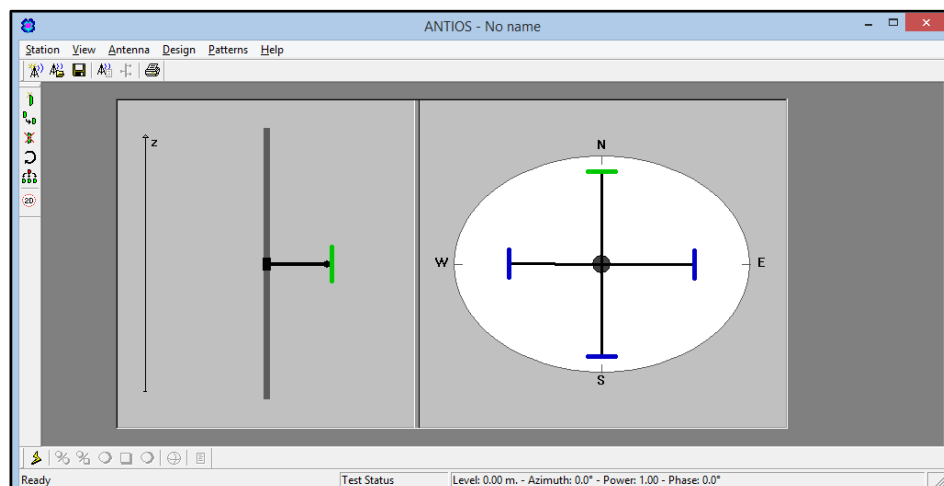
- a. **Name or ID:** Nombre de la estación
- b. **Location:** Zona de localización
- c. **Longitude / Latitude:** coordenadas satelitales de ubicación.
- d. **Mast Shape:** forma del mástil

En la pestaña de **Freq/ Power** se llenaran los datos de frecuencia a la cual se va a transmitir, la potencia nominal [W], en las perdidas excepto por pables se considera 0 dB, ya que posteriormente en el software ICS telecom se las incluirá.



AI

aceptar las características nos aparecerá una ventana como esta:

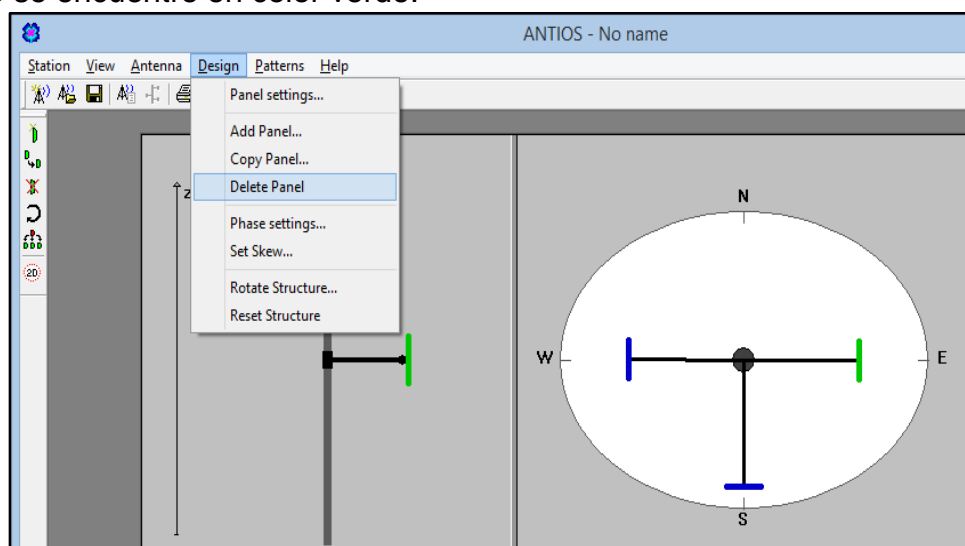


La cual contiene varios paneles distribuidos en un formato estándar, lo que procederemos a hacer es a eliminarlos uno por uno para poder tener un área de trabajo limpia y diseñar cada panel a nuestra conveniencia.

Para quitar un panel se debe ir a:

**Design → Delete Panel**

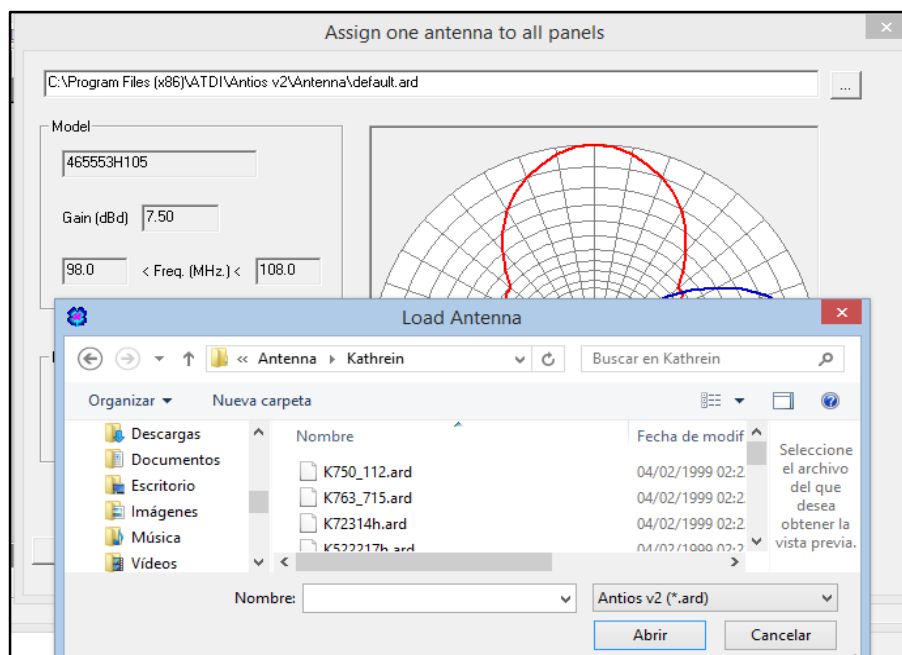
Inmediatamente se eliminara el panel que este seleccionado, es decir el que se encuentre en color verde.



Para agregar una antena para todos los paneles que crearemos realizamos lo siguiente:

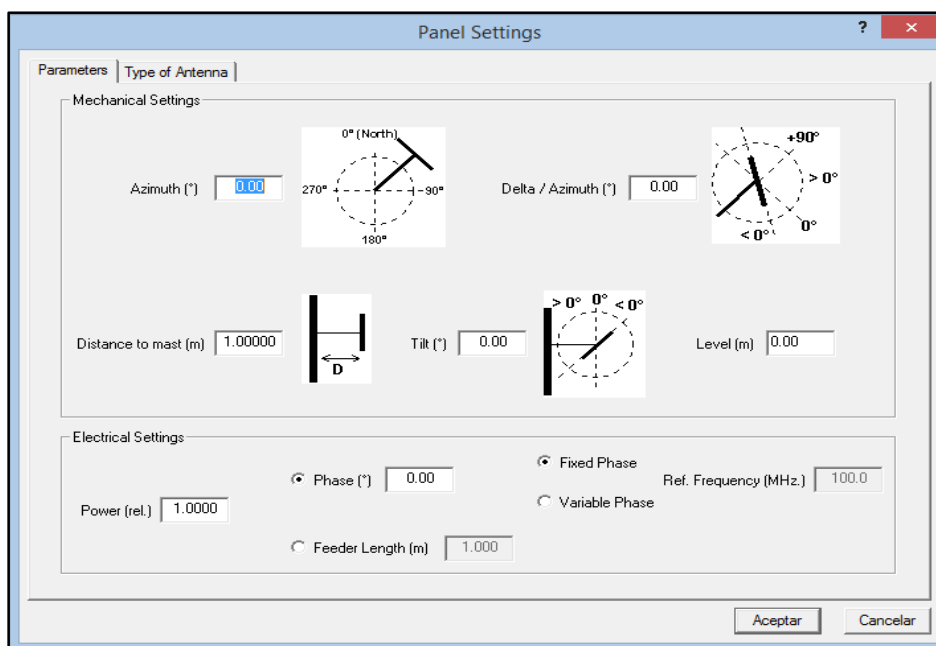
**Antenna → Assign Antenna**

Luego escogemos la antena que creamos en procedimientos anteriores, para que su patrón de radiación sea detectado para cada uno de los paneles que crearemos.



En esta sección crearemos los paneles necesarios para cada estación según sea el requerimiento, nos posicionamos en:

### **Design → Add Panel**

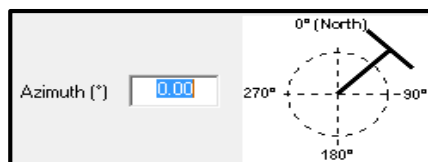




Es importante que se le preste atención a cada panel que se esté creando, ya que si un parámetro es alterado este puede complicar a la simulación final.

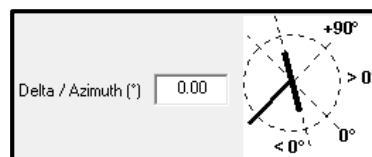
En la ventana de configuración de panel, encontramos los siguientes parámetros:

a. **Azimuth [°]:** es el ángulo medido en sentido horario, donde se van a colocar el arreglo de paneles,



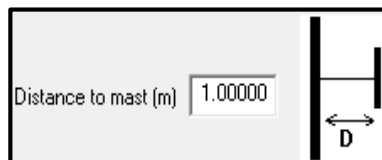
dependiendo de la orientación y el diseño que se busque simular.

b. **Delta / Azimuth [°]:** Es el ángulo existente entre el panel y el mástil que soporta a la estación, cuyo valor



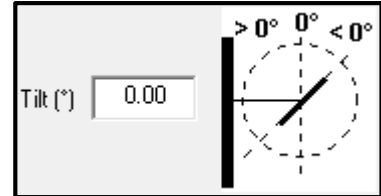
admisible es desde  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , siguiendo el ordenamiento previsto en la figura.

c. **Distance to mast (m):** distancia medida entre el mástil y el panel que se está configurando, cabe recalcar que el

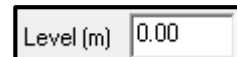


software toma cada panel como si fuera un dipolo horizontal

d. **Tilt:** es el ángulo de inclinación del panel con respecto al suelo, siendo el valor de cero cuando este se encuentre perpendicular en relación al suelo.

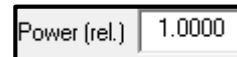


e. **Level (m):** altura de cada panel medida desde el suelo en metros.

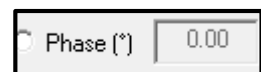


f. **Electrical Settings**

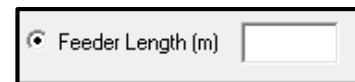
a. **Power (rel):** es la potencia suministrada a cada panel, en el caso que a todos les llegue la misma cantidad se debe de poner uno (1).



b. **Phase:** es la medida en grados de las distintas fases de la corriente para cada panel, si es que hubiere el caso.

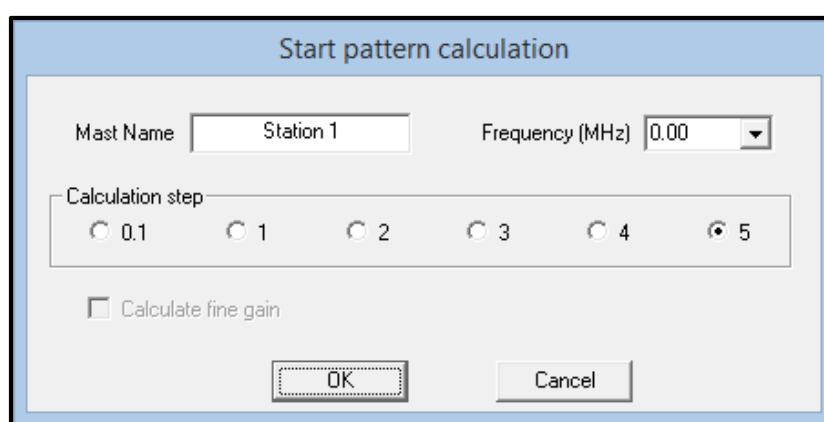


c. **Feeder length:** es la longitud de una línea de alimentación, la que alimenta a la antena, desde la fuente de potencia.

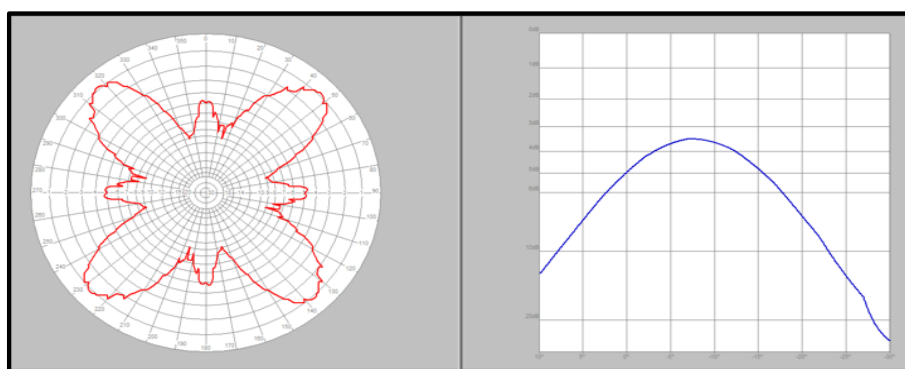


Para conformar la estación completa se deben poner las cantidades de paneles por azimut que requiera el diseño, posterior a la creación de todos y cada uno de los paneles podremos visualizar el arreglo completo de la siguiente manera:

### **Patterns → Compute 3D pattern**

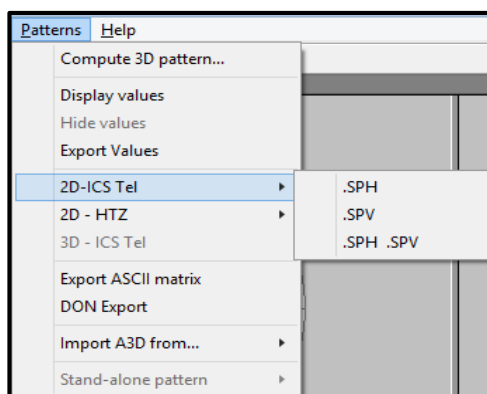


A continuación se obtendrá el patrón compuesto de toda la estación de transmisión de TDT, como se aprecia en el siguiente ejemplo.

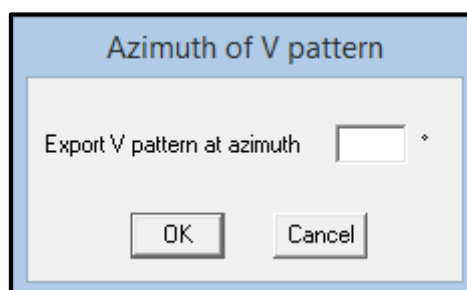


Como pasos finales procederemos a la exportación de los datos de la estación creada en el software ANTIOS hacia el ICS Telecom, mediante:

### **Patterns → 2D ICS Tel**



Se recomienda exportar los patrones en las siguientes extensiones .SPH y .SPV, este segundo caso contendrá en detalle la información del arreglo para cada azimut.



Es preferible guardar para cada azimut un archivo con distinto nombre o alguna distinción que precise con que ángulo se exporto la información.

TC.sph	29/12/2014 11:39 a...	Archivo SPH	1 KB
TC_0.spv	29/12/2014 11:39 a...	Archivo SPV	2 KB
TC_90.spv	29/12/2014 11:39 a...	Archivo SPV	2 KB
TC_180.spv	29/12/2014 11:40 a...	Archivo SPV	2 KB
TC_270.spv	29/12/2014 11:40 a...	Archivo SPV	2 KB

## BIBLIOGRAFÍA

[1] ABNT NBR 15608-1:2008, televisión digital terrestre-guía de operación parte 1: Sistema de transmisión – Guía de implementación, disponible en: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1160>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[2] ABNT NBR 15604-1:2007, televisión digital terrestre - Receptores, disponible en: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1427>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[3] Secretaria nacional de telecomunicaciones, resolución: RTV-157-06-CONATEL-2012, disponible en: [http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/rtv\\_157\\_06\\_conatel\\_2012.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/rtv_157_06_conatel_2012.pdf), fecha de consulta diciembre del 2014.

[4] Secretaria nacional de telecomunicaciones, resolución: CITDT-GATR-2012-005, disponible en: [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-682-24-CONATEL-2012-METODOLOGIA.pdf](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-682-24-CONATEL-2012-METODOLOGIA.pdf), fecha de consulta diciembre del 2014.

[5] Secretaria nacional de telecomunicaciones, plan de desarrollo de capacidades en TDT 2012 CITDT – Grupo I+D+I, disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/plan-de-desarrollo-de-capacidades-en-tdt-2012.pdf>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[6] Secretaria nacional de telecomunicaciones, informativo televisión digital terrestre, disponible en: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[7] Secretaria nacional de telecomunicaciones, operación de las estaciones de televisión abierta analógicas en canales adyacentes de la banda III VHF, disponible en: [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/cuadernillo\\_3.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/cuadernillo_3.pdf), fecha de consulta noviembre del 2014.

[8] Unión internacional de telecomunicaciones, P.1546: Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz, disponible en: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546/es>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[9] Unión internacional de telecomunicaciones, P.526: propagación por difracción, disponible en: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.526/en>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[10] Wiley librería en línea, Modelo Okumura - Hata, disponible en: [http://www.wiley.com/legacy/wileychi/molisch/supp2/appendices/c07\\_Appendices.pdf](http://www.wiley.com/legacy/wileychi/molisch/supp2/appendices/c07_Appendices.pdf), fecha de consulta diciembre del 2014.

[11] Instituto nacional de tecnología industrial, Introducción a la TV digital. Estándar ISDB-T, disponible en: <http://www.inti.gob.ar/electronicaeinformatica/utc/pdf/ISDBT-2011.pdf>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[12] ATDI manual de capacitación versión 0.1, disponible en: <http://www.atdi.es/>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[13] ATDI manual de referencias ICS telcom: sistema de imagen, cartografía, topografía avanzada y desarrollo de imágenes, disponible en: <http://www.atdi.es/>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[14] ATDI manual de entrenamiento ICS telcom: correlación entre medición real y predicción, disponible en: <http://www.atdi.es/>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[15] Blog Word Press Flovla: Zona de fresnel, disponible en: <https://flovla.wordpress.com/>, fecha de consulta noviembre del 2014.

[16] Universidad del País Vasco: facultad de ciencia y tecnología, disponible en: [http://www.ehu.eus/rperez/Fisicabio/curso\\_12\\_13/reflexion\\_refraccion2.html](http://www.ehu.eus/rperez/Fisicabio/curso_12_13/reflexion_refraccion2.html), fecha de consulta noviembre del 2014.

[17] Unión internacional de telecomunicaciones, P.838: Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción, disponible en: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.838/es>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[18] superintendencia de telecomunicaciones: informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en Ecuador, disponible en: [http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe\\_tdt\\_mar26\\_2010.pdf](http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe_tdt_mar26_2010.pdf), fecha de consulta diciembre del 2014.

[19] superintendencia de telecomunicaciones: resolución RTV-681-CONATEL-2012, disponible en: [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-681-24-CONATEL-2012-PLAN%20MAESTRO-ACTUAL.pdf](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-681-24-CONATEL-2012-PLAN%20MAESTRO-ACTUAL.pdf), fecha de consulta noviembre del 2014.

[20] Panorama visual chile: iniciación de las emisiones digitales en prueba bajo el estándar ISDB-Tb, disponible en: <http://www.panoramaaudiovisual.com/2010/05/20/chile-inicia-las-emisiones-digitales-en-pruebas-bajo-estandar-isdb-tb/>, fecha de consulta diciembre del 2014.

[21] ABNT NBR 15606-1:2013, Televisión digital terrestre – Codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital Parte 1: Codificación de datos, disponible en: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=196789>, fecha de consulta diciembre del 2014.



[22] ATDI ICS telecom: características, disponible en: <http://www.atdi.es/ics-telecom/>, fecha de consulta noviembre del 2014.

[23] ROHDE & SCHWARZ: Portable digital TV signal analysis up to 3.6 GHz/8 GHz, disponible en: [http://www.rohde-schwarz.com/en/product/eth-products\\_63492-10186.html](http://www.rohde-schwarz.com/en/product/eth-products_63492-10186.html) , fecha de consulta noviembre del 2014.

[24] ATDI ANTIOS: características, disponible en: <http://www.atdi.es/antios/>, fecha de consulta noviembre del 2014.