

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“PLAN DE MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE  
SDOMINGO2 HACIA LA NUEVA TECNOLOGÍA LTE 4G PARA  
LA EMPRESA SPEED TECH TELECOMUNICACIONES CIA.  
LTDA.”**

**AUTOR: KATHERINE DANIELA MORILLO GARCÍA**

**DIRECTOR: ING. EDGAR MAYA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2017**





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>	
Cédula de Identidad	100358486-7
Apellidos y Nombres	Morillo García Katherine Daniela
Dirección	Ibarra, Luis Felipe Borja y Fray Vacas Galindo
E-mail	katherine_morillo25@hotmail.com
Teléfono Fijo	062640967
Teléfono Móvil	0997743390

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
Título	PLAN DE MODERNIZACIÓN PARA LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2 HACIA LA NUEVA TECNOLOGÍA LTE 4G PARA LA EMPRESA SPEEDTECH TELECOMUNICACIONES CIA. LTDA.
Autor	Morillo García Katherine Daniela
Fecha	5 de octubre del 2017
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Edgar Maya Msc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Katherine Daniela Morillo García, con cédula de identidad Nro. 1003584867, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIA

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, octubre del 2017



Katherine Daniela Morillo García  
CI.:1003584867



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE**  
**GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Katherine Daniela Morillo García**, con cédula de identidad Nro. 1003584867, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“PLAN DE MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2 HACIA LA NUEVA TECNOLOGÍA LTE 4G PARA LA EMPRESA SPEEDTECH TELECOMUNICACIONES CIA. LTDA.”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Katherine Daniela Morillo García

Cédula. 1003584867

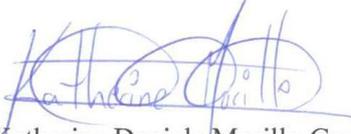


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Katherine Daniela Morillo García, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normativas vigentes de la Universidad Técnica del Norte.

  
Katherine Daniela Morillo García  
CI.:1003584867



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico, que el presente trabajo de titulación “**PLAN DE MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2 HACIA LA NUEVA TECNOLOGÍA LTE 4G PARA LA EMPRESA SPEEDTECH TELECOMUNICACIONES CIA. LTDA.**”, fue desarrollado en su totalidad por la Srta. Katherine Daniela Morillo García, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to be "Edgar Maya" with a stylized flourish.

Ing. Edgar Maya Msc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios quien es la fuerza motora en mi vida, gracias a Él obtuve la fuerza que necesitaba para salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida y es por su infinito amor que he logrado llegar hasta estas instancias de mi vida.

A mi madre, Piedad García, quien ha sido mi ejemplo de superación, lucha y perseverancia, gracias a ella he logrado ser quien soy, gracias por sus sacrificios y esfuerzos para darme una vida plena, sin usted no hubiera podido lograr esta meta.

A mi padre, Daniel Morillo, aunque físicamente no se encuentra a mi lado siempre lo llevare en mi corazón, ha sido mi héroe y ahora mi ángel, gracias por todas sus enseñanzas y reprimendas, por sus sacrificios y su arduo trabajo para dejarnos la mejor herencia en la vida que es la educación; lo amo y lo extraño.

A mi hermano, Danny Morillo, por no haberme dejado rendirme y por brindarme su apoyo incondicional.

Katherine D. Morillo G.

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de titulación, pero sobre todo quiero agradecer infinitamente a Dios por todas las bendiciones recibidas, sin su infinita gracia no habría podido lograr tan anhelada meta.

Mil gracias a mis padres Daniel y Piedad por ese ejemplo de amor, humildad y lucha que me han entregado durante toda mi vida, es gracias a ustedes y a su esfuerzo que he logrado culminar exitosamente mis estudios. A mi hermano y sobrinos por ser mi fortaleza y ese empuje para salir adelante.

Quiero agradecer a los ingenieros Luis Oña y Alejandro Andrade por abrirme las puertas de su empresa y brindarme su apoyo y animo durante el desarrollo de este proyecto, por tantas enseñanzas compartidas y por confiar en mí como persona y profesional.

Al Ing. Edgar Maya por haber accedido a ser mi director de tesis, gracias por su acertada guía y consejos a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis amigos Majo, Henry y Ricardo por su cariño, comprensión y apoyo a lo largo de mis estudios, pero sobre todo quiero agradecerles por haber estado junto a mí en los momentos más difíciles de mi vida. A mi amiga y compañera de oficina Nathaly Tinajero, gracias por tu paciencia y por tu total ayuda, has sido mi guía más confiable durante todo este proceso.

Katherine D. Morillo G.

## CONTENIDO

PLAN DE MODERNIZACIÓN PARA LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2 HACIA LA NUEVA TECNOLOGÍA LTE 4G PARA LA EMPRESA SPEEDTECH TELECOMUNICACIONES CIA. LTDA. ....	I
<b>CONTENIDO</b> .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
<b>RESÚMEN</b> .....	XVII
<b>ABSTRACT</b> .....	I
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	II
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>1.1. NOMBRE DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>1.3.1. Objetivo General:</b> .....	3
<b>1.3.2. Objetivos Específicos:</b> .....	3
<b>1.4. ALCANCE</b> .....	4
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN</b> .....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>2. CONTENIDO TEÓRICO DEL PROYECTO</b> .....	8
<b>2.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES</b> .....	8
<b>2.1.1. Composición de un Sistema de Radiocomunicaciones Móviles</b> .....	9
<b>2.1.1.1. Estaciones Fijas</b> .....	9
<b>2.1.1.2. Estaciones Móviles</b> .....	10
<b>2.1.1.3. Equipos de Control</b> .....	10
<b>2.1.2. Cobertura Radioeléctrica en los Sistemas Móviles</b> .....	10
<b>2.2. SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES - GSM</b> .....	11
<b>2.2.1. Arquitectura del Sistema GSM</b> .....	12
<b>2.2.1.1. Estación Móvil (MS)</b> .....	13
<b>2.2.1.2. Estación Base (BSS)</b> .....	13
<b>2.2.1.3. Subsitema de Red</b> .....	14
<b>2.2.1.4. Interfaz Aérea o Interfaz Radio</b> .....	15

2.2.1.4.1. <i>Canales de Tráfico (TCH)</i> .....	15
2.2.1.4.2. <i>Canales de Control (CCH)</i> .....	16
<b>2.3. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES - UMTS</b> ...	17
2.3.1. <b>Características de UMTS</b> .....	17
2.3.2. <b>Arquitectura del Sistema UMTS</b> .....	19
2.3.2.1. <i>Terminal de Usuario (UE)</i> .....	19
2.3.2.2. <i>Red de Acceso Radio Terrestre Universal (UTRAN)</i> .....	20
2.3.2.3. <i>Núcleo de Red</i> .....	21
2.3.2.4. <i>Redes Externas</i> .....	22
<b>2.4. LONG TERM EVOLUTION - LTE</b> .....	23
2.4.1. <b>Descripción y Características de LTE</b> .....	23
2.4.2. <b>Arquitectura de LTE</b> .....	24
2.4.2.1. <i>Núcleo de Red (EPC)</i> .....	25
2.4.2.2. <i>Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRAN)</i> .....	26
<b>2.5. COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN BASE</b> .....	27
2.5.1. <b>Infraestructura</b> .....	28
2.5.1.1. <i>Tipos de Estructuras</i> .....	28
2.5.1.2. <i>Tipos de Estaciones</i> .....	33
2.5.1.3. <i>Escalerillas</i> .....	34
2.5.1.4. <i>Pasamuros</i> .....	35
2.5.2. <b>Energía</b> .....	35
2.5.2.1. <i>Energía AC - TDE</i> .....	36
2.5.2.2. <i>Sistema de Rectificación – Power Plant</i> .....	36
2.5.2.3. <i>Bancos de Baterías</i> .....	38
2.5.3. <b>Sistemas de Puesta a Tierra</b> .....	38
2.5.3.1. <i>Barras de Tierra</i> .....	38
2.5.3.2. <i>Pararrayos</i> .....	39
2.5.4. <b>Sistema Radiante</b> .....	39
2.5.4.1. <i>Antenas</i> .....	40
2.5.4.1.1. <i>Parámetros de una Antena</i> .....	40
2.5.4.2. <i>Ángulo de Azimut</i> .....	42
2.5.4.3. <i>Inclinación Mecánica</i> .....	42
2.5.4.4. <i>Inclinación Eléctrica</i> .....	43
2.5.5. <b>Transmisión</b> .....	44
2.5.5.1. <i>Tipos de Transmisión</i> .....	44

2.5.5.2. <i>Equipos de Transmisión</i> .....	45
<b>CAPÍTULO III</b> .....	46
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2</b> .....	46
<b>3.1. PROCESO DE DESARROLLO DEL SURVEY PARA LA ESTACIÓN SDOMINGO2</b> .....	46
<b>3.2. ACCESO A LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2</b> .....	47
3.2.1. <b>Ubicación</b> .....	47
3.2.2. <b>Acceso</b> .....	48
<b>3.3. INFRAESTRUCTURA SDOMINGO2</b> .....	49
3.3.1. <b>Tipo de Estructura SDOMINGO2</b> .....	50
3.3.1.1. <i>Tipos de Soportes SDOMINGO2</i> .....	51
3.3.2. <b>Tipo de Estación SDOMINGO2</b> .....	51
3.3.3. <b>Escalerillas SDOMINGO2</b> .....	51
3.3.4. <b>Pasamuros SDOMINGO2</b> .....	52
<b>3.4. ENERGÍA SDOMINGO2</b> .....	52
3.4.1. <b>TDE SDOMINGO2</b> .....	53
3.4.2. <b>Sistema de Rectificación SDOMINGO2</b> .....	54
3.4.3. <b>Bancos de Baterías SDOMINGO2</b> .....	56
<b>3.5. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA SDOMINGO2</b> .....	56
3.5.1. <i>Barras de Tierra SDOMINGO2</i> .....	56
3.5.2. <i>Pararrayos SDOMINGO2</i> .....	57
<b>3.6. SISTEMA RADIANTE SDOMINGO2</b> .....	58
3.6.1. <i>Fotografías Panorámicas del Sistema Radiante</i> .....	58
3.6.2. <i>Sectorización en la Estación Base</i> .....	59
3.6.3. <i>Tecnología 2G – GSM en la Estación SDOMINGO2</i> .....	59
3.6.3.1. <i>Altura de las Antenas GSM</i> .....	61
3.6.3.2. <i>Banda de Frecuencia GSM</i> .....	61
3.6.3.3. <i>Azimuts GSM</i> .....	62
3.6.3.4. <i>Zonas de Cobertura GSM</i> .....	63
3.6.3.5. <i>Tilt Mecánico GSM</i> .....	64
3.6.3.6. <i>Tilt Eléctrico GSM</i> .....	65
3.6.3.7. <i>Modelo de Antenas GSM</i> .....	66
3.6.4. <i>Tecnología 3G - UMTS en la Estación SDOMINGO2</i> .....	67
3.6.4.1. <i>Altura de las Antenas UMTS</i> .....	68
3.6.4.2. <i>Banda de Frecuencia UMTS</i> .....	69

3.6.4.3. <i>Azimuts UMTS</i> .....	70
3.6.4.4. <i>Zona de Cobertura UMTS</i> .....	71
3.6.4.5. <i>Tilt Mecánico UMTS</i> .....	72
3.6.4.6. <i>Tilt Eléctrico UMTS</i> .....	73
3.6.4.7. <i>Modelo de Antenas UMTS</i> .....	74
3.6.5. <i>Antenas Microondas</i> .....	75
<b>3.7. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2</b> .....	76
3.7.1. <i>Transmisión de GSM</i> .....	76
3.7.2. <i>Transmisión de UMTS</i> .....	77
<b>3.8. GABINETES Y EQUIPOS SDOMINGO2</b> .....	78
3.8.1. <i>BTS Flexi</i> .....	78
3.8.2. <i>BTS Ultra</i> .....	80
3.8.3. <i>RRUs UMTS SDOMINGO2</i> .....	81
3.8.4. <i>Rack BBU SDOMINGO2</i> .....	82
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	84
<b>4. DISEÑO DE MODERNIZACIÓN PARA LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2</b> .....	84
<b>4.1. MODERNIZACIÓN DE GSM</b> .....	84
4.1.1. <i>Ubicación de las nuevas RRUs para GSM</i> .....	85
4.1.2. <i>Configuración del sistema radiante de GSM proyectado</i> .....	85
<b>4.2. SEGUNDA PORTADORA DE UMTS</b> .....	86
4.2.1. <i>Ubicación de las nuevas RRUs para UMTS</i> .....	87
4.2.2. <i>Configuración del sistema radiante de UMTS proyectado</i> .....	87
<b>4.3. PROYECCIÓN DE LTE</b> .....	88
4.3.1. <i>Ubicación de las nuevas RRUs para LTE</i> .....	88
4.3.2. <i>Configuración del sistema radiante de LTE proyectado</i> .....	89
4.3.2.1. <i>Selección del modelo de antena para LTE</i> .....	89
4.3.2.2. <i>Determinación de la altura para las antenas de LTE</i> .....	90
4.3.2.3. <i>Determinación de los azimuts para LTE</i> .....	90
4.3.2.4. <i>Determinación de la inclinación mecánica para LTE</i> .....	92
4.3.2.5. <i>Determinación de la inclinación eléctrica para LTE</i> .....	93
4.3.2.6. <i>Resumen de configuración para LTE</i> .....	94
<b>4.4. DIMENSIONAMIENTO DE RRUs</b> .....	95
4.4.1. <i>RRU Huawei 3942</i> .....	96
4.4.2. <i>RRUs Para GSM y UMTS</i> .....	97

4.4.2.1. <i>Pérdidas de los Conectores para GSM</i> .....	97
4.4.2.2. <i>Pérdidas de Jumper GSM</i> .....	99
4.4.2.3. <i>Pérdidas de Feeder GSM</i> .....	100
4.4.2.3.1. <i>Perdidas por Feeder Proyectado Sector X GSM</i> .....	100
4.4.2.4. <i>Resumen de Perdidas Proyectadas GSM</i> .....	102
4.4.2.5. <i>Potencia de salida de las nuevas RRUs</i> .....	102
4.4.2.6. <i>Modo de configuración para nuevas RRUs</i> .....	105
<b>4.5. DIAGRAMA DE BLOQUES PROYECTADO</b> .....	108
<b>4.6. REQUERIMIENTOS DE TARJETAS PARA LA BBU</b> .....	110
<b>4.7. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA</b> .....	115
4.7.1. <i>Requerimientos para la Power Plant</i> .....	115
4.7.1.1. <i>Capacidad instalada en la Power Plant</i> .....	116
4.7.1.2. <i>Consumo de nuevas cargas</i> .....	117
4.7.1.3. <i>Capacidad disponible de corriente</i> .....	117
4.7.2. <i>Requerimientos Para las BBU</i> .....	118
<b>4.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2 PROYECTADO</b> .....	119
<b>4.9. MATERIALES PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN SDOMINGO2</b> .....	119
4.9.1. <i>Requerimientos de obra civil</i> .....	122
<b>4.10. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN SDOMINGO2</b> .....	122
4.10.1. <i>Simulación en Radio Mobile de GSM para la estación SDOMINGO2</i> .....	123
4.10.1.1. <i>Simulación en Radio Mobile sector X GSM</i> .....	123
4.10.1.2. <i>Simulación en Radio Mobile sector Y GSM</i> .....	126
4.10.1.3. <i>Simulación en Radio Mobile sector Z GSM</i> .....	129
4.10.2. <i>Simulación en Radio Mobile de UMTS para la estación SDOMINGO2</i> .....	132
4.10.2.1. <i>Simulación en Radio Mobile sector X UMTS</i> .....	132
4.10.2.2. <i>Simulación en Radio Mobile sector Y UMTS</i> .....	135
4.10.2.3. <i>Simulación en Radio Mobile sector Z UMTS</i> .....	138
4.10.2.4. <i>Simulación en Radio Mobile sector W UMTS</i> .....	141
4.10.3. <i>Simulación en Radio Mobile de LTE para la estación SDOMINGO2</i> .....	144
4.10.3.1. <i>Simulación en Radio Mobile sector X LTE</i> .....	144
4.10.3.2. <i>Simulación en Radio Mobile sector Y LTE</i> .....	147
4.10.3.3. <i>Simulación en Radio Mobile sector Z LTE</i> .....	150
4.10.4. <i>Visualización general de la simulación de GSM para la estación SDOMINGO2</i> ...	153

<i>4.10.5. Visualización general de la simulación de UMTS para la estación SDOMINGO2</i>	154
<i>4.10.6. Visualización general de la simulación de LTE para la estación SDOMINGO2</i>	155
<b>4.11. ARQUITECTURA FINAL DE RED DE LA ESTACIÓN SDOMINGO2</b>	156
<b>4.12. HANDOVER EN LA ESTACIÓN SDOMINGO2</b>	157
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	159
<b>5.1. CONCLUSIONES</b>	159
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b>	161
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	162
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	164

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Arquitectura GSM	13
<b>Figura 2.</b> Arquitectura UMTS	19
<b>Figura 3.</b> Dominio de la frecuencia de las tecnologías de acceso múltiple LTE	24
<b>Figura 4.</b> Arquitectura LTE	25
<b>Figura 5.</b> Componentes de una Estación Base	27
<b>Figura 6.</b> Torre Autosoportada Triangular	28
<b>Figura 7.</b> Monopolo de Ocho Caras	29
<b>Figura 8.</b> Torreta de 9m de Altura	30
<b>Figura 9.</b> Mástiles con sin mimetización (1) y con mimetización (2)	30
<b>Figura 10.</b> Soporte Simple para Antenas de Telefonía Celular	31
<b>Figura 11.</b> Ejemplo Soporte F	32
<b>Figura 12.</b> Ejemplo Soporte H con Separación de 1m	32
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de una Estación Outdoor	33
<b>Figura 14.</b> Ejemplo de una Estación Indoor	34
<b>Figura 15.</b> Ejemplo escalerilla horizontal de 30cm	34
<b>Figura 16.</b> Ejemplo pasamuros vista interna corto de equipos	35
<b>Figura 17.</b> Ejemplo TDE abierto	36
<b>Figura 18.</b> Ejemplo Power One	37
<b>Figura 19.</b> Ejemplo Barra de Tierra de Cobre	39
<b>Figura 20.</b> Antenas de Telecomunicaciones	40
<b>Figura 21.</b> Ancho de haz de 3dB	41
<b>Figura 22.</b> Tilt Mecánico	43
<b>Figura 23.</b> Tilt Eléctrico	44
<b>Figura 24.</b> El Abiertos	45
<b>Figura 25.</b> Proceso del Survey para la estación SDOMINGO2	47
<b>Figura 26.</b> Coordenadas Geográficas SDOMINGO2	48
<b>Figura 27.</b> Acceso a la Estación SDOMINGO2	49
<b>Figura 28.</b> Estructura Estación SDOMINGO2	50
<b>Figura 29.</b> Cuarto de Equipos SDOMINGO2 Vista Exterior	51
<b>Figura 30.</b> Pasamuros SDOMINGO2 Vista Interior	52

<b>Figura 31.</b> TDE Abierto SDOMINGO2.....	53
<b>Figura 32.</b> Power Plant SDOMINGO2 .....	55
<b>Figura 33.</b> Power Plant SDOMINGO2 .....	56
<b>Figura 34.</b> Pararrayos SDOMINGO2.....	57
<b>Figura 35.</b> Arquitectura de la red GSM en SDOMINGO2 .....	60
<b>Figura 36.</b> Arquitectura de la red UMTS en SDOMINGO2 .....	68
<b>Figura 37.</b> E1 red GSM SDOMINGO2.....	76
<b>Figura 38.</b> Flexi Hopper SDOMINGO2.....	77
<b>Figura 39.</b> SAR-M SDOMINGO2 .....	77
<b>Figura 40.</b> BTS Flexi SDOMINGO .....	78
<b>Figura 41.</b> Diagrama de Bloques BTS Flexi SDOMINGO2.....	79
<b>Figura 42.</b> BTS Ultra SDOMINGO2 .....	80
<b>Figura 43.</b> Diagrama de Bloques BTS Ultra SDOMINGO2.....	81
<b>Figura 44.</b> RRUs UMTS SDOMINGO2 .....	82
<b>Figura 45.</b> Rack BBU SDOMINGO2 .....	83
<b>Figura 46.</b> Espacio disponible para nuevas RRUs .....	85
<b>Figura 47.</b> Azimuts de LTE en Google Earth.....	91
<b>Figura 48.</b> Diagrama Para el Cálculo del Tilt Mecánico.....	92
<b>Figura 49.</b> Fotomontaje de Antenas de LTE .....	95
<b>Figura 50.</b> Conectores en Corridas de GSM .....	98
<b>Figura 51.</b> Fotomontaje RRUs SDOMINGO2.....	108
<b>Figura 52.</b> Diagrama de Bloques Proyectado SDOMINGO2 .....	109
<b>Figura 53.</b> Solución de Tarjetas Escenario 1 .....	111
<b>Figura 54.</b> Solución de Tarjetas Escenario 2.....	111
<b>Figura 55.</b> Solución de Tarjetas Escenario 3.....	112
<b>Figura 56.</b> Solución de Tarjetas Escenario 4.....	113
<b>Figura 57.</b> Solución de Tarjetas Escenario 5.....	113
<b>Figura 58.</b> Fotomontaje Tarjetas BBU .....	115
<b>Figura 59.</b> Fotomontaje DCDUs .....	118
<b>Figura 60.</b> Patrón de la Antena Sector X GSM.....	124
<b>Figura 61.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X GSM 850MHz.....	124
<b>Figura 62.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X GSM 1900MHz.....	125
<b>Figura 63.</b> Zona de Cubertura del Sector X GSM en la banda de 850MHz.....	125
<b>Figura 64.</b> Zona de Cubertura del Sector X GSM en la banda de 1900MHz.....	126
<b>Figura 65.</b> Patrón de la Antena Sector Y GSM.....	126
<b>Figura 66.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y GSM 850MHz.....	127
<b>Figura 67.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y GSM 1900MHz.....	127
<b>Figura 68.</b> Zona de Cubertura del Sector Y GSM en la banda de 850MHz.....	128
<b>Figura 69.</b> Zona de Cubertura del Sector Y GSM en la banda de 1900MHz.....	128
<b>Figura 70.</b> Patrón de la Antena Sector Z GSM .....	129
<b>Figura 71.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z GSM 850MHz .....	130
<b>Figura 72.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z GSM 1900MHz .....	130
<b>Figura 73.</b> Zona de Cubertura del Sector Z GSM en la banda de 850MHz .....	131
<b>Figura 74.</b> Zona de Cubertura del Sector Z GSM en la banda de 1900MHz .....	131
<b>Figura 75.</b> Patrón de la Antena Sector X UMTS.....	132
<b>Figura 76.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X UMTS 850MHz .....	133
<b>Figura 77.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X UMTS 1900MHz .....	133
<b>Figura 78.</b> Zona de Cubertura del Sector X UMTS en la banda de 850MHz .....	134

<b>Figura 79.</b> Zona de Cubertura del Sector X UMTS en la banda de 1900MHz .....	134
<b>Figura 80.</b> Patrón de la Antena Sector Y UMTS.....	135
<b>Figura 81.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y UMTS 850MHz .....	136
<b>Figura 82.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y UMTS 1900MHz .....	136
<b>Figura 83.</b> Zona de Cubertura del Sector Y UMTS en la banda de 850MHz .....	137
<b>Figura 84.</b> Zona de Cubertura del Sector Y UMTS en la banda de 1900MHz .....	137
<b>Figura 85.</b> Patrón de la Antena Sector Z UMTS.....	138
<b>Figura 86.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z UMTS 850MHz.....	139
<b>Figura 87.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z UMTS 1900MHz.....	139
<b>Figura 88.</b> Zona de Cubertura del Sector Z UMTS en la banda de 850MHz.....	140
<b>Figura 89.</b> Zona de Cubertura del Sector Z UMTS en la banda de 1900MHz.....	140
<b>Figura 90.</b> Patrón de la Antena Sector W UMTS.....	141
<b>Figura 91.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector W UMTS 850MHz .....	142
<b>Figura 92.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector W UMTS 1900MHz .....	142
<b>Figura 93.</b> Zona de Cubertura del Sector W UMTS en la banda de 850MHz .....	143
<b>Figura 94.</b> Zona de Cubertura del Sector W UMTS en la banda de 1900MHz .....	143
<b>Figura 95.</b> Patrón de la Antena Sector X UMTS.....	144
<b>Figura 96.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X LTE 1700MHz .....	145
<b>Figura 97.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X LTE 2100MHz .....	145
<b>Figura 98.</b> Zona de Cubertura del Sector X LTE en la banda de 1700MHz .....	146
<b>Figura 99.</b> Zona de Cubertura del Sector X LTE en la banda de 2100MHz .....	146
<b>Figura 100.</b> Patrón de la Antena Sector Y LTE .....	147
<b>Figura 101.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y LTE 1700MHz .....	148
<b>Figura 102.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y LTE 2100MHz .....	148
<b>Figura 103.</b> Zona de Cubertura del Sector Y LTE en la banda de 1700MHz .....	149
<b>Figura 104.</b> Zona de Cubertura del Sector Y LTE en la banda de 2100MHz .....	149
<b>Figura 105.</b> Patrón de la Antena Sector Z LTE.....	150
<b>Figura 106.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z LTE 1700MHz .....	151
<b>Figura 107.</b> Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z LTE 2100MHz .....	151
<b>Figura 108.</b> Zona de Cubertura del Sector Z LTE en la banda de 1700MHz .....	152
<b>Figura 109.</b> Zona de Cubertura del Sector Z LTE en la banda de 2100MHz .....	152
<b>Figura 110.</b> Zona de Cubertura de GSM en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile .....	153
<b>Figura 111.</b> Zona de Cubertura de GSM en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth.....	153
<b>Figura 112.</b> Zona de Cubertura de UMTS en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile....	154
<b>Figura 113.</b> Zona de Cubertura de UMTS en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth.....	154
<b>Figura 114.</b> Zona de Cubertura de LTE en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile.....	155
<b>Figura 115.</b> Zona de Cubertura de LTE en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth .....	155
<b>Figura 116.</b> Arquitectura de red proyectada de la estación SDOMINGO2.....	156
<b>Figura 117.</b> Cobertura alcanzada por las tres tecnologías en la estación SDOMINGO2.....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución de las Bandas de Frecuencia para GSM. ....	12
<b>Tabla 2.</b> Bandas de Frecuencias para UMTS. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Equipos de Transmisión. ....	45
<b>Tabla 4.</b> Datos Estructura SDOMINGO2.....	50

<b>Tabla 5.</b> Distribución de Breakers del TDE. ....	53
<b>Tabla 6.</b> Mediciones en AC del TDE .....	54
<b>Tabla 7.</b> Mediciones en DC de la Power Plant. ....	55
<b>Tabla 8.</b> Distribución de Breakers de la Power Plant. ....	55
<b>Tabla 9.</b> Fotografías Panorámicas SDOMINGO2.....	58
<b>Tabla 10.</b> Sectorización de una Estación Base .....	59
<b>Tabla 11.</b> Altura de Antenas GSM. ....	61
<b>Tabla 12.</b> Banda de Frecuencia GSM.....	61
<b>Tabla 13.</b> Azimuts GSM.....	62
<b>Tabla 14.</b> Zonas de Cobertura GSM.....	64
<b>Tabla 15.</b> Tilt Mecánico GSM.....	65
<b>Tabla 16.</b> Tilt Eléctrico GSM.....	66
<b>Tabla 17.</b> Modelo de Antenas GSM.....	67
<b>Tabla 18.</b> Altura de Antenas UMTS.....	69
<b>Tabla 19.</b> Banda de Frecuencia UMTS. ....	69
<b>Tabla 20.</b> Azimuts UMTS. ....	70
<b>Tabla 21.</b> Zonas de Cobertura UMTS. ....	71
<b>Tabla 22.</b> Tilt Mecánico UMTS. ....	72
<b>Tabla 23.</b> Tilt Eléctrico GSM.....	73
<b>Tabla 24.</b> Modelo de Antenas UMTS. ....	74
<b>Tabla 25.</b> Antenas Microondas.....	75
<b>Tabla 26.</b> Longitud de Cables Antenas - Flexi.....	79
<b>Tabla 27.</b> Longitud de Cables Antena - Ultra.....	80
<b>Tabla 28.</b> Configuración RF GSM proyectado.....	86
<b>Tabla 29.</b> Configuración RF UMTS proyectado.....	87
<b>Tabla 30.</b> Características Antenas ADU451819 y AQU4518R9. ....	89
<b>Tabla 31.</b> Configuración RF LTE proyectado.....	94
<b>Tabla 32.</b> Pérdidas de atenuación de los elementos de conexión. ....	97
<b>Tabla 33.</b> Tabla Pérdidas Por Conectores Proyectados GSM. ....	98
<b>Tabla 34.</b> Tabla Pérdidas Por Jumper Proyectado GSM. ....	100
<b>Tabla 35.</b> Tabla Pérdidas Por Feeder Proyectado GSM. ....	101
<b>Tabla 36.</b> Tabla Resumen de Perdidas Proyectadas GSM.....	102
<b>Tabla 37.</b> Tabla Total de Perdidas Proyectadas GSM.....	102
<b>Tabla 38.</b> Tabla de Potencias de Salida de Nuevas RRUs. ....	105
<b>Tabla 39.</b> Tabla Numero de TRX por Sector. ....	106
<b>Tabla 40.</b> Tabla de Potencias de Salida RRUs en Modo GU. ....	106
<b>Tabla 41.</b> Tabla de Materiales para GSM en la estacion SDOMINGO2. ....	119
<b>Tabla 42.</b> Tabla de Materiales para UMTS en la estacion SDOMINGO2. ....	120
<b>Tabla 43.</b> Tabla de Materiales para LTE en la estacion SDOMINGO2.....	121
<b>Tabla 44.</b> Tabla de Requerimientos de Obra Civil Para la Estación SDOMINGO2.....	122
<b>Tabla 45.</b> Tabla de coberturas de la estación SDOMINGO2. ....	158

## RESÚMEN

El campo de las telecomunicaciones, en el mundo actual, se encuentra en constante evolución y desarrollo, brindando a los usuarios una amplia gama de servicios y comodidades en lo que respecta a las comunicaciones móviles celulares. El principal factor que hace posible este desarrollo es el usuario y sus necesidades, conforme la tecnología va avanzando, las expectativas por parte de los usuarios también crecen de manera proporcional, esperando encontrar servicios tanto en voz, datos y video que hagan su vida más fácil.

LTE es una tecnología móvil celular que nace con el fin de brindar un servicio de datos de alta calidad, por lo tanto, LTE enfoca su funcionamiento en lo que es la navegación en internet, ya que su enfoque es solamente brindar un servicio de datos, necesita trabajar conjuntamente con las dos tecnologías posteriores a ella como son GSM y UMTS para los servicios de voz y mensajería. Estas tres tecnologías se encuentran instaladas o trabajan desde una estación base, la cual se ubica en un punto específico para cubrir ciertas zonas o sectores, donde haya la necesidad de que los servicios de comunicaciones móviles se encuentren presentes, para satisfacer las demandas de los usuarios.

El presente proyecto consiste en el diseño de un plan de modernización hacia la tecnología LTE-4G en la estación SDOMINGO2 en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones, con la finalidad de que la zona de cobertura de la estación se amplíe llegando a cubrir sectores que carecen de los servicios de telefonía móvil que brinda la estación, logrando también entregar un mejor servicio de voz y datos a los usuarios de la red.

Tomando en cuenta que actualmente en la estación se encuentran operando las tecnologías de GSM y UMTS, es necesario también que estas tecnologías se actualicen para que conjuntamente con LTE se brinde un servicio de calidad a los usuarios del sector.



## **ABSTRACT**

The telecommunications field, in the actual world, is in constant evolution and development, giving to the users a wide range of services and amenities with respect to cellular mobile communications. The main factor that makes this development possible is the user and their needs, as technology advances, users expectations also grow proportionally, hoping to find services in voice, data and video that make their lives easier.

LTE is a cellular mobile technology that was born in order to provide a high quality data service, therefore, LTE focuses its operation on what is the Internet browsing, since its focus is only to provide a data service, needs to work in conjunction with the two post-it technologies such as: GSM and UMTS for voice and messaging services. These three technologies are installed or work from a base station, wich is located on a specific point to cover certain areas or sectors, where there's the need of mobile communications services present, to satisfy the users demands.

The present Project consists in the design of a modernization plan for the LTE-4G technology in the SDOMINGO2 station in Santo Domingo de los Colorados city for the company "SpeedTech Telecomunicaciones", with the propose that the coverage area of the station expands reaching to cover sectors that don't have mobile phone services that the station provides, also managing to deliver a better voice service and data to the network users.

Taking into account that now in the station GSM and UMTS technologies are operating, is also necessary that these technologies get updated so that, together with LTE, provided a quality service to the sector users.

## PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación consiste en el desarrollo de un plan para la modernización de la estación SDOMINGO2 en la ciudad de Santo Domingo, hacia la nueva tecnología LTE 4G con la actualización de las tecnologías existentes en la estación (GSM y UMTS) para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones, con el propósito de mejorar el servicio para los usuarios de la red móvil del sector.

En el primer capítulo se encuentra la descripción del Problema, Objetivos y Justificación que sustentan el desarrollo de este proyecto.

En el segundo capítulo se describe el fundamento teórico de las tecnologías móviles celulares 2G-GSM, 3G-UMTS y 4G-LTE que intervienen en el desarrollo del proyecto, analizando aspectos generales como su definición, características y arquitectura de red. En este capítulo además se da a conocer los componentes generales de una estación base, tanto en infraestructura como en el sistema radiante y transmisión.

El tercer capítulo corresponde al levantamiento de información del estado actual de la estación base, a este proceso se lo conoce técnicamente como survey. En el survey mediante respaldos fotográficos se recoge la información de los equipos instalados, se revisa el estado de la infraestructura de la estación, se toma mediciones de energía y de los parámetros del sistema radiante como altura de antenas, ángulos de azimut, inclinaciones, entre otras. Un aspecto muy importante dentro del survey es el levantamiento planimétrico del sitio, para posteriormente plasmarlo en un dibujo de AutoCad, por lo que es importante medir con exactitud la posición de los equipos, escalerillas y estructuras que ahí se encuentren.

El cuarto capítulo comprende el desarrollo del diseño de la solución para la modernización de la estación, pasando primeramente por la actualización de las dos tecnologías existentes en ella. Este diseño comprende los cálculos de potencia para el dimensionamiento de las RRUs a instalarse, los cálculos para la definición de los nuevos azimuts de LTE y sus inclinaciones, comprende también el cálculo de materiales a emplearse para la instalación, los fotomontajes para tener una idea clara de los cambios a darse en la estación y el desarrollo del plano en AutoCad, donde se mira de manera más concisa los cambios físicos a darse en la estación. Posteriormente,

cuando el diseño de la solución se encuentra definida, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento mediante la simulación de la estación base SDOMINGO2 para determinar si la zona de cobertura ha sido ampliada, llegando a los lugares donde anteriormente la señal telefónica emitida desde el sitio no tenía alcance.

Finalmente, se define las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado, mediante el análisis de los objetivos planteados para el mismo y de los resultados de las pruebas de funcionamiento desarrolladas.



# CAPÍTULO I

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. NOMBRE DEL PROYECTO

“Plan de Modernización de la estación base SDOMINGO2 hacia la nueva tecnología LTE 4G para la empresa Speed Tech Telecomunicaciones Cia. Ltda”,

#### **UBICACIÓN:**

**Ciudad:** Santo Domingo

**Provincia:** Santo Domingo de los Tsachilas

**País:** Ecuador

### 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Speed Tech Telecomunicaciones Cia. Ltda., es una empresa ecuatoriana que brinda servicios y soluciones de ingeniería en Telecomunicaciones, mediante el desarrollo de Levantamientos Técnicos de Información de Sitios (TSS; Technical Site Survey) y estudios de campo y cobertura para la proyección de nuevas tecnologías en Nodos existentes o sitios nuevos (Roll Out). Speed Tech trabaja como cooperador de Huawei Cia. Ltda., quien a su vez trabaja directamente con la operadora Claro para la realización de sus proyectos de innovación de nuevas tecnologías y actualización de las existentes. Actualmente Claro, al igual que las demás operadoras de telefonía móvil en el país, está enfocado en instalar la nueva tecnología 4G más conocida como LTE en sus sitios existentes a nivel de todo el país; para una mejor cobertura y optimización de recursos es necesario que las tecnologías existentes como 2G GSM y 3G UMTS se modernicen, por lo que el proyecto se conoce como GUL (GSM, UMTS y LTE) ya que se trabaja con las tres tecnologías. Speed Tech siendo una empresa con experiencia en este campo es un cooperador que se involucra directamente en el proyecto GUL a nivel nacional.

La provincia de Santo Domingo de los Tsachilas forma parte del proyecto GUL que actualmente se está desarrollando de acuerdo a los cronogramas establecidos por Claro y Huawei, en dicha provincia ha crecido el número de usuarios móviles, exigiendo así a la operadora mayor calidad en cobertura y transmisión. El sitio denominado SDOMINGO2, que comprende el sector del Parque de La Madre y sus alrededores, en la actualidad brinda las tecnologías GSM 2G en la banda de frecuencia de 850MHz y 1900MHz con una velocidad de hasta 9.6kbps de subida y bajada, soportada en equipos NOKIA (BTS FLEXI, BTS ULTRA) y UMTS 3G en la banda de frecuencia de 850MHz con una velocidad de 64 a 384kbps de subida y bajada, soportada en equipos Huawei (RRUs antiguas), las cuales se conectan a equipos NOKIA (BTS FLEXI, BTS ULTRA), dichos equipos son antiguos y no soportan las altas velocidades de transmisión que las nuevas tecnologías requieren como LTE 4G que soporta velocidades de hasta 75Mbps en bajada y 25Mbps en subida; provocando así pérdidas en la señal, ya que no alcanzan a cubrir las potencias requeridas por los transmisores-receptores (TRX) conectados a la estación, generando molestias en los usuarios ya que exigen mayor velocidad y calidad de transmisión en sus equipos móviles conectados a esta red celular.

Debido a la saturación de la red celular por el crecimiento del número de usuarios y a un aumento del flujo de transmisión de datos es necesario que la estación base pase por un proceso de modernización hacia una nueva tecnología que le permita soportar las altas velocidades de transmisión demandadas por el aumento del flujo de datos, y que su gestión de recursos de la red sea administrada de una mejor forma. Así mismo la zona de cobertura está limitada por los azimuts de GSM y UMTS existentes hasta el sector comprendido por las calles Avenida Quevedo y Abraham Calazacon, dejando sin cobertura al sector comprendido por la Avenida del Cooperativismo. Con la proyección de LTE 4G se brindará una mayor cobertura y velocidad de transmisión para cubrir las necesidades y requerimientos de los usuarios en este sector.

Para la solución de los problemas de cobertura, bajas velocidades de transmisión y saturación de la red celular existente, el presente proyecto propone una solución que implica la implementación de LTE 4G conjuntamente con la modernización de GSM y 2da. Portadora de UMTS; dicha solución se establecerá dentro de un Plan de Modernización describiendo un proceso práctico, partiendo por el estudio actual de la estación en donde se definirán los principales parámetros que permitirán definir el

diseño adecuado para la modernización de la estación con su respectiva prueba de funcionalidad, entregando así un documento bien estructurado que sirva de guía para la implementación de la solución presentada.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Desarrollar un plan de modernización para la estación base SDOMINGO2 en la ciudad de Santo Domingo con la proyección de la nueva tecnología LTE 4G y la actualización de las existentes (GSM y UMTS) para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones Cia, Ltda., con el fin de beneficiar a los usuarios conectados a la red móvil celular del sector del Parque de la Madre, ampliando su zona de cobertura y velocidad de transmisión.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Analizar el fundamento teórico de las tecnologías LTE, GSM y UMTS, identificando sus principales características y funcionamiento, además de los equipos a emplearse en la modernización de estas tecnologías.
- Realizar el análisis de la situación actual de la estación base SDOMINGO2 mediante la visita técnica al sitio para levantar la información necesaria para las proyecciones.
- Realizar los cálculos de potencia y pérdidas de las tecnologías 2G y 3G, además de las predicciones del nodo para determinar los parámetros de configuración de las nuevas antenas LTE.

- Realizar el diseño de modernización, detallando la nueva solución del sitio en cuanto respecta a equipos y tipos de transmisión inmersos en el proceso de modernización.
- Realizar las pruebas de funcionamiento mediante una simulación de la radio base empleando un software de simulación que más se asemeje a la realidad.

#### **1.4. ALCANCE**

El presente proyecto de titulación consiste en el desarrollo de un plan de Modernización hacia la nueva tecnología LTE 4G conjuntamente con la Modernización de GSM 2G y 2da. Portadora de UMTS 3G, en el sitio denominado SDOMINGO2 ubicado en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, el cual cubre la zona comprendida por el Parque De La Madre y sus alrededores, con el fin de ampliar su zona de cobertura actual, para dar un mejor servicio a sus usuarios nuevos y existentes.

Se empezará con el análisis del fundamento teórico, en el cual se tratará las principales características, arquitectura de red y funcionamiento de las tres tecnologías implicadas en este proyecto, es decir, GSM, UMTS y LTE; además de una breve revisión de las características principales de los equipos que se relacionan directamente con cada tecnología para garantizar su correcto funcionamiento, estos pueden ser BTS, RRUs y tarjetas de transmisión.

El Plan de Modernización constará de tres fases. La primera fase consiste en el análisis de la situación actual, para la cual se realizará la visita técnica al sitio SDOMINGO2, con el fin de realizar el respectivo levantamiento de información en campo, el cual comprende la toma de fotografías y mediciones de parámetros que serán fundamentales al momento de realizar el diseño de modernización, estos parámetros básicamente son el sistema radiante, los equipos de transmisión y los equipos o tableros de distribución de energía AC y DC; además del levantamiento planimétrico del sitio para realizar el plano en AutoCAD de la estación, con el cual se tiene un esquema exacto de los equipos instalados en la estación y se puede determinar los espacios necesario para la proyección de nuevos equipos en caso de ser necesario.

La segunda fase del plan implica el diseño de modernización, para lo que primeramente, empleando los datos e información recopilados en la primera fase, se deben realizar los diagramas NSN de las BTS existentes, para determinar el número de TRX conectados a la estación y el diagrama de bloques de GSM y UMTS indicando la longitud de Jumper y Feeder empleados en la conexión de las antenas a las BTS (en GSM) y a las RRUs antiguas (en UMTS), para así poder realizar los cálculos de potencia y pérdidas que deben ser corregidos con la modernización de la estación. Además de los análisis y cálculos respectivos para la determinación de los parámetros del sistema radiante a configurar en LTE.

Siguiendo en la segunda fase del plan, con los resultados obtenidos de los cálculos posteriormente realizados, se realizará el diseño de modernización, el cual implica la determinación de equipos a modificarse o instalarse en lo que respecta a GSM y UMTS, según lo amerite el caso; mientras que para LTE por ser una nueva tecnología a implementarse en la estación, se debe realizar el diseño de configuración y ubicación de los nuevos equipos que dicha tecnología implica para su correcto funcionamiento, tomando en cuenta parámetros existentes que pueden afectar al momento de la instalación como es la capacidad de los tableros y equipos DC y AC para soportar las nuevas cargas y el tipo de transmisión que se emplea actualmente en la estación para cada tecnología. Para tener una idea más clara y exacta de los cambios que puede sufrir físicamente la estación, es necesario realizar el plano en AutoCAD mostrando el antes y el después de proyectar los cambios que implican el proceso de modernización.

Finalmente, en la tercera fase del plan, para verificar el funcionamiento de lo proyectado, es decir ver que se haya logrado alcanzar la zona de cobertura deseada, se simulará la radiobase SDOMINGO2 mediante un software que se acerque más a la realidad y que emplee los parámetros de potencia, ángulos de azimut, altura de antenas e inclinaciones (eléctrica y mecánica), demostrando así que se ha logrado alcanzar las metas propuestas en este proyecto. Generando un documento que será entregado a la empresa en un formato claro y práctico para que la solución de este proyecto pueda ser aplicada en el tiempo y momento que la empresa lo requiera, este documento también conocido como TSS (Technical Site Survey) contiene los datos básicos de lo existente en sitio además de la proyección de las nuevas soluciones, como soporte a este

documento también se entregara el plano realizado en AutoCAD, con el cual los ingenieros y técnicos de la empresa tendrán una clara visión del proyecto desarrollado.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

Speed Tech Telecomunicaciones es una empresa nacional radicada en la ciudad de Quito, en las calles Uruguay N15-20 y José Riofrío, que brinda soluciones de ingeniería en Telecomunicaciones para operadoras de telefonía móvil a nivel nacional. Estas soluciones comprenden la proyección de nuevas tecnologías para redes celulares, ampliación de zonas de cobertura para las mismas, migración a nuevos equipos para soporte de mayor velocidad de transmisión, mejorar la cobertura hacia sus usuarios, entre otros; todo esto en las estaciones base (sitios) existentes, además de la proyección de nuevas estaciones.

Es por esta razón que a Speed Tech se le ha permitido ser parte del proyecto GUL en los sitios CLARO en la Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, dentro del cual se encuentra el sitio SDOMINGO2, cuyo número de usuarios ha crecido en los últimos tiempos, generando así la necesidad de mejorar la calidad en la transmisión y la cobertura, para satisfacer los requerimientos y necesidades de conexión de los usuarios nuevos y existentes.

La modernización de la estación hacia la nueva tecnología LTE 4G abarca también la modernización de GSM y 2da. Portadora de UMTS, lo que permitirá a los usuarios de la red móvil celular comprendida por este sector contar con una conexión móvil más eficiente, satisfaciendo así las necesidades de los usuarios de tener una transmisión y recepción de buena calidad y velocidad, ampliando también la zona de cobertura de la estación permitiendo brindar dichos servicios a más usuarios que a esta red se conecten.

La realización de este proyecto contribuirá para el desarrollo de las Telecomunicaciones en nuestro país, ya que cada vez nos vamos acercando más a las tecnologías de última generación; actualmente en el Ecuador la mayoría de operadoras móviles trabajan aún sobre la tecnología 3G, la cual en otros países ya es una

tecnología obsoleta, mientras que en nuestro país desde hace poco tiempo se están ejecutando los proyectos que permitan migrar a una nueva tecnología de última generación como LTE, quedando así rezagados en cuanto a desarrollo tecnológico se refiere. Cabe recalcar que es importante que cada usuario que se conecta a una estación base debe tener acceso a un servicio donde el tiempo de respuesta a sus requerimientos de voz , mensajes y datos sea satisfactoria; y eso es lo que se quiere lograr con este proyecto, enfocándose a mejorar la transmisión y cobertura hacia los usuarios conectados al sitio SDOMINGO2.

## **CAPÍTULO II**

### **2. CONTENIDO TEÓRICO DEL PROYECTO**

En el presente capítulo se muestra una breve introducción a lo que son los sistemas de comunicaciones móviles, explicando sus principales características, además este capítulo consta de un pequeño análisis de las tecnologías GSM, UMTS Y LTE, identificando sus respectivas definiciones, principales características como las bandas de frecuencia sobre las que trabajan cada una y la arquitectura de red de cada tecnología.

#### **2.1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES**

Un sistema de comunicaciones móviles, es un enlace entre dos terminales mediante radiocomunicación, de estos dos terminales uno puede estar en movimiento y otro estático ubicados en localizaciones indeterminadas, dando así la posibilidad de que un terminal sea fijo como una estación base.

Según (Hernando Rabanos, 2004) los sistemas móviles pueden clasificarse en modo general en función del entorno mediante el cual los terminales móviles sean desplazados, como puede ser en servicio móvil terrestre, marítimo y aeronáutico. Cada servicio se puede presentar por dos medios, terrenales o mediante satélites. Dichos sistemas de radiocomunicaciones móviles permiten el intercambio de información como voz, datos, video entre equipos terminales en movimiento sea dentro de vehículos o transportados por personas (teléfono celular) y terminales fijos como centros de control o teléfonos fijos.

En los sistemas móviles de comunicaciones, al igual que en todo sistema de telecomunicación, se transmite información de usuario o tráfico, además de una adicional que se denomina en general como señalización, la cual es necesaria para establecer, liberar y supervisar las llamadas, así como también para la protección de la información contra perturbaciones que puedan hallarse en el ambiente.

De acuerdo a lo descrito por (Hernando Rabanos, 2004) la superficie geográfica dentro de la cual los terminales pueden establecer comunicaciones con una estación fija y, eventualmente entre si se denomina zona de cobertura. En consecuencia, los sistemas de comunicaciones móviles se deben diseñar de forma tal que puedan realizarse los enlaces desde cualquier lugar de la zona de cobertura. Ello obliga a elegir cuidadosamente la ubicación de las estaciones fijas. Se denomina enlace descendente DL (DownLink) al sentido de comunicación de estación fija a terminal móvil. El enlace ascendente UL (UpLink) corresponde al sentido de comunicaciones de terminal móvil a estación fija.

### **2.1.1. Composición de un Sistema de Radiocomunicaciones Móviles**

Acorde con (Hernando Rabanos, 2004) todo los sistemas de radiocomunicaciones móviles constan de los siguientes elementos:

- Estaciones fijas (FS).
- Estaciones móviles (MS).
- Equipo de control.

#### **2.1.1.1. Estaciones Fijas**

Una estación fija es una estación radioeléctrica cuyo diseño no se hizo para que sea utilizada cuando se encuentre en movimiento; a su vez una estación fija se presenta en distintas categorías:

- ❖ **Estación de Base (BS):** Esta estación radioeléctrica fija, es controlada directamente desde una unidad de control que se sitúa en un punto específico, el cual puede ser local o remoto, mediante líneas telefónicas o radioenlaces. Su principal característica es que deben ser fuentes y destinatarias de tráfico y de señalización; se constituyen por equipos transceptores, sistemas radiantes y elementos de conexión entre unos y otros.

- ❖ **Estación de Control (CS):** Esta estación fija cumple con la función de conectar una estación de base con la red de telecomunicaciones fija, mediante un radioenlace punto a punto.
- ❖ **Estaciones Repetidoras (RS):** Este tipo de estaciones fijas se encargan de retransmitir las señales recibidas y de conectar estaciones base con estaciones móviles. Una estación repetidora suele ubicarse en lugares altos para conseguir una gran cobertura radioeléctrica. También se utilizan para el relleno de zonas de sombra en la cobertura de una estación base o para proporcionar cobertura en escenarios especiales de difícil acceso.

### ***2.1.1.2. Estaciones Móviles***

A diferencia de las estaciones fijas, las estaciones móviles son diseñadas para ser utilizadas en movimiento desde un vehículo en marcha o que efectúa paradas en puntos indeterminados. A estas estaciones móviles de un sistema de comunicaciones, también se los conoce como terminales, ya que son equipos portátiles que acompañan al usuario a donde él se traslade.

### ***2.1.1.3. Equipos de Control***

Son los dispositivos necesarios para el control y manejo de las estaciones de base, la generación y recepción de llamadas, localización e identificación de usuarios, de equipos y vehículos, transferencia de llamadas a red telefónica, señalización de canales, etc. Dentro de los equipos de control se incluyen a los terminales de datos (pantallas, impresoras), miniordenadores y controladores.

## **2.1.2. Cobertura Radioeléctrica en los Sistemas Móviles**

De acuerdo con (Hernando Rabanos, 2004), los sistemas móviles son de cobertura zonal, ya que proporcionan servicio en cualquier punto de la zona de cobertura; esto implica una multiplicidad de trayectos posibles con variadas situaciones de propagación. Dada la imposibilidad física y temporal de analizar todos y cada uno de los trayectos, el

estudio de la cobertura suele realizarse adoptando algunas simplificaciones, por ejemplo, trazando radiales desde la estación base a lo largo de diferentes direcciones hasta el límite de la zona de cobertura y efectuando un análisis detallado en esos radiales, como si se tratara de un sistema punto a punto. Suelen utilizarse en esos estudios 12 radiales separados 30° entre sí.

Los trayectos de propagación entre base y móviles resultan afectados de modo variable por el terreno, por lo que la pérdida de propagación tiene, de hecho, un carácter aleatorio, de forma que únicamente puede hablarse de cobertura en un sentido estadístico. Se utilizan dos grados de calidad estadística de cobertura: el llamado porcentaje de emplazamientos, que indica el tanto por ciento de lugares dentro de la zona de cobertura teórica en que cabe esperar que exista enlace radioeléctrico; y el porcentaje de tiempo, que expresa el tanto por ciento del tiempo en que se espera existirá el circuito.

El radio de cobertura de una estación de base tiene una estrecha dependencia con la altura media de la antena de dicha estación respecto al terreno circundante. Por este motivo, son muy buscados los lugares altos como montañas o terrazas de edificios elevados para la consecución de las coberturas necesarias en las redes de telecomunicaciones. De hecho, muchas veces se logra un mayor incremento del alcance aumentando la altura de la antena que elevando la potencia de transmisión.

## **2.2. SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES - GSM**

Según (GSMA , 2016), Global System For Mobile Communications, GSM, es una tecnología móvil celular de segunda generación (2G) que ha venido funcionando desde los inicios de la década de los 90s con la finalidad de prestar servicios de voz y datos de alta calidad, los cuales se conmutan en una amplia gama de bandas del espectro radioeléctrico, las cuales son 850, 900, 1800 y 1900 Mhz. En la tabla 1, proporcionada por la GSMA se muestran dichos rangos de frecuencias dentro de los cuales opera la tecnología GSM.

*Tabla 1. Distribución de las Bandas de Frecuencia para GSM.*

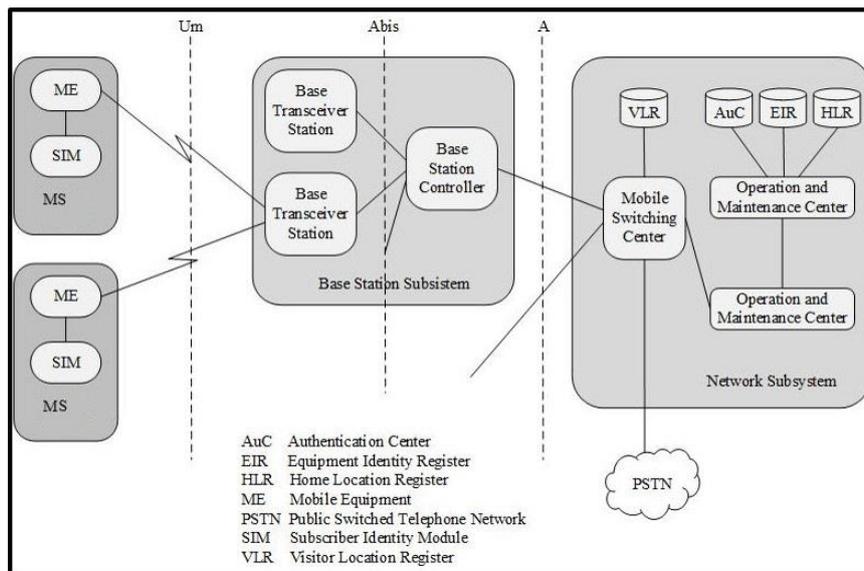
<b>Banda</b>	<b>Nombres</b>	<b>Canales</b>	<b>Uplink (MHz)</b>	<b>Downlink (MHz)</b>	<b>Notas</b>
<b>GSM 850</b>	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EEUU, Sudamérica y Asia
	P-GSM 900	1 - 124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
<b>GSM 900</b>	E-GSM 900	975 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900
	R-GSM 900	N/A	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	GSM ferroviario (GSM-R)
<b>GSM 1800</b>	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
<b>GSM 1900</b>	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM 1800 por solapamiento de bandas

**Fuente:** Tomada de (GSMA , 2016)

Según (Falcone, Huidrobo, & Millán, 2008), GSM define un sistema completo, incluyendo no sólo la interfaz de radio, sino también una arquitectura completa de red. Esto ha permitido que sobre el estándar GSM se hayan desarrollado y se sigan desarrollando multitud de nuevos servicios que ofrecen grandes posibilidades a la hora de utilizarlo. Además, los servicios están especificados de forma tal que, aunque los fabricantes tienen libertad en la manera de implementarlos, siempre deben cumplir unas normas muy estrictas en lo que se refiere al funcionamiento y operación de dichos servicios. Entre los servicios más típicos que ofrece GSM, aparte del de comunicación de voz, está el de mensajes cortos o SMS, la descarga de tonos y música, juegos, localización y el de navegación WAP.

### **2.2.1. Arquitectura del Sistema GSM**

De acuerdo con (Hernando Rabanos, 2004), cita de la cual se ha desplegado toda la arquitectura de esta tecnología, GSM basa su arquitectura en unidades funcionales e interfaces. Las primeras son entidades que tienen a su cargo la ejecución de las funciones del sistema. Las interfaces son las fronteras de separación entre las unidades. En la figura 1 se muestra la estructura de la arquitectura del sistema GSM.



**Figura 1.** Arquitectura GSM

**Fuente:** Redes Celulares (GSM, GPRS). dsi.fceia. Recuperado de <http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/RedesGSM.pdf>

### 2.2.1.1. Estación Móvil (MS)

Una estación móvil se divide en dos módulos:

- ❖ **ME (Mobile Equipment):** Es el equipo móvil terminal en sí. Está identificado por el IMEI que es un número de 15 dígitos que se puede obtener marcando \*#06# y es utilizado por el EIR, que es el registro de identificación del equipo.
- ❖ **SIM (Subscriber Identity Module):** Es el identificador de usuario. Contiene:
  - Identificador de usuario IMSI (Identidad de suscriptor móvil internacional).
  - Claves para criptografía.
  - Agenda de usuario.
  - Los mensajes de texto (SMSs) recibidos y guardados por el usuario.
  - Contraseña para restringir el uso del SIM.
  - MEs y SIMs son intercambiables.

### 2.2.1.2. Estación Base (BSS)

Una BSS controla la interfaz de radio y se divide en:

- ❖ **BTS (Base Transceiver Station):** Puede haber una o más por BSS, contiene los transmisores/receptores que sirven a una celda. Sus funciones son:

- Interface física entre ME y BSC.
  - Gestión de Diversidad de Antenas.
  - FH, Frequency Hopping (Salto de Frecuencia).
  - Control Dinámico de Potencia.
  - Gestión de algoritmos de Clave.
  - Monitorización de la conexión.
- ❖ **BSC (Base Station Controller):** Es la estación base controladora que gobierna los recursos radio para las BTS que se encuentran conectadas a ella. Sus funciones son:
- Gestión y configuración del canal radio: elección de la celda y canal.
  - Gestión de los handover.
  - Transcodificación de canales radio (8 o 16kpbs) a canales a 64kpbs.

### 2.2.1.3. *Subsistema de Red*

El Subsistema de Red (NSS, Network Subsystem) es quien permite que se establezca la interconexión entre la BSS con otras redes públicas como PSTN, ISDN, PSPDN, CSPDN, entre otras. Además, implementa las funciones de base de datos necesarias para: identificación de usuarios y terminales, localización de los terminales y conducción de llamadas, facturación, etc. El NSS está formado por los siguientes componentes:

- ❖ **MSC (Mobile Switching Center):** Es la central de comunicación móvil. Se encarga de asignar canales de voz a cada llamada y monitorea la llamada para la información de tarificación.
- ❖ **HLR (Home Location Register):** Es el registro local de abonados. Se trata de una base de datos que contiene información de los abonados registrados dentro de la zona de un MSC. Dicha información puede ser la posición geográfica, información administrativa, entre otros.
- ❖ **VLR (Visitor Location Register):** El registro de ubicación de visitante, es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales. Su función es recuperar los datos de un usuario nuevo del HLR de la zona de abonado del usuario; conservando dichos datos mientras el usuario está

dentro de la zona y se eliminan en cuanto abandona la zona o después de un periodo de inactividad prolongado.

- ❖ **AuC (Authentication Center):** El centro de autenticación se encarga de verificar las identidades de los usuarios.
- ❖ **EIR (Equipment Identity Register):** El registro de identificación del equipo, es una base de datos que contiene la lista de terminales móviles.
- ❖ **OMC (Operation and Maintenance Center):** Es el centro de operaciones y mantenimiento. Maneja los mensajes de error originados en la red, por lo tanto, tiene acceso tanto al Sistema de Conmutación (vía MSC) como al Sistema de Estaciones Base (vía BSC).

#### **2.2.1.4. Interfaz Aérea o Interfaz Radio**

Um es la interfaz que existe entre la MS y la BTS, siendo una de las interfaces más importantes en GSM. Está dividido en dos grupos de canales:

- ❖ **Canales de Tráfico (TCH):** Aquellos que transportan datos de usuario.
- ❖ **Canales de Control (CCH):** Son los que transportan información de administración y control.

##### **2.2.1.4.1. Canales de Tráfico (TCH)**

Los TCH (Traffic Channel) son los canales que se utilizan para el transporte de flujos de información de usuario y permiten comunicaciones con conmutación de circuitos mediante conexiones, en modo transparente o en modo dedicado a un servicio (por ejemplo, telefonía con voz digitalizada), así como comunicaciones con conmutación de paquetes entre terminales dotados de esta posibilidad de funcionamiento. Los TCH se clasifican, a su vez, según la velocidad digital neta que ofrecen como sigue:

- ❖ **Canal Bm**, o de velocidad total. Este canal es designado por el TCH/F (Full rate) con las siguientes características principales:
  - 13kbps para servicios de voz digitalizada.
  - 9.6kbps para servicios de datos.
- ❖ **Canal Lm**, o de velocidad media. Este canal es designado por el TCH/H (Half rate) con las siguientes características principales:

- 6.5kbps para servicios de voz digitalizada.
- 4.8kbps para servicios de datos.

#### 2.2.1.4.2. *Canales de Control (CCH)*

Los canales de control CCH (Control Channel) transportan información de señalización para todas las funciones propias de la red GSM, como son las de registro, localización, conmutación y gestión de la movilidad. Pueden sustentar también servicios especiales, como el de mensajes cortos. En la norma GSM se definen los siguientes canales de control:

- ❖ **RACH (Random Access Channel)**: el canal de acceso aleatorio, ascendente, es por el que se cursan a la red peticiones de comunicación de las MS no programadas de antemano, por ejemplo, para realizar un registro o para el establecimiento de una llamada; es decir, se encarga de la solicitud del MS de un canal dedicado. Se utiliza el protocolo “ALOHA ranurado”.
- ❖ **BCH (Broadcasting Control Channel)**: el canal de control de difusión, descendente, que está permanentemente activo. Difunde información general de la red GSM, de la célula que lo radia y de sus adyacentes (para orientación de la MS), parámetros de configuración del sistema y ráfagas de sincronización. Funcionalmente, se subdivide en:
  - **BCCH (Broadcast Common Control Channel)**, que proporciona información general sobre la estación base y configuración de otros canales de control.
  - **FCCH (Frequency Correction Channel)**, el canal de corrección de frecuencia, es por el que se envía una señal piloto para sincronización de la frecuencia de recepción y transmisión de la MS.
  - **SCCH (Synchronization Channel)**, el canal de sincronización es por donde se transmite información de sincronización e identificación de estaciones base.
- ❖ **PCH (Paging Channel)**: el canal de paging, descendente, es utilizado para alertar o avisar a la MS de las llamadas entrantes.
- ❖ **SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel)**: el canal de control dedicado independiente es bidireccional y se utiliza para el intercambio de

datos entre una MS concreta y la BTS, en el curso de establecimiento de la llamada y antes de que se asigne un TCH.

- ❖ **AGCH (Access Grant Channel):** el canal de acceso permitido es descendente y se emplea para la asignación de los TCH o los SDCCH a la MS que previamente solicitaron recursos.
- ❖ **SACCH (Slow Associated Control Channel):** el canal de control de asociado lento, es bidireccional y es el que sustenta la señalización recurrente asociada a la llamada.
- ❖ **FACCH (Fast Associated Control Channel):** El canal de control asociado rápido, es bidireccional y es por el que se cursa la señalización correspondiente a órdenes de ejecución inmediata como la realización de un traspaso.

### **2.3. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES - UMTS**

Universal Mobile Telecommunications System más conocido como UMTS, es una tecnología móvil celular de tercera generación (3G) que también se la conoce como W-CDMA, es la sucesora de las tecnologías de segunda generación como GSM, GPRS y EDGE. Esta tecnología basa su funcionamiento en el Protocolo de Internet (IP) brindando soporte a voz y datos en paquetes proporcionando la posibilidad de transferirlos en una llamada telefónica, así como la carga y descarga de programas o aplicaciones móviles, intercambio de email y mensajería instantánea; permitiendo alcanzar velocidades de conexión de hasta 2Mbps. (Asanza Quezada & Cisneros Paladines, 2009)

#### **2.3.1. Características de UMTS**

De acuerdo al criterio de (González , Ortíz, & Bonilla, 2013) la red UMTS presenta características importantes tales como:

- Transmisión simétrica / asimétrica de alta fiabilidad.
- Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- Soporte IP para acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, vídeo y audio en tiempo real.

- Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- Calidad de voz como en la red fija.
- Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.
- Itinerancia (roaming), incluido el internacional, entre diferentes operadores y tipos de redes.
- Ambientes de funcionamiento marítimo, terrestre y aeronáutico.
- Economías de escala y un estándar global y abierto que cubra las necesidades del mercado de masa.
- Provisión de un “ambiente local virtual” VHE: el usuario podrá recibir el mismo servicio independiente de su ubicación geográfica.

Así mismo como en GSM, existe una distribución de los rangos de frecuencia empleados por UMTS, dependiendo de las bandas y de los lugares donde estas se utilizan. En la tabla 2, se muestra la distribución de dichas bandas de frecuencia.

*Tabla 2. Bandas de Frecuencias para UMTS.*

<b>Banda de Operación</b>	<b>Nombres</b>	<b>Espectro Total</b>	<b>Uplink (MHz)</b>	<b>Downlink (MHz)</b>	<b>Notas</b>
<b>Band VII</b>	2600	2x70 MHz	2500 - 2570	2620 - 2690	Nueva Banda 3G
<b>Band I</b>	2100	2x60 MHz	1920 - 1980	2110 - 2170	Banda Principal WCDMA
<b>Band II</b>	1900	2x60 MHz	1850 - 1910	1930 - 1990	Banda PCS en USA y América
<b>Band IV</b>	1700/2100	2x45 MHz	1710 - 1755	2110 - 2155	Nueva Banda 3G en USA y América
<b>Band III</b>	1800	2x75 MHz	1710 - 1785	1805 - 1880	Europa, Asia y Brasil
<b>Band IX</b>	1700	2x35 MHz	1750 - 1785	1845 - 1880	Japón
<b>Band VIII</b>	900	2x35 MHz	880 - 915	925 - 960	Europa y Asia
<b>Band V</b>	850	2x25 MHz	824 - 849	869 - 894	USA, América y Asia
<b>Band VI</b>	800	2x10 MHz	830 - 840	875 - 885	Japón

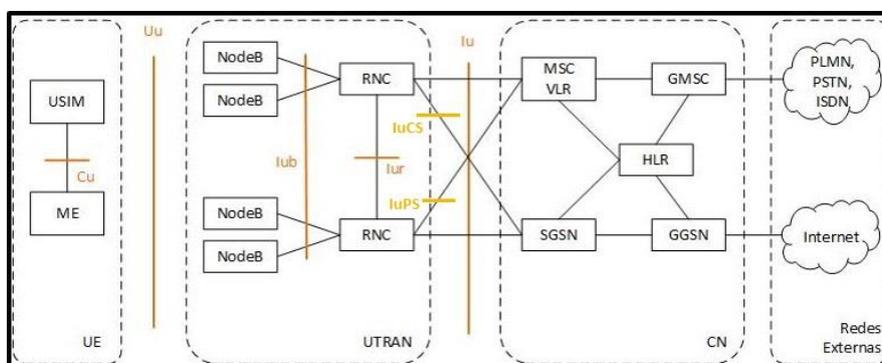
**Fuente:** Tomada de (Nicola, 2015)

Según (Millán Tejedor, 2000) el sistema UMTS integra todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, utilizando cualquier tipo de terminal, sea un teléfono fijo, inalámbrico o celular. La velocidad de transferencia de datos va desde los 144 Kbps en terminales sobre vehículos a gran velocidad (menos de

500 Km/h) y los 384 Kbps para usuarios con terminales en el extraradio de edificios o en vehículos a baja velocidad (menos de 120 Km/h), hasta los 2 Mbps para terminales en interiores de edificios o a muy baja velocidad (menos de 10 Km/h).

### 2.3.2. Arquitectura del Sistema UMTS

De acuerdo al criterio de (Tito Ovalle, 2015) la red UMTS se compone principalmente por dos grandes subredes, las cuales son la red de telecomunicaciones y la red de gestión; la primera se encarga de mantener la transmisión de información entre los extremos de una conexión, mientras que la segunda se encarga de proveer los medios para el cumplimiento de los parámetros que aseguren el correcto funcionamiento de la red, estos parámetros son: facturación y tarificación de abonados, registro y definición de perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de datos, operación de los elementos de la red, además de la detección y resolución de averías o anomalías, incluyendo la recuperación del funcionamiento después de periodos en los cuales los equipos hayan estado apagados o desconectados. En la figura 2 se muestra la estructura de la arquitectura del sistema UMTS.



**Figura 2.** Arquitectura UMTS

**Fuente:** UMTS ARCHITECTURE. slideshare.net. Recuperado de <http://es.slideshare.net/aetioval1/umts-49113982>

En la figura 2 se muestra la estructura de la arquitectura del sistema UMTS, posteriormente se indica el significado y función de cada uno de sus componentes.

#### 2.3.2.1. Terminal de Usuario (UE)

Conforme a lo descrito por (Tito Ovalle, 2015), y según se muestra en la figura 2, el terminal de usuario de una red 3G se denomina como (UE) y se divide en:

- ❖ **ME (Mobile Equipment):** Es el equipo móvil o equipo terminal de usuario. Establece su interfaz con el NodeB a través de Uu
- ❖ **USIM (UMTS - Subscriber Identity Module):** Es el módulo de identificación de usuario para UMTS, similar a la SIM de GSM. Contiene:
  - Tarjeta inteligente con datos de usuario.
  - Algoritmos de cifrado y autenticación.
  - Claves de seguridad.
  - Información de suscripción a servicios.

### ***2.3.2.2. Red de Acceso Radio Terrestre Universal (UTRAN)***

Según (López García, 2005), la red de acceso de radio terrestre universal, más conocida como UTRAN, se subdivide en subsistemas de Red Radioeléctrica o RNS (Radioelectric Network Subsystem). Estos RNS contienen sus elementos de radio (NodeB o BS) y el elemento de control radioeléctrico (RNC). Los RNC se interconectan mutuamente a través de la interfaz de red interna de acceso (Iur). Entre UE y UTRAN está la interfaz abierta Uu. En general UTRAN es quien maneja las comunicaciones entre el núcleo red y los dispositivos del usuario o terminales, además de encargarse de transmitir datos, generar la movilidad del dispositivo entre celdas, comunicarse con las antenas de telefonía celular y acceder a las redes telefónicas.

- ❖ **Radio Network Controller (RNC):** El controlador de la red de radio, se encarga de controlar uno o más NodeBs, es un área de cobertura de radio que consiste de una o más células controladas por un RNC. Un RNC puede ser conectado a un MSC mediante la interfaz IuCS o a un SGSN mediante la interfaz IuPS. Un RNC puede compararse a un BSC en redes GSM.
- ❖ **NodeB:** En la tecnología de UMTS El Nodo B viene a ser la BTS en la tecnología GSM, éste puede dar servicio a una o más células, sin embargo, las especificaciones hablan de una sólo célula por Nodo B. Dentro de sus funciones principales están:
  - Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.

- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.

“En el Nodo B se encuentra la capa física de la interfaz aérea, es por ella que además de las funciones que debe ejecutar por su naturaleza, debe realizar las funciones propias de la capa 1”. (Fajardo Patrón, 2004)

- ❖ **Interfaz Iu:** De acuerdo con (Fajardo Patrón, 2004), es la interfaz central que conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS (UTRAN), puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de paquetes.

### 2.3.2.3. *Núcleo de Red*

De acuerdo a lo descrito por (López García, 2005), el CN (Núcleo de Red) es la red central que se encarga de enviar información de un dispositivo a otro utilizando elementos llamados switches. Básicamente el CN permite que la red UMTS se conecte con otras redes de comunicaciones. Se divide en un dominio de servicios de conmutación de paquetes y un dominio de servicios de conmutación de circuitos, pudiendo funcionar cada dominio de forma individual o juntos a la par. Sus principales componentes son:

- ❖ **Mobile Switching Center (MSC):** El centro de conmutación móvil, es la pieza central en una red basada en conmutación de circuitos, es usado tanto por GSM como por UMTS. Constituye la interfaz entre el sistema de radio y la red fija, además ejecuta todas las funciones necesarias para el manejo de servicios de conmutación de circuitos hacia y desde la radio base. Sus funciones incluyen entre otras las siguientes:
  - Voceo o Paging.
  - Coordinación de llamadas.
  - Función de trabajo con otros tipos de redes.
  - Control de Handover.
  - Intercambio de señales entre diferentes interfaces.
  - Asignación de frecuencia.

- ❖ **Visitor Local Register (VLR):** El registro de ubicación de visitante contiene información acerca del roaming en esta área del MSC, es decir, información de todos los suscriptores activos en esta área, posee mucha de la misma información que el HLR, con la diferencia de que en el VLR el almacenamiento es temporal. El VLR en UMTS es el mismo que en GSM.
- ❖ **Home Location Register (HLR):** El registro local de abonados contiene los datos permanentes de registro de suscriptor o abonado. Hay dos tipos de información en un HLR, el registro de entrada permanente y el registro de entrada temporal.  

El registro de entrada permanente incluye los siguientes parámetros: identidad internacional de suscriptor (IMSI), el cual identifica al suscriptor; posibles restricciones de Roaming; clave de autenticación; parámetros de servicios suplementarios.

El registro de entrada temporal incluye los siguientes parámetros: identidad local de la estación móvil (LMSI); número de MSC; número de VLR.
- ❖ **Serving GPRS Support Node (SGSN):** Según (Fajardo Patrón, 2004), el nodo de soporte de GPRS es el elemento central en la conmutación de paquetes dentro de la red. Se conecta con UTRAN mediante la interfaz Iu-Ps. Contiene la siguiente información: información de suscripción; IMSI (International Mobile Identity); identificadores temporales; Dirección PDP; información de ubicación; la célula o el área en la que el móvil está registrado; número VLR.
- ❖ **Gateway MSC (GMSC):** Es un MSC que está localizado entre la PSTN y los otros MSCs en la red. Su función es rutear llamadas entrantes al apropiado MSC.
- ❖ **Gateway GPRS Support Node (GGSN):** El nodo de soporte de pasarela GPRS, es el Gateway entre el núcleo de la red principal y la red de paquetes, se encarga de convertir los paquetes provenientes del SGSN al formato apropiado como IP. (Romero Zevallos, 2009)

#### **2.3.2.4. Redes Externas**

Son las redes de comunicación que se encuentran en el exterior, las cuales se conectan con la red de UMTS mediante las interfaces y componentes de su arquitectura

previamente indicados, como se muestra en la figura 2. Los servicios que brinda la tecnología de UMTS se complementan al funcionamiento y servicios que dichas redes externas ofrecen, con el fin de brindar servicios de calidad al usuario.

## **2.4. LONG TERM EVOLUTION - LTE**

La Tecnología de Evolución a Largo Plazo conocida por sus siglas en inglés como LTE; es una tecnología cuyo desarrollo se hizo en respuesta a la creciente demanda de alta capacidad de ancho de banda en redes móviles inalámbricas, diseñada principalmente para brindar soporte al constante acceso de terminales móviles a internet. LTE también es una tecnología de radio acceso de cuarta generación o 4G, de alta capacidad, estandarizada por la 3GPP, que es el grupo de Proyecto Asociación de Tercera Generación; siendo así LTE una evolución de las redes HSPA. (Jaramillo, 2014)

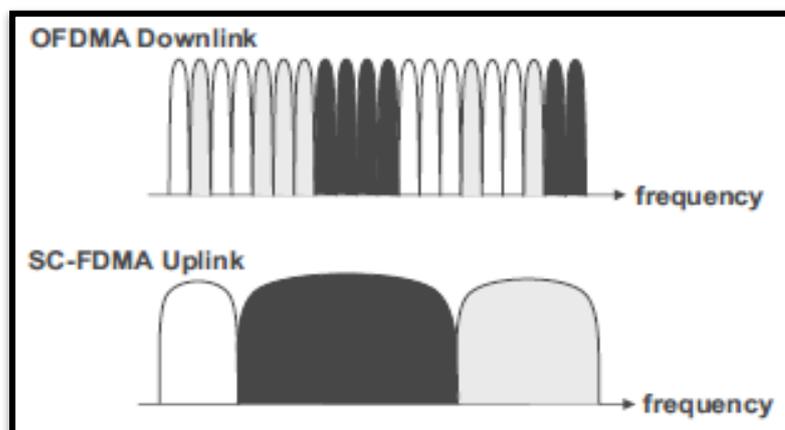
### **2.4.1. Descripción y Características de LTE**

Según (Jaramillo, 2014) Las soluciones para redes LTE están basadas en una arquitectura plana, de baja latencia y con una tecnología de radio de alta capacidad. Sus canales o portadoras de ancho de banda se encuentran en un rango desde 1.4MHz hasta 20MHz. Las bandas de frecuencia estándares en que se implementa esta tecnología incluyen las bandas: 700MHz, 850MHz, 1700MHz, 1800MHz, 1900MHz, 2100MHz, 2600MHz.

Dependiendo de la tecnología y el ancho de banda de la portadora LTE, el sistema permite el paso de un throughput de 150Mbps en downlink y de 50Mbps en uplink. LTE utiliza como método de acceso OFDM, es una tecnología de acceso basada en división de frecuencia en conjunto con sub portadoras ortogonales.

En la figura 3 se muestran las técnicas de acceso a emplearse para cada tipo de enlace. Para el enlace descendente (recepción de información) se emplea la técnica OFDMA que es la versión multiusuario de OFDM; y para el enlace ascendente (transmisión de información) se emplea la técnica SC-FDMA que es el acceso múltiple

por división de frecuencia de portadora única. Ambas técnicas se encuentran bajo el rango de frecuencia.



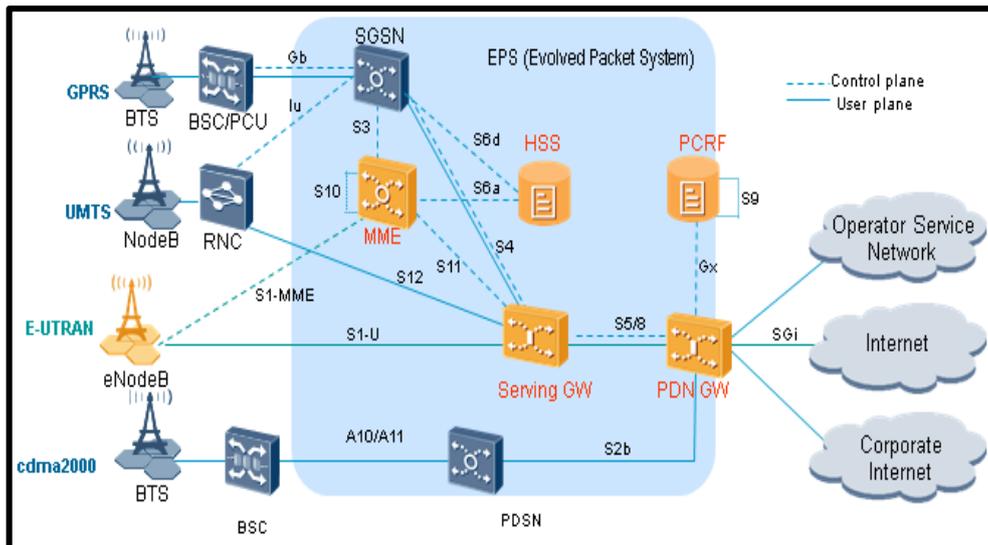
**Figura 3.** Dominio de la frecuencia de las tecnologías de acceso múltiple LTE.

Fuente: Recuperado de Stefania Sesia, Matthew Baker and Issam Toufik (2009). *LTE - the UMTS long term evolution: from theory to practice*. John Wiley & Sons Ltd.

### 2.4.2. Arquitectura de LTE

Según lo indicado por (Alvarez Paredes, 2014), la arquitectura de LTE se establece en el Release 8 de la 3GPP. Presenta una estructura plana, buscando que solo existan dos elementos de red en el manejo de la comunicación del plano de usuario.

LTE se diseñó únicamente con la finalidad de soportar los servicios de conmutación de paquetes. De ahí parte su objetivo fundamental que es ofrecer una plataforma basada totalmente en el protocolo IP, conectividad de calidad entre el equipo de usuario UE y la disponibilidad de la red de paquetes de datos PDN, sin que exista ningún tipo de interrupción de señal para los usuarios. En la figura 4 se muestra la arquitectura de LTE, donde se resaltan en color naranja los componentes específicos de LTE como son: E-UTRAN, MME, HSS, PCRF, Serving GW y PDN GW.



**Figura 4.** Arquitectura LTE

Fuente: LTE Architecture. Copyright © 2010 Huawei Technologies Co., Ltd.

#### 2.4.2.1. Núcleo de Red (EPC)

Conforme a lo indicado por (Jaramillo, 2014), el núcleo de red o red troncal, cuyas siglas en inglés son EPC, es la parte del sistema que se encarga de realizar el control de acceso a la red celular, autenticación de usuarios, gestión de movilidad de usuarios, mecanismos de interconexión con otras redes, así como también control de servicios de usuario final. En la figura 4 el EPC se representa por todos los componentes de color naranja a excepción de E-UTRAN. Sus principales nodos lógicos son:

- ❖ **Mobility Management Entity (MME):** La entidad de gestión de movilidad de la red LTE, es la encargada de gestionar el acceso de los terminales de usuario a través de la red de E-UTRAN, suministra las funcionalidades de plano de control sobre la red del EPC. Sus funciones son:
  - Autenticación de usuarios.
  - Generación de identidades temporales y asignación a UEs.
  - Manejo de señalización durante handovers.
  - Administración de data bearers.
- ❖ **Serving Gateway (S-GW):** Según lo descrito por (Alvarez Paredes, 2014) el servicio de puerta de enlace S-GW, es quien se encarga de organizar el tráfico

de paquetes en enlace descendente, ya que por su parte el eNodeB es responsable del tráfico de los paquetes en enlace ascendente.

Todos los paquetes IP de usuario se transfieren a través del S-GW, sirviendo, así como punto local de movilidad de los portadores de datos cuando el UE se mueve entre eNodeB.

- ❖ **Packet Data Network Gateway (PDN-GW):** De acuerdo con (Alvarez Paredes, 2014) el paquete de datos de puerta de enlace de red (PDN-GW), es el router de borde entre el núcleo de red y las redes de paquetes de datos externas como se observa en la figura 4; es decir funciona como una pasarela entre una red y otra.

PDN-GW se mantiene en las instalaciones del operador en una ubicación centralizada, en la cual cada usuario desde que se registra en la red LTE se le asigna como mínimo un PDN-WG. Su función principal es la asignación de la dirección IP al UE, el cual la utiliza para comunicarse con otros hosts IP en redes externas.

- ❖ **Policy Control and Charging Rules Function (PCRF):** Según (Alvarez Paredes, 2014), el PCRF se responsabiliza por las políticas y normas de la función de carga, ya que toma decisiones sobre cómo manejar los servicios en términos de calidad de los mismos, y proporciona control de políticas y de carga basado en decisiones de control de flujo de información provenientes del PDN-GW y en su caso también del S-GW.
- ❖ **Home Subscription Server (HSS):** (Alvarez Paredes, 2014) señala que el servidor de abonado HSS es el repositorio de datos de suscripción para todos los usuarios de la red pues registra la ubicación del usuario a nivel de nodo de control de la red visitada. Esencialmente la información almacenada en la HSS que podemos encontrar es: información relacionada con la ubicación de un usuario en la red, identificadores de servicio, información de seguridad y cifrado.

#### **2.4.2.2. Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRAN)**

Según (Alvarez Paredes, 2014), el acceso de radio terrestre universal evolucionado cuyas siglas en inglés son E-UTRAN, es la red de acceso en LTE, estando

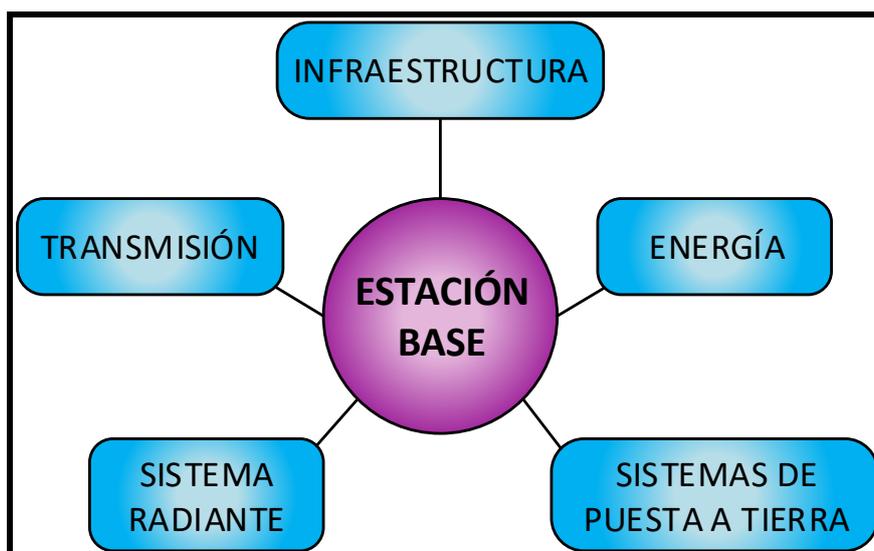
conformada únicamente por el Nodo B, el cual es una estación de radio base que está en control de todas las funciones de radio en la parte fija del sistema. Comúnmente los eNodeB se distribuyen a lo largo del área de cobertura de la red LTE, manteniéndose cerca de las antenas de radio.

En la arquitectura de red LTE, el eNodeB, trabaja como un puente entre UE y EPC, es decir entre el equipo de usuario y la red de núcleo, con el fin de transmitir los protocolos de radio hacia UE y mantener una conectividad totalmente IP hacia EPC, en este caso el eNode B realiza el cifrado/descifrado de los datos.

“A diferencia de la arquitectura de redes 2G y 3G, la capa de radio acceso E-UTRAN no contiene un elemento tipo RNC o BSC, sino que se conforma exclusivamente de una red de radio bases eNodeBs”. (Jaramillo, 2014)

## 2.5. COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN BASE

Una vez definida una estación base, es necesario conocer cuáles son sus componentes. La figura 5 muestra los componentes de una estación base a manera general, los cuales se describen a continuación:



*Figura 5. Componentes de una Estación Base*  
Fuente: Criterios del diseño.

### 2.5.1. Infraestructura

La infraestructura es el primer componente de una estación base, se refiere a toda la parte de obra civil que se encuentra dentro de la estación, la cual básicamente se compone de: tipos de estructuras, tipos de estaciones, escalerillas y pasamuros.

#### 2.5.1.1. Tipos de Estructuras

En el ámbito de las estaciones base de telefonía celular, la estructura es donde se encuentran instaladas las antenas. En el Ecuador se definen los siguientes tipos de estructuras para la instalación de las antenas en telefonía móvil celular: Torre, monopolo, torreta, mástiles y soportes.

- ❖ **Torre:** Son autoportadas, de secciones triangulares en donde cada tramo tiene una longitud de 6m. Es la estructura que mayor altura puede alcanzar; en el Ecuador se encuentran torres desde los 12m hasta aproximadamente los 102m de altura. En la figura 6 se muestra un ejemplo de una torre.



**Figura 6.** Torre Autoportada Triangular  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

- ❖ **Monopolo:** Son estructuras metálicas tubulares o poligonales de 6 u 8 caras con tramos cada 3m. Se instalan en lugares de espacio un poco reducido, generalmente son de color plateado y alcanzan alturas desde los 18m hasta los 30m. En la figura 7 se muestra un ejemplo de un monopolo.



*Figura 7. Monopolo de Ocho Caras*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

- ❖ **Torreta:** Es una estructura metálica triangular soportada por tensores generalmente de acero, por lo cual se le conoce también como torre arriostrada. Generalmente el diámetro de sus caras es de 30cm cada una, su altura puede ir desde los 9m hasta los 12m.  
Debido a que son estructuras que ocupan poco espacio, se instalan generalmente en terrazas de casas o edificios. En la figura 8 se muestra un ejemplo de una torreta.



**Figura 8.** Torreta de 9m de Altura  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

- ❖ **Mástiles:** Los mástiles son estructuras metálicas tubulares cuya altura varía desde los 1.5m hasta los 9m de altura de 4” y 6” de diámetro; los mástiles de 1.5m se utilizan para la instalación de equipos pequeños como RRUs, APMs u ODFs; mientras que los mástiles de 3m, 6m y 9m se utilizan para la instalación de antenas de telefonía celular o microondas.

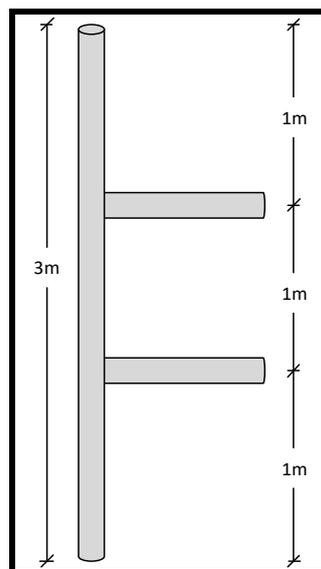
Se instalan principalmente en terrazas de casas y edificios, generalmente van cubiertos por mimetizaciones para mantener la estética de la fachada del edificio. En la figura 9 se muestran ejemplos de mástiles, uno sin mimetización y otro con mimetización.



**Figura 9.** Mástiles con sin mimetización (1) y con mimetización (2)  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

❖ **Soportes:** Son estructuras cilíndricas, las cuales sujetan a las antenas de telefonía celular y microondas mediante herrajes; a estos soportes también se los conoce con el nombre de polos y se instalan sobre las estructuras anteriormente mencionadas. Sus medidas generalmente son de 3m de altura con 2” de diámetro para antenas celulares y de 2m de altura con 4” de diámetro para antenas microondas, sus brazos pueden ser de 30cm o 40cm dependiendo de los requerimientos de instalación Existen comercialmente 3 tipos de soportes en el Ecuador: soportes simples, soportes tipo F y soportes H.

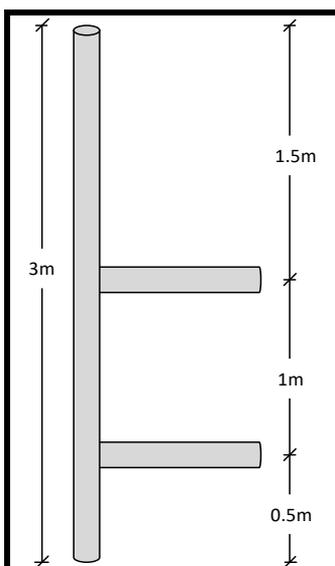
- **Soporte Simple:** Es de los soportes o polos más utilizados, sus medidas son de 3m de largo, 2” de diámetro con brazos de 30cm o 40cm. La figura 10 muestra un ejemplo de un soporte simple con sus respectivas medidas de separación entre brazos.



*Figura 10. Soporte Simple para Antenas de Telefonía Celular*

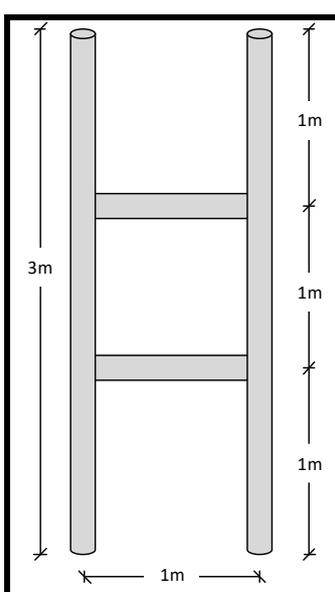
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

- **Soporte F:** Este tipo de soportes se suelen utilizar generalmente en fachadas, es decir cuando las antenas celulares se ubican en las paredes de los edificios. Sus medidas son de 3m de largo, 2” de diámetro con brazos de 30cm o 40cm. En la figura 11 se muestra un ejemplo de un soporte F con sus respectivas medidas de separación entre brazos.



**Figura 11.** Ejemplo Soporte F  
Fuente: SpeedTech Telecomunicaciones

- Soporte H:** El soporte tipo H al igual que el soporte simple, es también de los más utilizados, este polo puede sostener hasta dos antenas de telefonía celular, cuando las antenas son de tecnologías distintas se recomienda conservar una distancia de 1m entre ellas. Sus medidas son de 3m de largo, 2" de diámetro con brazos de 30cm o 40cm, su separación puede variar entre los 60cm hasta 1m; cuando las antenas son de tecnologías distintas se recomienda conservar una distancia de 1m entre ellas. En la figura 12 se muestra un ejemplo de un soporte H con sus respectivas medidas de separación entre brazos.



**Figura 12.** Ejemplo Soporte H con Separación de 1m  
Fuente: SpeedTech Telecomunicaciones

### 2.5.1.2. Tipos de Estaciones

En este componente de la infraestructura de una estación base, se define el tipo de estación de una manera general. Una estación base puede ser de dos tipos en forma general: outdoor o indoor.

- ❖ **Estacion tipo outdoor:** Una estación outdoor es aquella cuyos equipos se encuentran al aire libre cubiertos únicamente por casetas para su protección ante las exposiciones al sol y la lluvia. En la figura 13 se muestra un ejemplo de una estación tipo Outdoor.



*Figura 13. Ejemplo de una Estación Outdoor*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

- ❖ **Estacion tipo indoor:** Una estación indoor es aquella que posee un cuarto de equipos, dejando únicamente a la intemperie la estructura donde se ubican las antenas microondas y de telefonía celular, por lo cual, el cuarto de equipos necesita de aires acondicionados para regular su temperatura interna. En la figura 14 se muestra un ejemplo de una estación indoor.



**Figura 14.** Ejemplo de una Estación Indoor  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

### 2.5.1.3. Escalerillas

Como se puede observar en la figura 15, son escaleras metálicas que se utilizan para el paso de los cables de transmisión y energía de una forma ordenada.

Su medida longitudinal varía según la distancia que vayan a recorrer soportando los cables; su anchura depende de la cantidad de cables que vayan a soportar, para esto existen escalerillas de 20cm, 30cm y 40cm de ancho, siendo las escalerillas de 30cm las más utilizadas, seguidas por las de 20cm.

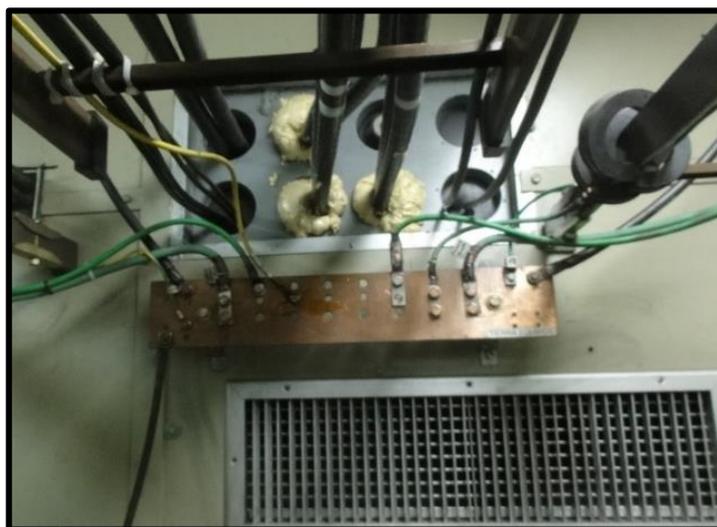
Las escalerillas reciben su nombre específico o tipo, según la forma de su ubicación. Estas pueden ser: horizontales, verticales, aéreas, adosadas a la pared, inclinadas.



**Figura 15.** Ejemplo escalerilla horizontal de 30cm  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

#### 2.5.1.4. Pasamuros

Los pasamuros o boquetes se encuentran únicamente en las estaciones tipo indoor, ya que son los agujeros que se realizan en las paredes del cuarto de equipos para la salida y entrada de los cables de transmisión y energía. La altura para su ubicación depende de la altura de la escalerilla que sostenga los cables hacia el ingreso al cuarto de equipos, por lo general esta altura es de 2m aproximadamente. En la figura 16 se muestra un ejemplo de pasamuros.



*Figura 16. Ejemplo pasamuros vista interna cuarto de equipos*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

#### 2.5.2. Energía

La energía es uno de los principales componentes de una estación base, pues es la parte que se encarga de alimentar con energía eléctrica a todos los equipos de una estación.

La energía que entra a la estación es tipo AC (corriente alterna), las estaciones que son grandes y retiradas de la zona urbana poseen su propio generador. Esta energía AC debe transformarse en energía tipo DC (corriente directa) para poder llegar a los equipos de transmisión y demás.

### 2.5.2.1. *Energía AC - TDE*

La energía AC llega al tablero de distribución eléctrica, más conocido como TDE. En el TDE se encuentra el breaker principal que es donde entran las fases del sistema de energía, además de los breakers de los implementos que utilizan energía AC como el breaker de los rectificadores o Power Plant, las luminarias, los aires acondicionados y las alarmas. Estos breakers son de tipo enchufables y es en este tablero donde se deben realizar las mediciones del voltaje entre fases y la corriente para determinar la capacidad general de la estación. En la figura 17 se muestra un ejemplo de un TDE.



*Figura 17. Ejemplo TDE abierto*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

### 2.5.2.2. *Sistema de Rectificación – Power Plant*

La rectificación es el medio por el cual se logra la conversión de energía AC en DC. En una estación base es de suma importancia tener un sistema de rectificación que logre la conversión AC – DC para la alimentación de los equipos de transmisión que se encuentran funcionando en la estación.

Al sistema de rectificación de una estación también se lo conoce con el nombre de Power Plant, estas son racks o gabinetes que contienen los rectificadores, que en algunos casos poseen un display o pantalla para la visualización de su medida de voltaje de trabajo y corriente que consume de acuerdo a la carga que alimenta, además posee los breakers en DC que son los encargados de alimentar los diferentes sistemas o equipos dentro de la estación. Existen varios tipos de Power Plants, con tamaños físicos y potencia de sus rectificadores diferentes. A continuación, se lista las Power Plants más utilizadas en el mercado:

- Power One
- Power Eltek
- Power Nuss
- Power Huawei
- Micro Power
- EPSs
- EPUA

En la figura 18 se muestra un ejemplo de una Power Plant tipo Power One, donde se puede observar los breakers y rectificadores que la componen:



**Figura 18. Ejemplo Power One**  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

### **2.5.2.3. Bancos de Baterías**

Los bancos de baterías son un sistema de respaldo de energía empleado en las estaciones base de telefonía móvil celular. Son un conjunto de baterías que se conectan entre sí de forma serial o paralela que proveen de energía a la estación cuando la fuente primaria de energía no funciona o no está disponible.

Generalmente los bancos de baterías se suelen ubicar en el mismo rack o gabinete que la Power Plant, también se pueden ubicar en su propio rack y cuando se trata de estaciones tipo indoor los bancos de baterías se encuentran en el cuarto de equipos.

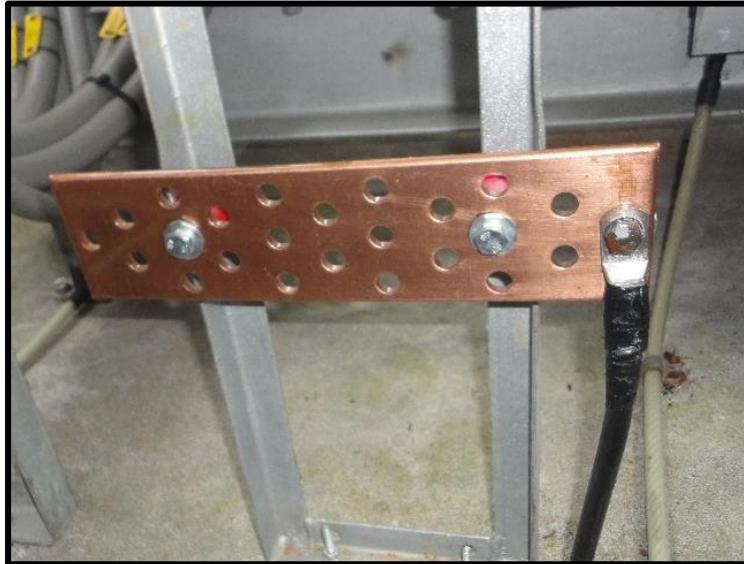
### **2.5.3. Sistemas de Puesta a Tierra**

Los sistemas de puesta a tierra son el principal mecanismo de protección para las instalaciones eléctricas. Es por donde se conduce desvíos de la corriente eléctrica eventuales hacia la tierra, protegiendo así a los equipos instalados y a las personas que estén en ese momento dentro de la estación.

En las estaciones base se utilizan dos tipos de sistemas de puesta a tierra, las barras de tierra que se distribuyen a lo largo de todo el espacio ocupado por la estación y el pararrayos.

#### **2.5.3.1. Barras de Tierra**

En las estaciones base se utilizan barras de cobre planas, de una longitud de 30cm de largo por 10cm de ancho aproximadamente. Estas barras de cobre tienen agujeros para el aterrizaje de los cables, usualmente se ubican sobre las escalerillas, detrás de las Power Plant y en las bases de los mástiles con equipos como RRUs y APM u ODF. En la figura 19 se muestra un ejemplo de una barra de tierra de cobre.



*Figura 19. Ejemplo Barra de Tierra de Cobre*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

#### **2.5.3.2. Pararrayos**

Toda estación debe tener su pararrayos, como mecanismo de protección ante fenómenos eléctricos que atrae rayos ionizados del aire y conduce su descarga hacia tierra para evitar daños en los equipos instalados. Un pararrayos generalmente consiste en un mástil metálico de acero inoxidable, cobre o aluminio con una cabeza en punta, multipuntas, esférica o semiesférica; se conecta a tierra a través de un cable de cobre, lo que se le conoce como bajante del pararrayos.

En las estaciones base con estructuras como torres, monopolos y torretas el pararrayos se ubica en el tope de dichas estructuras, mientras que en las estaciones con mástiles el pararrayos se ubica en su propio mástil de 6m de altura.

#### **2.5.4. Sistema Radiante**

En una estación base el sistema radiante se refiere a todo lo que inmiscuye a las antenas, tanto de microondas como de telefonía móvil celular. De manera general se realiza la medición del ángulo de azimut y la medición de las inclinaciones o tilts eléctricos y mecánicos.

### 2.5.4.1. Antenas

De acuerdo con lo expuesto por (Huidobro, 2013), las antenas son dispositivos especiales diseñadas para la recepción o emisión de señales radioeléctricas a través de un medio aéreo. Hay muchos tipos y variedades de antenas, que dependiendo de sus características constructivas pueden tener menor ganancia o potencia y mayor directividad o precisión, así como pueden soportar varias bandas y frecuencias de operación. En la figura 20 se muestra un ejemplo de las antenas generalmente utilizadas para telefonía celular.



*Figura 20. Antenas de Telecomunicaciones*

Fuente: gigahertz.es. Recuperado de: <http://www.gigahertz.es/blog/?id=3mi07450>

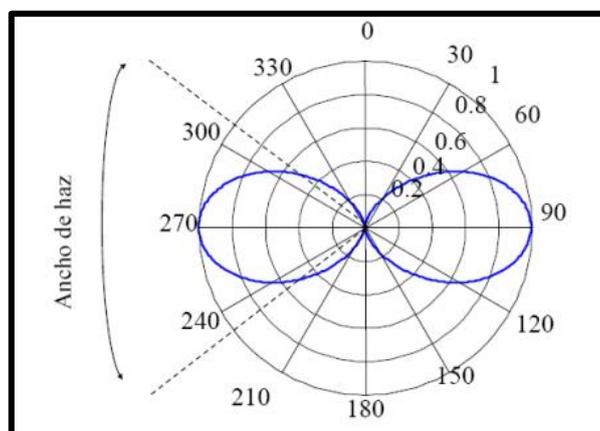
#### 2.5.4.1.1. Parámetros de una Antena

Según (Huidobro, 2013) las antenas se caracterizan por una serie de parámetros, entre los más comunes se encuentran la respuesta en frecuencia, la polarización, la ganancia, longitud y área efectiva, el peso, sus dimensiones, tipos de conectores, resistencia al viento, entre otras. Los parámetros más importantes a nivel eléctrico son:

- ❖ **Ancho de banda.** Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características, por lo tanto se mide en Hertz (Hz).
- ❖ **Directividad.** Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia R, y la potencia total

radiada dividida por el área de esfera de radio  $r$ . La ganancia de una antena es igual a la directividad multiplicada por la eficiencia.

- ❖ **Ganancia.** Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección del máximo a una distancia  $R$  y la potencia total entregada a la antena dividida por el área de una esfera de radio  $R$ . La relación entre la ganancia y la directividad es la eficiencia, la cual coincide con la relación entre la potencia total radiada y la potencia entregada por la antena.
- ❖ **Rendimiento en la Antena.** Se trata de la relación entre la potencia de radiación y la potencia total aplicada a la antena, en la cual se toma en cuenta también la potencia de pérdida.
- ❖ **Impedancia.** Una antena tiene dos tipos de impedancia, la impedancia característica ( $Z_0$ ) y la impedancia de entrada. La primera es un parámetro que depende de la relación longitud-diámetro del material del conductor y de la frecuencia de trabajo, mientras que la segunda es el parámetro circuital de la antena, que es la relación del voltaje de entrada a la corriente de entrada.
- ❖ **Anchura de Haz.** Es un parámetro de radiación que está ligado al diagrama de radiación. El ancho de haz se puede definir mediante dos formas: a  $-3\text{Db}$ , que es el intervalo angular en el que la densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima; y entre ceros, que es el intervalo angular del haz principal del diagrama de radiación, entre los dos ceros adyacentes al máximo. En la imagen 21 se muestra un ejemplo de ancho de haz de  $3\text{Db}$ .



**Figura 21.** Ancho de haz de  $3\text{dB}$

**Fuente:** ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES. Acta.es. Recuperado de:  
[http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/020001.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf)

- ❖ **Polarización.** La polarización electromagnética, en una determinada dirección, es la figura geométrica que traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica.

#### 2.5.4.2. *Ángulo de Azimut*

Es el ángulo que define la orientación de la antena, es decir, el azimut determina el punto exacto al cual debe apuntar el lóbulo frontal de radiación de la antena. El azimut se mide tomando como referencia base el norte geográfico en sentido horario, logrando valores que varían desde los 0° hasta los 360°.

El azimut de una antena se mide en el sitio utilizando la herramienta de medición conocida como brújula, la cual debe estar en buen estado sin verse afectada por la magnetización para obtener valores exactos. Esta medición debe realizarse en un punto que permita la visibilidad hacia la antena, procurando estar libre de cualquier obstáculo. Existen tres métodos conocidos para la medición del azimut:

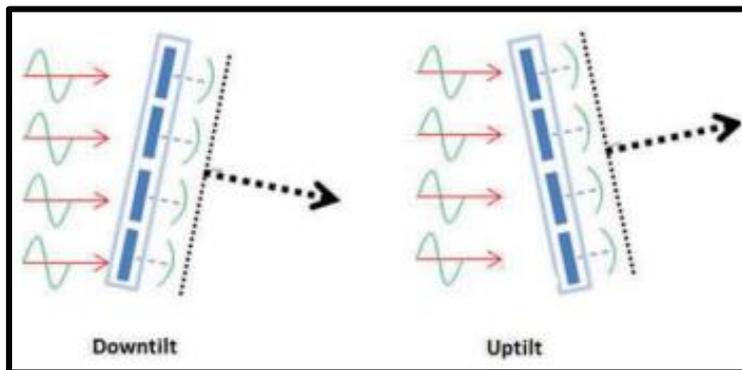
- ❖ **Método 1.** La persona que sostiene la brújula debe ubicarse frente con frente a la antena y sumar 180° al valor obtenido en la brújula.
- ❖ **Método 2.** La persona que sostiene la brújula se debe ubicar debajo de la antena de espaldas hacia ella, en este caso no se debe sumar nada al valor indicado en la brújula.
- ❖ **Método 3.** Se debe ubicar la brújula por lo menos dos metros sobre la antena con la misma dirección.

#### 2.5.4.3. *Inclinación Mecánica*

La inclinación mecánica de una antena, más conocida como Tilt Mecánico (Tm) es una inclinación física que puede determinarse por la posición de los herrajes que sostienen a la antena al soporte. Teóricamente el Tilt Mecánico es el ángulo de inclinación que se encarga de variar el patrón de cobertura de la antena, este valor se mide mediante una herramienta llamada inclinómetro.

El Tilt Mecánico se puede presentar en dos estados como se muestra en la figura 22, downtilt y uptilt:

- ❖ **Downtilt.** Es cuando la inclinación de la antena es hacia abajo, es decir su frente apunta hacia el suelo. Su valor es positivo.
- ❖ **Uptilt.** Es cuando la inclinación de la antena es hacia arriba, es decir su frente apunta hacia el cielo. Su valor es negativo.



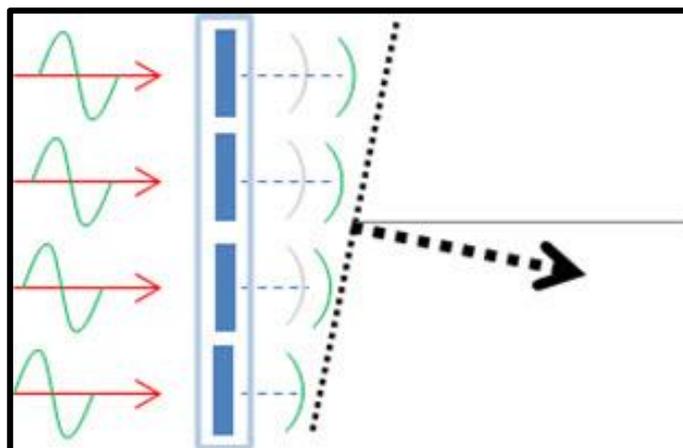
*Figura 22. Tilt Mecánico*

**Fuente:** CEDEÑO, E. F. (octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.

#### 2.5.4.4. *Inclinación Eléctrica*

Más conocida como Tilt Eléctrico (Te), es una inclinación no física, es decir que no se la puede distinguir a simple vista. Es una variación de la fase de la señal transmitida que se caracteriza principalmente por concentrar la energía transmitida hacia el centro de radiación de la antena.

El Tilt Eléctrico se mide mediante unas perillas ubicadas en la parte inferior de la antena, que varían entre valores de 0 a 8 dependiendo del modelo de la antena, por lo tanto, el Tilt Eléctrico tiene únicamente valores positivos. En la figura 21 se muestra la inclinación no física del tilt eléctrico.



**Figura 23.** Tilt Eléctrico

**Fuente:** CEDEÑO, E. F. (octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.

### 2.5.5. Transmisión

Uno de los principales componentes de una estación base es la transmisión, ya que aquí se define el tipo de transmisión a emplearse para cada tecnología instalada y el equipo de transmisión correspondiente.

#### 2.5.5.1. Tipos de Transmisión

En una estación base se pueden encontrar 3 tipos de transmisión, dependiendo de la antigüedad de esta. Las transmisiones más comunes encontradas en una estación base son: transmisión ATM, TDM e IP.

- ❖ **Transmisión ATM:** Es un tipo de transmisión por Modo de Transferencia Asíncrona, que permite la transferencia simultánea de datos y voz a través de la misma línea de transmisión, teniendo así un ancho de banda compartido o multiplexado. Es de los tipos de transmisión más antiguos y que menos se encuentran en una estación base actual.
- ❖ **Transmisión TDM:** Es una transmisión de Acceso Múltiple por División de Tiempo en la cual se comparte un canal de transmisión entre varios usuarios, asignándole a cada uno la totalidad del ancho de banda disponible mediante ranuras de tiempo. Este tipo de transmisión se desarrolla mediante la utilización

de E1 distribuidos en forma de tetrapacks. En la figura 24 se muestra un ejemplo de tetrapacks de E1.



*Figura 24. E1 Abiertos*

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

- ❖ **Transmisión IP:** Es de los tipos de transmisión más actuales que se encuentra instalado en las estaciones base que ya han sido modernizadas. Basa su funcionamiento empleando como medio de transmisión el cable Ethernet con conectores RJ45, lo cual permite que se logre una transmisión mediante conmutación de paquetes que permite que en las estaciones base se pueda dar una co-transmisión entre dos tecnologías móviles celulares por medio de un mismo puerto Ethernet o GigabitEthernet.

### 2.5.5.2. Equipos de Transmisión

En una estación base de forma general se pueden encontrar 5 equipos de transmisión diferentes, siendo estos los más comunes en el mercado a nivel nacional. En la tabla 3 se detalla los equipos de transmisión con sus principales características.

*Tabla 3. Equipos de Transmisión.*

Equipo	Tipo de Transmisión	Capacidad GSM	Capacidad UMTS	Capacidad LTE	Fabricante
Flexi Hopper	TDM	1 – 10Mbps	1 – 10Mbps	No Aplica	Nokia
SAR-M	TDM - IP	1 – 10Mbps	1 – 25Mbps	1 – 150Mbps	Alcatel-Lucent
SAR-8	TDM - IP	1 – 10Mbps	1 – 25Mbps	1 – 150Mbps	Alcatel-Lucent
RTN 620	TDM - IP	1 – 10Mbps	1 – 21.6Mbps	1 – 100Mbps	Huawei
RTN 950	TDM - IP	1 – 10Mbps	1 – 25Mbps	1 – 150Mbps	Huawei

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

## **CAPÍTULO III**

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2**

Para el estudio de la situación actual de la estación base SDOMINGO2, es necesario conocer primeramente sus características básicas y sus principales componentes.

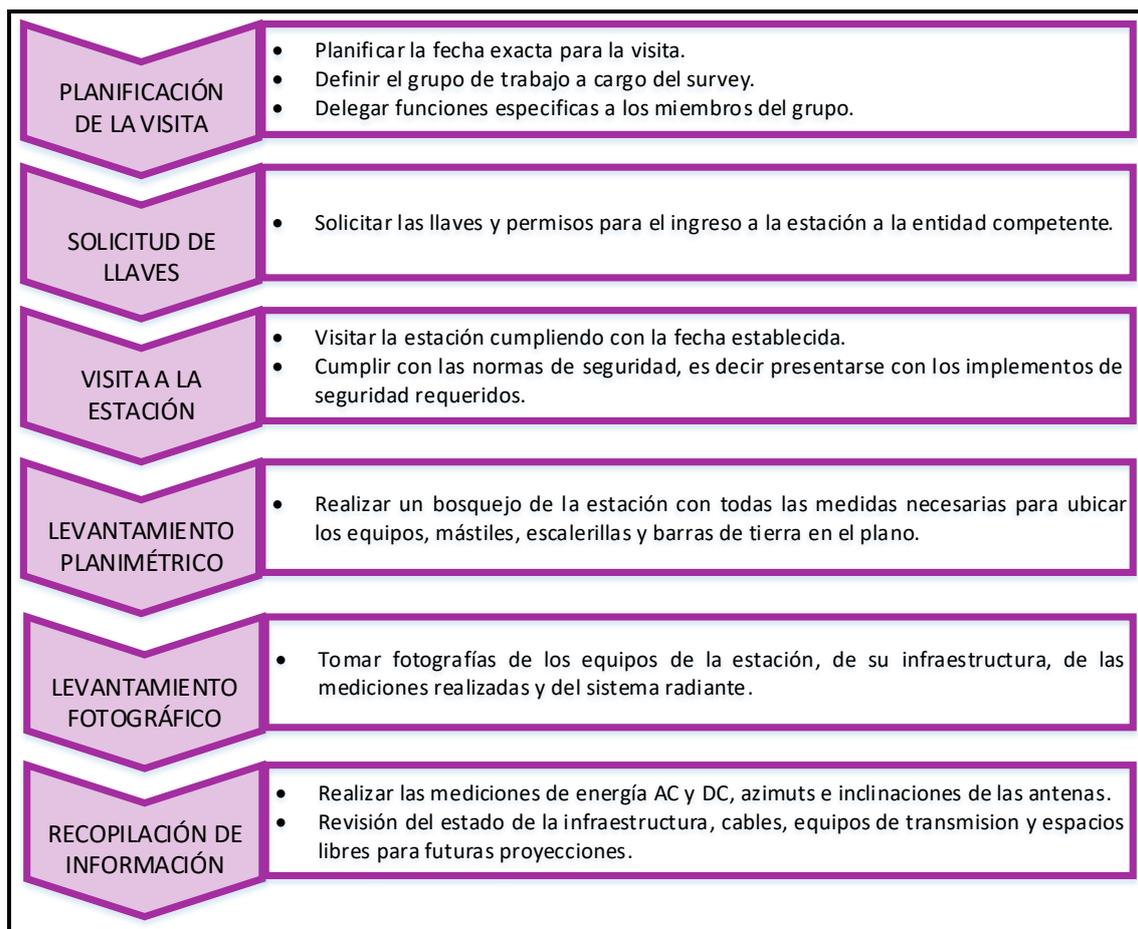
La estación base SDOMINGO2, es una estación fija diseñada para conectar dispositivos móviles a una red fija celular. Actualmente esta estación trabaja con las tecnologías 2G-GSM (850MHz y 1900MHz) y 3G-UMTS (850MHz); además de brindar comunicaciones vía microonda.

Dentro de lo que respecta a la estación posteriormente mencionada, en este capítulo, que corresponde a la Fase 1 del plan de modernización, se realizará el survey de la estación, que es la recopilación de la información de todo lo existente de forma fotográfica y con mediciones de datos según amerite el caso.

#### **3.1. PROCESO DE DESARROLLO DEL SURVEY PARA LA ESTACIÓN SDOMINGO2**

El survey no es más que la visita técnica a una estación para obtener respaldos de toda la información de los equipos y sistemas existentes. Este survey debe cumplir con un proceso de desarrollo específico para que no quede ningún pendiente en la estación.

El proceso del survey consta de 6 etapas como se muestra en la figura 25, que deben cumplirse a cabalidad manteniendo siempre los requerimientos de seguridad para el personal.



*Figura 25. Proceso del Survey para la estación SDOMINGO2*

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.2. ACCESO A LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2

Es necesario determinar de manera específica la ubicación geográfica de la estación y el ingreso a ella, tomando en cuenta el estado de las vías de acceso y las dificultades que puedan encontrarse para el ingreso de equipos y personal.

#### 3.2.1. Ubicación

La estación SDOMINGO2 se encuentra ubicada en la ciudad de Santo Domingo, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas perteneciente a la región Sierra del Ecuador. Su dirección exacta es: Av. Quevedo S/N y Abraham Calazacon (Junto al Parque de la Madre).

Dentro de los datos que deben ser obtenidos mediante el survey se encuentra las coordenadas geográficas de la estación, las cuales se obtienen mediante la utilización del equipo GPS. Estas coordenadas se miden en el sistema WGS84, el cual nos permite

localizar cualquier punto de la Tierra en base a tres unidades que son los grados, minutos y segundos, midiendo la latitud y la longitud de dicho punto. Además de las coordenadas geográficas, el equipo GPS también mide la altura del sitio con respecto al nivel del mar.

En la figura 26 se muestra la fotografía del GPS con las coordenadas medidas del sitio SDOMINGO2.



**Figura 26.** *Coordenadas Geográficas SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

Para obtener las coordenadas geográficas de la estación se debe ubicar el GPS lo más cercano a la estructura, en este caso el GPS se colocó en el centro de la base de la torre. Las coordenadas que se obtuvieron son:  $0^{\circ} 15' 28.7''$  en latitud;  $79^{\circ} 10' 49.1''$  en longitud; y una altura sobre el nivel del mar de 512msnm.

### 3.2.2. Acceso

Para la realización del survey es importante definir el acceso específico a la estación, es decir, se debe determinar la dirección exacta del sitio, el tipo y estado de la vía de acceso hacia él, además de un respaldo fotográfico de las obstrucciones físicas que se pueden encontrar en el lugar donde está ubicada la estación. Estas obstrucciones pueden ser: gradas, pasillos angostos, puertas de difícil acceso en cuestión de llaves, entre otros. En la figura 27 se muestra una vista general de la estación SDOMINGO2, en la cual se puede observar las calles principales y la puerta de acceso al sitio marcada con color rojo.



**Figura 27.** Acceso a la Estación SDOMINGO2  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

Los datos definidos con respecto al acceso a la estación mediante el desarrollo del survey son los siguientes:

- Dirección: Av. Quevedo S/N y Abraham Calazacon (Junto al Parque de la Madre).
- Zona de ubicación: Urbana.
- Tipo de vía de acceso: Pavimento.
- Estado de la vía: Buena.
- Tipo de transporte: Vehículo normal.
- Permisos especiales: No.

### **3.3. INFRAESTRUCTURA SDOMINGO2**

Dentro de la parte de infraestructura de la estación SDOMINGO2 se debe realizar el levantamiento de información en lo que respecta a:

- Tipo de estructura con sus principales medidas.
- Tipo de estación.
- Escalerillas.
- Pasamuros.

### 3.3.1. Tipo de Estructura SDOMINGO2

La estación SDOMINGO2 posee una torre como estructura, en la cual están instaladas las antenas de microondas y de telefonía móvil celular. Esta estructura se encuentra instalada sobre la terraza de un edificio de 9m de altura. En la figura 28 se muestra la torre de la estación.



*Figura 28. Estructura Estación SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

En la tabla 4 se muestran los datos obtenidos mediante la medición de las estructuras empleando la cinta métrica.

*Tabla 4. Datos Estructura SDOMINGO2.*

<b>Parámetros a medir</b>	<b>Valor</b>
<b>Altura torre</b>	21m
<b>Altura edificio</b>	9m
<b>Altura total estructura</b>	30m
<b>Altura canastilla</b>	1.5m

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.3.1.1. Tipos de Soportes SDOMINGO2

En la estructura de SDOMINGO2 para la instalación de las antenas existentes se encontraron dos tipos de soportes:

- Soportes simples de 3m x 2" con brazos de 0.30m.
- Soportes H de 3m x 2" con brazos de 0.30m y separación de 0.70m.
- Soportes simples de 2m x 3" con brazos de 0.30m para antenas microondas.

### 3.3.2. Tipo de Estación SDOMINGO2

SDOMINGO2 es una estación indoor, ya que posee un cuarto de equipos en el cual se encuentran los racks de rectificación y transmisión, al igual que las RRUs, BBU y baterías. En la figura 29 se muestra una imagen de la vista exterior del cuarto de equipos.



*Figura 29. Cuarto de Equipos SDOMINGO2 Vista Exterior*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

### 3.3.3. Escalerillas SDOMINGO2

En el survey se debe determinar la disponibilidad de las escalerillas existentes, es decir se debe ver si están ocupadas en su totalidad o si quedan espacios libres para el paso de futuros cables.

En la estación SDOMINGO2 se encontraron escalerillas de 30cm de ancho instaladas sobre la torre, hasta conectarse con el cuarto de equipos, las cuales se encuentran copadas, sin espacio para cables futuros.

Dentro del cuarto de equipos se encuentran escalerillas de 30cm de ancho las cuales no están copadas en su totalidad, dejando espacio para futuros cables a instalarse.

### 3.3.4. Pasamuros SDOMINGO2

El cuarto de equipos de la estación posee un pasamuros a una altura de 2m para el paso de los cables que conectan los equipos del cuarto con las antenas en la torre. El pasamuros existente se encuentra copado sin espacios disponibles para futuros cables. En la figura 30 se muestra la fotografía del pasamuros de la estación visto desde el interior del cuarto de equipos.



*Figura 30. Pasamuros SDOMINGO2 Vista Interior*

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

## 3.4. ENERGÍA SDOMINGO2

En la parte de energía, se debe analizar el estado del tablero de energía AC y el sistema de rectificación, tomando lectura de los valores de voltaje y corriente del display de la Power Plant.

### 3.4.1. TDE SDOMINGO2

En la estación SDOMINGO2 se cuenta con un tablero de distribución de energía de tipo nicho con un breaker principal de dos polos de 70amp. En la figura 31 se muestra la fotografía del TDE de la estación abierto.



*Figura 31. TDE Abierto SDOMINGO2*  
Fuente: SpeedTech Telecomunicaciones.

Los breakers instalados en el TDE son breakers enchufables, los cuales se distribuyen como se muestra en la tabla 5.

*Tabla 5. Distribución de Breakers del TDE.*

Nombre	Capacidad	Fases	Estado
<b>Iluminación Shelter</b>	15Amp	Monofásico	ON
<b>Toma 110v</b>	20Amp	Monofásico	ON
<b>A/A #1</b>	30Amp	Bifásico	ON
<b>A/A #2</b>	30Amp	Bifásico	ON
<b>Power Eltek</b>	70Amp	Bifásico	ON
<b>Rect - 2</b>	30Amp	Bifásico	OFF
<b>Rect - 4</b>	30Amp	Bifásico	OFF
<b>Baliza</b>	10Amp	Monofásico	ON
<b>Iluminación Interior</b>	20Amp	Monofásico	ON
<b>Iluminación Torre</b>	20Amp	Bifásico	OFF
<b>Rect - 5</b>	30Amp	Bifásico	OFF

<b>Rect – 6</b>	30Amp	Bifásico	OFF
<b>Rect – 7</b>	30Amp	Bifásico	OFF
<b>Rect - 8</b>	30Amp	Bifásico	OFF
<b>Alarma</b>	20Amp	Monofásico	ON

**Fuente:** Criterios del diseño.

Mediante la utilización de un multímetro en AC, se deben realizar las medidas necesarias tanto de voltaje como de corriente. En la tabla 6 se muestran las medidas obtenidas en el TDE de la estación.

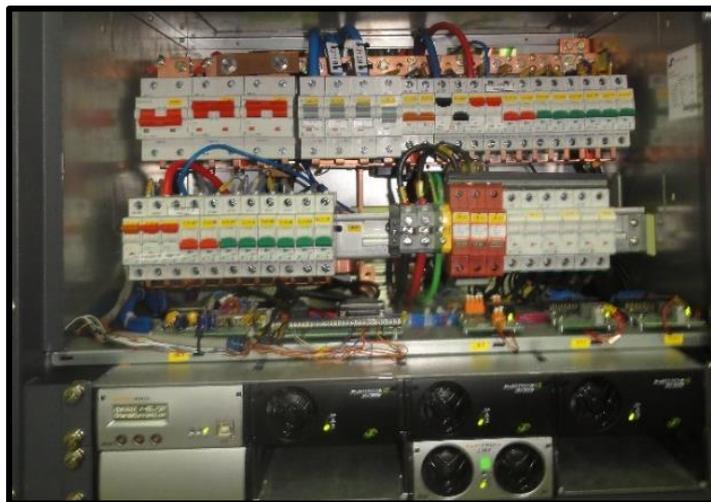
**Tabla 6.** Mediciones en AC del TDE

Parámetro	Valor	Fotografía	Descripción
<b>Voltaje entre fases</b>	232v		En la fotografía se muestra la medición con el multímetro del voltaje entre fases (fase 1 y fase2) de entrada.
<b>Consumo F1</b>	17.73A		La fotografía muestra el consumo de corriente de la fase 1 (primera fase que ingresa al TDE desde la acometida de la estación).
<b>Consumo F2</b>	18.70A		La fotografía muestra el consumo de corriente de la fase 2 (primera fase que ingresa al TDE desde la acometida de la estación).

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.4.2. Sistema de Rectificación SDOMINGO2

Como sistema de rectificación la estación SDOMINGO2 posee una Power Plant tipo y marca Eltek compuesta por 4 rectificadores en operación. Se encuentra ubicada en un rack dentro del cuarto de equipos. En la figura 32 se muestra una fotografía de la Power Eltek de la estación.



**Figura 32.** Power Plant SDOMINGO2  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

En la Power Plant se toma los valores de voltaje y corriente de carga en DC que se mira en el display de la Power, además se mira la distribución de los breakers tomando en cuenta los breakers y espacios disponibles para futuras instalaciones. En la tabla 7 se muestra los valores arrojados por el display de la Power Plant y en la tabla 8 la distribución de los breakers instalados.

**Tabla 7.** Mediciones en DC de la Power Plant.

Parámetro	Valor	Fotografía	Descripción
Voltaje de salida	-53.88v		En la fotografía se muestra el display de la Power Elteck con los valores en DC del voltaje de salida del sistema de rectificación y de la corriente de carga soportado por el mismo sistema.
Corriente de carga	82A		

**Fuente:** Criterios del diseño

**Tabla 8.** Distribución de Breakers de la Power Plant.

Disponibilidad	Capacidad	Cantidad	Numero de Polos
USADOS	10A	4	1
	40A	1	1
	50A	3	2
	80A	3	1
	125A	3	2

<b>DISPONIBLES</b>	10A	4	1
	12A	12	1
	40A	1	1
	63A	3	1
	80A	1	1

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.4.3. Bancos de Baterías SDOMINGO2

Los bancos de baterías se encuentran instalados dentro del cuarto de equipos. Existen dos bancos de baterías de 12 baterías por banco, cuya marca es ABSOLYTE. Dichas baterías se encuentran conectadas en serie. En la figura 33 se muestra los bancos de baterías de la estación.



*Figura 33. Power Plant SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

## 3.5. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA SDOMINGO2

En la estación SDOMINGO2 se encontraron dos mecanismos de protección a tierra para sus equipos, estos son las barras de tierra y el pararrayos.

### 3.5.1. Barras de Tierra SDOMINGO2

En la estación se encontraron un total de 12 barras de tierra instaladas a lo largo de todo el sitio, de las cuales 6 están ubicadas a lo largo de la torre sobre las escalerillas

de cables, 1 debajo del pasamuros en la parte externa del cuarto de equipos y 5 dentro del cuarto de quipos sobre las escalerillas de cables.

Las barras de tierra que se encuentran en la torre están copadas, por lo que para futuras instalaciones de equipos es necesario la proyección de nuevas barras de tierra, mientras que las que se encuentran dentro del cuarto de quipos no están llenas en su totalidad.

### 3.5.2. Pararrayos SDOMINGO2

El pararrayos de la estación está ubicado en la canastilla de la torre en su propio mástil. Tiene una cabeza multipuntas cuya bajante se encuentra en buen estado. En la imagen 34 se muestra una fotografía del pararrayos de la estación.



**Figura 34.** Pararrayos SDOMINGO2  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

Este pararrayos fue instalado con el propósito de proteger a todos los equipos eléctricos de la estación SDOMINGO2 conduciendo la descarga de un rayo hacia tierra, por tal motivo se ubica en la parte más alta de la estructura, formando un cono imaginario de protección de aproximadamente 71°, por requerimiento estricto del cliente.

### 3.6. SISTEMA RADIANTE SDOMINGO2

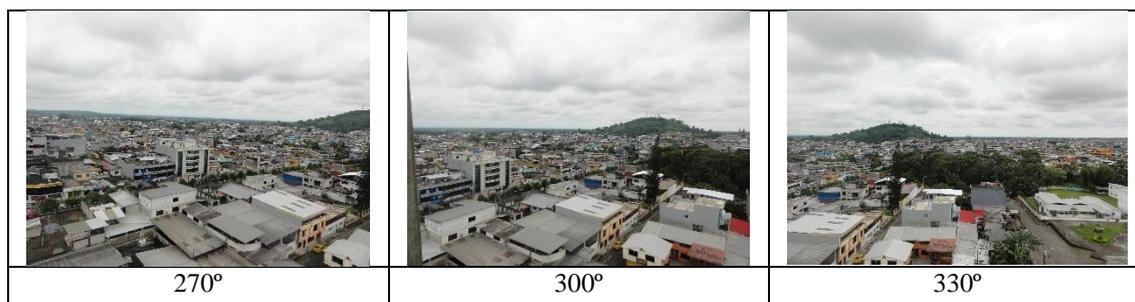
La estación base SDOMINGO2 actualmente trabaja sobre dos tecnologías: GSM y UMTS; además de las antenas de microonda. Tomando en cuenta ambas tecnologías en la estación se encuentra un total de 8 antenas celulares y 2 antenas microondas.

#### 3.6.1. Fotografías Panorámicas del Sistema Radiante

Las fotografías panorámicas son aquellas que se toman en intervalos de 30° empezando por 0° hasta 330°, dando un total de 12 fotografías. Estas fotos deben tomarse desde lo más alto de la estructura, en este caso, desde la canastilla de la torre. Con las fotos panorámicas se ven si alrededor de la estación existen obstrucciones a las líneas de vista para futuras implementaciones. En la tabla 9 se muestran las fotografías panorámicas de la estación.

*Tabla 9. Fotografías Panorámicas SDOMINGO2*

		
0°	30°	60°
		
90°	120°	150°
		
180°	210°	240°



**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

### 3.6.2. Sectorización en la Estación Base

En una estación base generalmente se trabaja bajo 3 sectores para cada tecnología, sea GSM, UMTS o LTE. Según la empresa de telecomunicaciones mexicana IUSACELL, cada sector se define en un rango de ángulos, en el cual se divide los 360° de una circunferencia en porciones de 120° cada una, aunque en la práctica estos rangos varían mucho, ya que la sectorización depende más de los criterios del operador móvil de la estación, muchas veces en las estaciones ya instaladas se ha encontrado que el sector X posee un ángulo fuera del rango determinado por IUSACELL. Existe un color representativo para cada sector, en la tabla 10 se muestra el rango delimitado para cada sector y su color representativo.

**Tabla 10.** Sectorización de una Estación Base

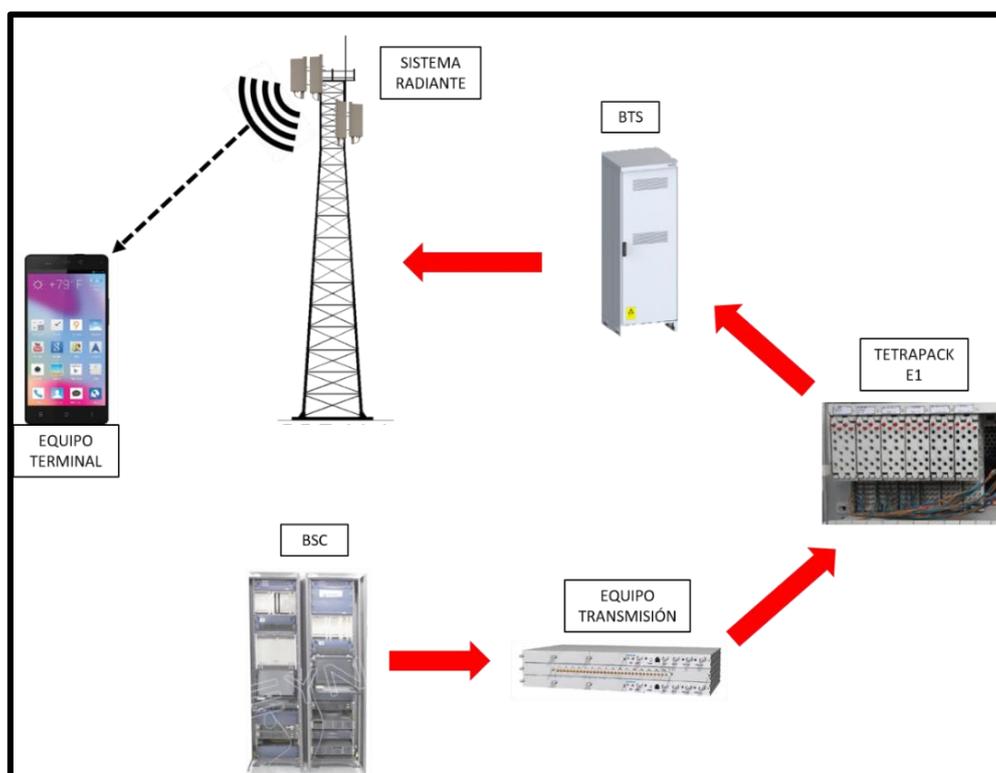
Sector	Rango de Ángulos	Color de Etiqueta
X	De 330° a 89°	Blanco 
Y	De 90° a 209°	Rojo 
Z	De 210° a 329°	Azul 

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3. Tecnología 2G – GSM en la Estación SDOMINGO2

En la estación la tecnología GSM, en lo que respecta al sistema radiante, tiene 3 sectores: X, Y, Z; en el cual el sector Z tiene su expansión, por lo tanto, para GSM se

tienen 4 antenas celulares, las cuales se conectan a la BTS FLEXI y a la BTS ULTRA, para luego conectarse a su respectivo equipo de transmisión. En la figura 35 se muestra la arquitectura de la red GSM en la estación SDOMINGO2.



**Figura 35.** Arquitectura de la red GSM en SDOMINGO2

**Fuente:** Criterios del diseño.

La estación base SDOMINGO2 para la tecnología GSM, obtiene la señal de transmisión desde la BSC de la zona, cuyo funcionamiento en este caso es transparente para este proyecto; del equipo de transmisión la señal viaja hasta los tetrapacks donde se encuentran los E1 para 850MHz y 1900MHz; la señal de GSM pasa de los E1 a la BTS Flexi o Ultra donde se encuentran los TRX físicos de la estación; mediante feeder o jumper se conectan a las antenas con la BTS para que posteriormente de las antenas se distribuya la señal de GSM a los equipos móviles de los usuarios.

En lo que respecta al sistema radiante de GSM se deben obtener datos y respaldos fotográficos de los siguientes parámetros de cada sector: altura de la antena, banda de frecuencia, azimut, zona de cobertura, tilt eléctrico, tilt mecánico, modelo de antenas.

### 3.6.3.1. *Altura de las Antenas GSM*

Para medir la altura de una antena se debe emplear una herramienta de medición como la cinta métrica, se mide desde el centro de la antena hasta el piso, en caso de que la estructura se encuentre instalada en la terraza de un edificio como la estación SDOMINGO2, se debe sumar al valor obtenido en la cinta la altura del edificio. En la tabla 11 se muestra la altura de las antenas de GSM.

*Tabla 11. Altura de Antenas GSM.*

Sector	Altura
X GSM	28m
Y GSM	28m
Z GSM	28m
Z EXP. GSM	28m

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3.2. *Banda de Frecuencia GSM*

Para GSM en el Ecuador se encuentran habilitadas dos bandas de frecuencia, la de 850MHz y la de 1900MHz.

Al momento de realizar el survey en una estación se debe mirar en la parte inferior de la antena las etiquetas de los cables; si la etiqueta tiene el número 41xx se trata de la banda de 850MHz, y si la etiqueta tiene el número 42xx se trata de la banda de 1900MHz. En la tabla 12 se muestran los sectores de GSM con sus respectivas bandas de frecuencia.

*Tabla 12. Banda de Frecuencia GSM.*

Sector	Banda (MHz)	Fotografía	Descripción
X GSM	850 y 1900		La fotografía muestra las etiquetas de color blanco correspondientes al sector X, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en las bandas de 850 y 1900MHz.

<b>Y GSM</b>	850 y 1900		La fotografía muestra las etiquetas de color rojo correspondientes al sector Y, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en las bandas de 850 y 1900MHz.
<b>Z GSM</b>	850 y 1900		La fotografía muestra las etiquetas de color azul correspondientes al sector Z, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en las bandas de 850 y 1900MHz.
<b>Z EXP. GSM</b>	1900		La fotografía muestra las etiquetas de color azul correspondientes a la expansión del sector Z, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja solo en la banda de 1900MHz.

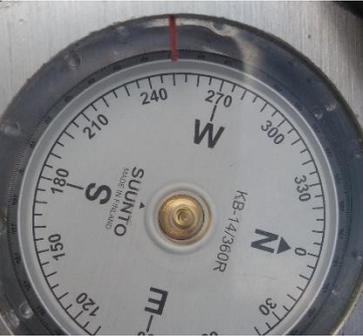
**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3.3. Azimuts GSM

Los ángulos de Azimut para los sectores de GSM en la estación SDOMINGO2 fueron medidos mediante una brújula empleando el Metodo 2 para la medición de dicho ángulo. En la tabla 13 se muestran los sectores de GSM con sus respectivos Azimuts.

**Tabla 13.** Azimuts GSM.

Sector	Azimut	Fotografía	Descripción
<b>X GSM</b>	340°		Fotografía de la medición del azimut del sector X GSM utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 340°.

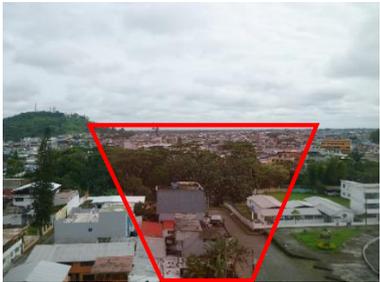
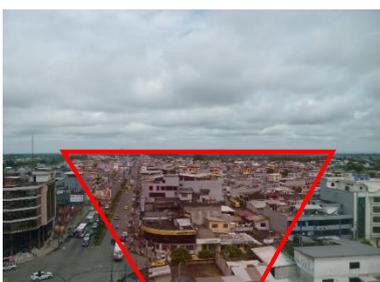
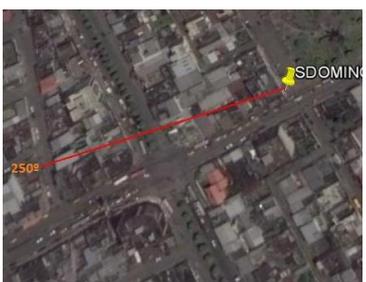
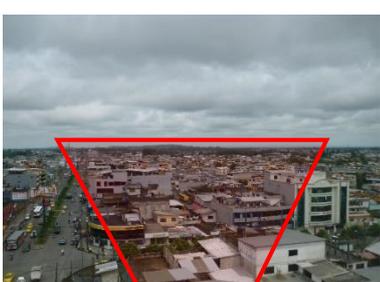
<p><b>Y GSM</b>                      105°</p>		<p>Fotografía de la medición del azimut del sector Y GSM utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 105°.</p>
<p><b>Z GSM</b>                      250°</p>		<p>Fotografía de la medición del azimut del sector Z GSM utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 250°.</p>
<p><b>Z EXP. GSM</b>                      250°</p>		<p>Fotografía de la medición del azimut de la expansión del sector Z utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 250°.</p>

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 3.6.3.4. Zonas de Cobertura GSM

La zona de cobertura es la vista panorámica capturada en fotografía del lugar hacia donde apunta el lóbulo frontal de la antena, es decir la zona cubierta por la dirección del ángulo de azimut de la antena. En la tabla 14 se muestran las zonas de cobertura de cada sector.

**Tabla 14. Zonas de Cobertura GSM.**

Sector	Fotografía Zona de Cobertura	Comprobación con Google Earth	Descripción
X GSM			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (340°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.
Y GSM			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (105°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.
Z GSM			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (250°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.
Z EXP. GSM			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (250°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3.5. Tilt Mecánico GSM

El Tilt Mecánico (Tm) se mide mediante el inclinómetro el cual arroja un número entero de dos cifras con dos decimales, a este valor si su decimal es mayor igual a 6 se le aproxima al inmediato superior y a este valor entero se le resta de 90, el resultado es el valor del Tm en grados.

Para definir el signo del valor del  $T_m$  se debe mirar el herraje de la antena, si es el herraje superior el que tiene apertura el valor es positivo al tratarse de una inclinación downtilt y si el herraje inferior es el que tiene la apertura el valor es negativo y se trata de una inclinación up-tilt. En la tabla 15 se muestran los valores calculados del  $T_m$ , la fotografía del valor inicial medido por el inclinómetro y la fotografía del herraje para determinar si es downtilt o up-tilt.

*Tabla 15. Tilt Mecánico GSM.*

Sector	$T_m$	Fotografía Inclinómetro	Descripción	Fotografía Herraje	Descripción
X GSM	3°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.
Y GSM	2°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.
Z GSM	0°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.
Z EXP. GSM	2°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3.6. Tilt Eléctrico GSM

Cada banda tiene su propio Tilt Eléctrico ( $T_e$ ) el cual se mide en la parte inferior de la antena. En la tabla 16 se muestra el  $T_e$  de cada banda.

*Tabla 16. Tilt Eléctrico GSM*

Sector	Te 850MHz	Te 1900MHz	Fotografía Te 850MHz	Fotografía Te 1900MHz	Descripción
<b>X GSM</b>	7°	4°			Ambas fotografías muestran las lecturas físicas del Te de la antena, 7 para 850MHz y 4 para 1900MHz.
<b>Y GSM</b>	7°	5°			Ambas fotografías muestran las lecturas físicas del Te de la antena, 7 para 850MHz y 5 para 1900MHz.
<b>Z GSM</b>	6°	6°			Ambas fotografías muestran las lecturas físicas del Te de la antena, 6 para 850MHz y 6 para 1900MHz.
<b>Z EXP. GSM</b>	N/A	6°	NO APLICA		Ambas fotografías muestran las lecturas físicas del Te de la antena, 6 para 1900MHz.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.3.7. Modelo de Antenas GSM

Es muy importante conocer el modelo de cada antena de cada sector, ya que se debe conocer las características técnicas para encontrar su equivalente que mejor se acople a la antena original al momento de realizar un swap de antenas o intercambio. En la tabla 17 se indica el modelo y fabricante de cada antena.

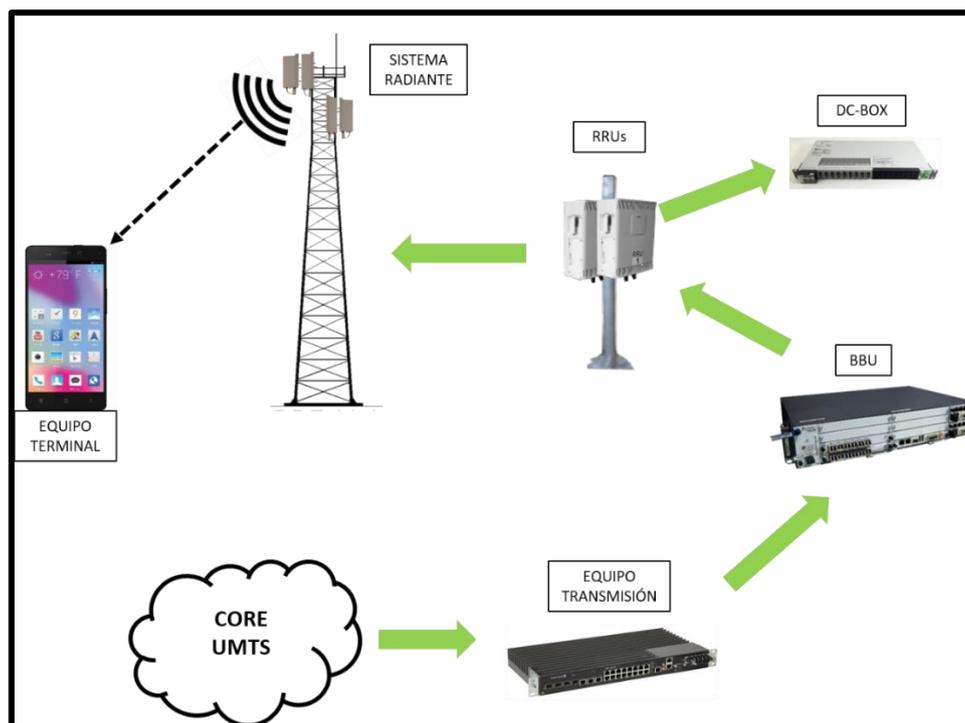
*Tabla 17. Modelo de Antenas GSM.*

Sector	Modelo	Fabricante	Fotografía Etiqueta	Descripción
X GSM	742266	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.
Y GSM	742266	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.
Z GSM	742266	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.
Z EXP. GSM	742266V01	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.4. Tecnología 3G - UMTS en la Estación SDOMINGO2

En la estación la tecnología UMTS, en lo que respecta al sistema radiante, tiene 4 sectores: X, Y, Z y W, por lo tanto, para UMTS se tienen 4 antenas celulares, las cuales se conectan a sus respectivas RRUs, para luego conectarse a las tarjetas en la BBU y al equipo de transmisión. En la figura 36 se muestra la arquitectura de la red UMTS en la estación SDOMINGO2.



**Figura 36.** Arquitectura de la red UMTS en SDOMINGO2

**Fuente:** Criterios del diseño.

En la estación base SDOMINGO2 para la tecnología de UMTS, la señal se recibe desde el Core o núcleo UMTS para la zona, esta señal llega al equipo de transmisión para posteriormente conectarse mediante cable ethernet a las tarjetas de la BBU; mediante fibra óptica se conecta la BBU con las RRUs de la estación las cuales se energizan conectándose a la DC-Box; en las RRUs de UMTS se encuentran los TRX lógicos de esta tecnología; mediante feeder y jumper las RRUs se conectan con su respectiva antena desde las cuales se envía la señal de UMTS hacia los equipos móviles de los usuarios.

Para el sistema radiante de UMTS se deben obtener los mismos datos y respaldos fotográficos que el sistema radiante de GSM para cada sector: altura de la antena, banda de frecuencia, azimut, zona de cobertura, tilt eléctrico, tilt mecánico, modelo de antenas.

#### **3.6.4.1. Altura de las Antenas UMTS**

Para medir la altura de una antena se debe emplear una herramienta de medición como la cinta métrica, se mide desde el centro de la antena hasta el piso, en caso de que la estructura se encuentre instalada en la terraza de un edificio como la estación

SDOMINGO2, se debe sumar al valor obtenido en la cinta la altura del edificio. En la tabla 18 se muestra la altura de las antenas de GSM.

**Tabla 18. Altura de Antenas UMTS**

Sector	Altura
X UMTS	31m
Y UMTS	31m
Z UMTS	31m
W UMTS	28m

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.4.2. Banda de Frecuencia UMTS

En el Ecuador para UMTS se encuentran habilitadas las bandas de 850MHz y 1900MHz. Al igual que en GSM la banda en la que trabaja una antena se mira en las etiquetas de los cables en su parte inferior; si la etiqueta tiene el número W41xx se trata de la banda de 850MHz, y si la etiqueta tiene el número W42xx se trata de la banda de 1900MHz. En la tabla 19 se muestran los sectores de UMTS con sus respectivas bandas de frecuencia.

**Tabla 19. Banda de Frecuencia UMTS.**

Sector	Banda (MHz)	Fotografía	Descripción
X UMTS	850		La fotografía muestra las etiquetas de color blanco correspondientes al sector X, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en la banda de 850MHz.
Y UMTS	850		La fotografía muestra las etiquetas de color rojo correspondientes al sector Y, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en la banda de 850MHz.

<b>Z UMTS</b>	850		La fotografía muestra las etiquetas de color azul correspondientes al sector Z, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en la banda de 850MHz.
<b>W UMTS</b>	850		La fotografía muestra las etiquetas de color azul con cinta amarilla, que corresponde al sector W, en las cuales se observa, según su etiquetado, que la antena trabaja en la banda de 850MHz.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.4.3. Azimuts UMTS

Los ángulos de Azimut para los sectores de UMTS en la estación SDOMINGO2 fueron medidos mediante una brújula empleando el Metodo 2 para la medición de dicho ángulo. En la tabla 20 se muestran los sectores de UMTS con sus respectivos Azimuts.

*Tabla 20. Azimuts UMTS.*

Sector	Azimut	Fotografía	Descripción
<b>X UMTS</b>	330°		Fotografía de la medición del azimut del sector X UMTS utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 330°.
<b>Y UMTS</b>	115°		Fotografía de la medición del azimut del sector Y UMTS utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 115°.

Z UMTS

215°



Fotografía de la medición del azimut del sector Z UMTS utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 215°.

W UMTS

290°



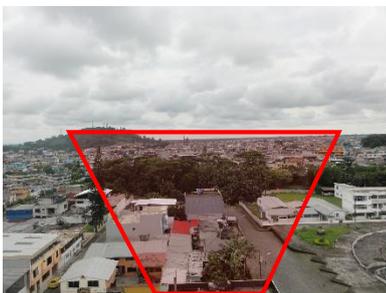
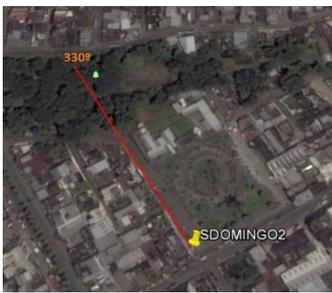
Fotografía de la medición del azimut del sector W UMTS utilizando la brújula, la línea de color rojo indica que el azimut es de 290°.

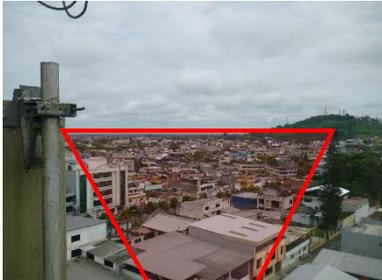
Fuente: Criterios del diseño

#### 3.6.4.4. Zona de Cobertura UMTS

La zona de cobertura es la vista panorámica capturada en fotografía del lugar hacia donde apunta el lóbulo frontal de la antena, es decir la zona cubierta por la dirección del ángulo de azimut de la antena. En la tabla 21 se muestran las zonas de cobertura de cada sector.

Tabla 21. Zonas de Cobertura UMTS.

Sector	Fotografía Zona de Cobertura	Comprobación con Google Earth	Descripción
X UMTS			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (330°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.

Y UMTS			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (115°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.
Z UMTS			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (215°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.
W UMTS			La primera imagen muestra la zona de cobertura de la antena (290°) tomada desde la parte superior de la misma. La segunda es la captura de pantalla de la verificación del sector en Google Earth.

Fuente: Criterios del diseño.

#### 3.6.4.5. Tilt Mecánico UMTS

Para la medición del Tilt Mecánico en las antenas de UMTS se debe seguir el mismo procedimiento empleado en GSM. En la tabla 22 se muestran los valores calculados del  $T_m$ , la fotografía del valor inicial medido por el inclinómetro y la fotografía del herraje para determinar si es downtilt o uptilt.

Tabla 22. Tilt Mecánico UMTS.

Sector	$T_m$	Fotografía Inclinómetro	Descripción	Fotografía Herraje	Descripción
X UMTS	4°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.

<b>Y UMTS</b>	4°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.
<b>Z UMTS</b>	3°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.
<b>W UMTS</b>	2°		Fotografía de la medición del Tilt mecánico de la antena usando el inclinómetro.		Fotografía de la apertura del herraje superior de la antena que indica un Tilt positivo.

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 3.6.4.6. Tilt Eléctrico UMTS

Cada banda tiene su propio Tilt Eléctrico (Te) el cual se mide en la parte inferior de la antena. En la tabla 23 se muestra el Te de cada banda.

**Tabla 23.** Tilt Eléctrico GSM

Sector	Te 850MHz	Fotografía Te 850MHz	Descripción
<b>X UMTS</b>	6°		La fotografía muestra la lectura física del Tilt eléctrico de la antena, el cual es 6 para 850MHz.
<b>Y UMTS</b>	7°		La fotografía muestra la lectura física del Tilt eléctrico de la antena, el cual es 7 para 850MHz.

<b>Z UMTS</b>	4°		La fotografía muestra la lectura física del Tilt eléctrico de la antena, el cual es 4 para 850MHz.
<b>W UMTS</b>	2°		La fotografía muestra la lectura física del Tilt eléctrico de la antena, el cual es 2 para 850MHz.

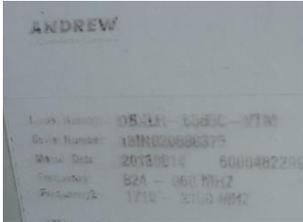
**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.4.7. Modelo de Antenas UMTS

Es muy importante conocer el modelo de cada antena de cada sector, ya que se debe conocer las características técnicas para encontrar su equivalente que mejor se acople a la antena original al momento de realizar un swap de antenas o intercambio. En la tabla 24 se indica el modelo y fabricante de cada antena.

**Tabla 24.** Modelo de Antenas UMTS.

Sector	Modelo	Fabricante	Fotografía Etiqueta	Descripción
<b>X UMTS</b>	739686	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.
<b>Y UMTS</b>	739686	KATHREIN		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.

<b>Z UMTS</b>	<b>LBX-3319DS- VTM</b>	<b>ANDREW</b>		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.
<b>W UMTS</b>	<b>DBXLH- 6565C-VTM</b>	<b>ANDREW</b>		La fotografía muestra la etiqueta de la antena ubicada en la parte posterior de la misma, donde se observa el modelo y fabricante.

**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.6.5. Antenas Microondas

En la estación SDOMINGO2 existen dos antenas microondas, de estas antenas la información que se necesita es: altura de la antena, diámetro y azimut y la dirección a donde apunta.

En la tabla 25 se muestra los datos obtenidos de cada antena Microonda con su respectiva fotografía.

**Tabla 25.** Antenas Microondas.

<b>Altura</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Azimut</b>	<b>Dirección</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Descripción</b>
<b>15m</b>	0.6m	110°	SDPUCE		Fotografía de la antena microonda de 0.6m de diámetro instalada en la torre a 15m de altura.
<b>14m</b>	0.6m	110°	SDVIAQUEVEDOI		Fotografía de la antena microonda de 0.6m de diámetro instalada en la torre a 14m de altura.

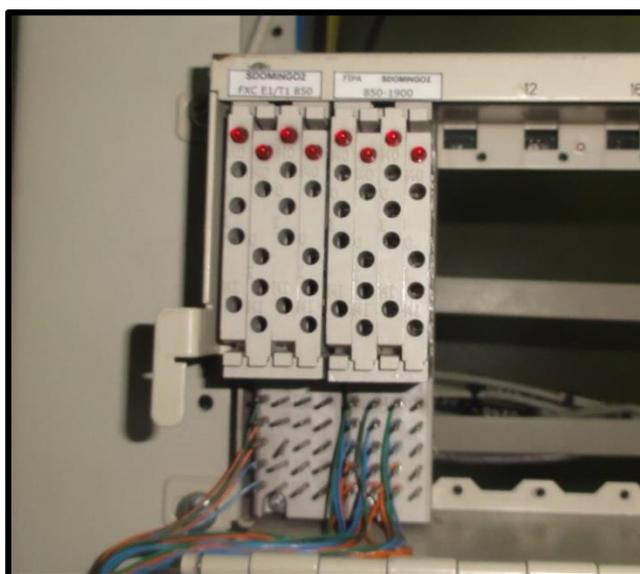
**Fuente:** Criterios del diseño.

### 3.7. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2

En la estación SDOMINGO2 cada tecnología tiene su propio equipo y tipo de transmisión, teniendo así transmisiones independientes. En este caso es importante conocer el modelo y fabricante del equipo de transmisión; en caso de ser transmisión TDM se debe contabilizar los E1 conectados, si se trata de transmisión IP es necesario conocer la ubicación del puerto al cual se encuentra conectado el equipo.

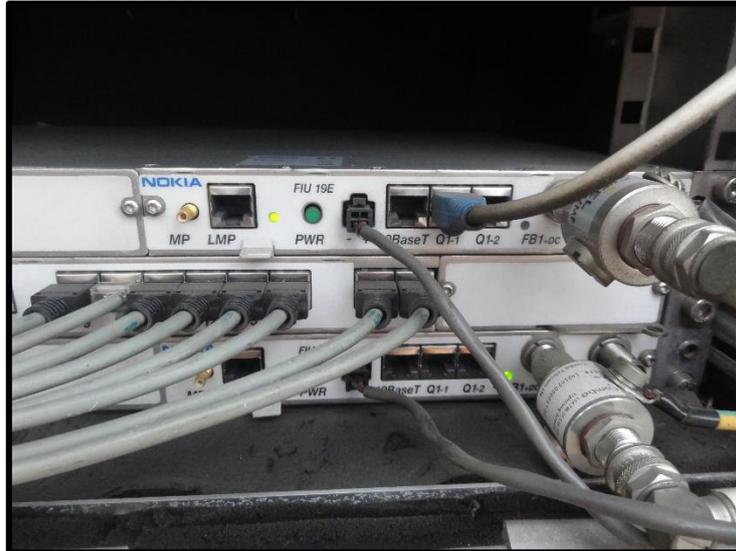
#### 3.7.1. Transmisión de GSM

La red GSM en la estación SDOMINGO2 emplea una transmisión de tipo TDM, por lo tanto, utiliza una transmisión por E1, teniendo un total de 10 E1 conectados distribuidos de la siguiente manera: 5 E1 para 850MHz y 5 E1 para 1900Mhz. En la figura 37 se muestra la fotografía de los E1 de la estación SDOMINGO2 para la red GSM, distribuidos en lo que se conoce como Tetrapacks.



*Figura 37. E1 red GSM SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

Al tratarse de este tipo de transmisión el equipo a empleado en la estación es una Flexi Hopper del fabricante es NOKIA cuya capacidad es de 1-10Mbps. En la figura 38 se muestra la fotografía del equipo de transmisión de GSM.



*Figura 38. Flexi Hopper SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

### 3.7.2. Transmisión de UMTS

Para la red UMTS en la estación SDOMINGO2 se tiene una transmisión tipo IP, cuyo equipo es una SAR-M del fabricante Alcatel-Lucent, cuya capacidad es de 1-25Mbps, la transmisión de UMTS sale de este equipo para conectarse a un patch panel, en el cual se conecta en el puerto Fe (Fast Ethernet) número 6, para posteriormente llegar a la BBU de la estación. En la figura 39 se observa la fotografía del equipo de transmisión de UMTS.



*Figura 39. SAR-M SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

### 3.8. GABINETES Y EQUIPOS SDOMINGO2

Dentro del cuarto de equipos de la estación SDOMINGO2 se encuentran las BTSs de la red GSM, las RRUs de UMTS y la BBU con las tarjetas de transmisión, siendo estos el total de gabinetes y equipos encontrados.

#### 3.8.1. *BTS Flexi*

La BTS Flexi es el gabinete donde se encuentran los TRX físicos de la red GSM para los sectores X, Y, Z, todos en las dos bandas de frecuencia, 850MHz y 1900MHz; teniendo un total de 4 TRX por cada sector en cada banda. Las antenas GSM se conectan a la Flexi mediante cables jumper o feeder, dependiendo de la distancia que los separe. En la figura 40 se muestra la fotografía de la BTS Flexi de la estación SDOMINGO2.



**Figura 40.** *BTS Flexi SDOMINGO*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

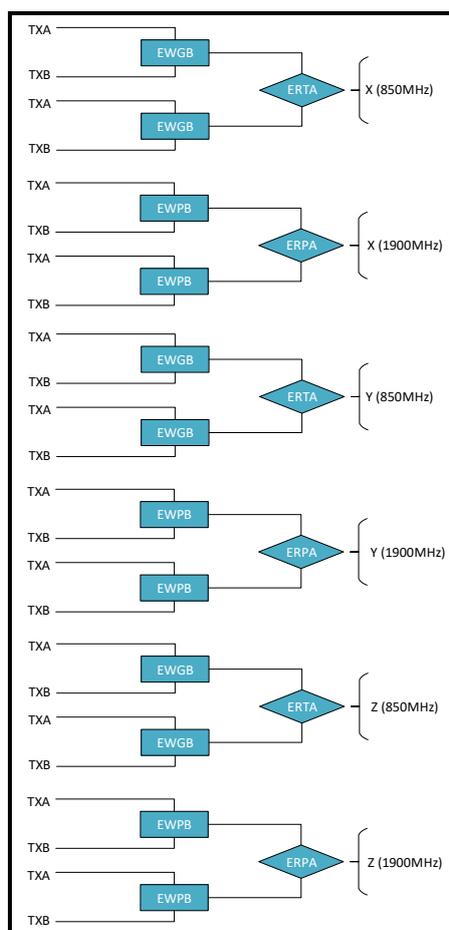
Los datos que deben obtenerse del survey es el grosor del feeder y las corridas que el cable realiza, teniendo en cuenta que hace dos recorridos, transmisión y recepción. Del jumper no se mide el grosor ya que es estándar de 1/2". En la tabla 26 se muestra la longitud de los cables desde las antenas hasta la Flexi.

**Tabla 26.** Longitud de Cables Antenas - Flexi.

Sector	Grosor Cable Feeder	Jumper 850MHz	Jumper 1900MHz	Feeder 850MHz	Feeder 1900MHz
X GSM	7/8"	1.5m x 4 corridas	1.5m x 4 corridas	30m x 2 corridas	30m x 2 corridas
Y GSM	7/8"	1.5m x 4 corridas	1.5m x 4 corridas	30m x 2 corridas	30m x 2 corridas
Z GSM	7/8"	1.5m x 4 corridas	1.5m x 4 corridas	30m x 2 corridas	30m x 2 corridas

**Fuente:** Criterios del diseño.

La Flexi se compone por un duplexor ERTA para 850MHz y ERPA para 1900MHz, que es quien se encarga de dividir las funciones de transmisión y recepción de la antena; dos combinadores EWGB para 850MHz y EWPB para 1900MHz, el cual se encarga de combinar las señales de transmisión y recepción para lograr una sola salida al TRX físico conectado, teniendo una potencia de salida de 42.7dBm. En la figura 41 se muestra el diagrama de bloques correspondiente a la BTS Flexi de la estación SDOMINGO2.



**Figura 41.** Diagrama de Bloques BTS Flexi SDOMINGO2

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

### 3.8.2. *BTS Ultra*

En la BTS Ultra se encuentran los TRX físicos de la expansión del sector Z GSM en la banda de frecuencia de 1900MHz con un total de 4 TRX. Al igual que en la BTS Flexi, la antena de la expansión del sector Z GSM se conecta a la Ultra mediante cables jumper o feeder, dependiendo de la distancia que los separe. En la figura 42 se muestra la fotografía de la BTS Ultra de la estación SDOMINGO2.



**Figura 42.** *BTS Ultra SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

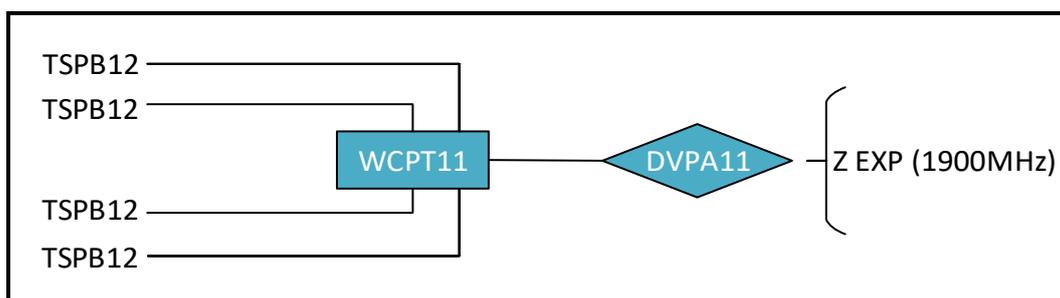
De igual manera se debe ver el grosor del feeder y las corridas del cable. En la tabla 27 se muestra la longitud de los cables desde la antena hasta la Ultra.

**Tabla 27.** *Longitud de Cables Antena - Ultra.*

Sector	Grosor Cable Feeder	Jumper 850MHz	Jumper 1900MHz	Feeder 850MHz	Feeder 1900MHz
Z EXP. GSM	7/8"	NO APLICA	1.5m x 4 corridas	NO APLICA	30m x 2 corridas

**Fuente:** Criterios del diseño.

La Ultra se compone por un duplexor DVPA11 para 1900MHz, que es quien se encarga de dividir las funciones de transmisión y recepción de la antena; un combinador WCPT11 para 1900MHz, el cual se encarga de combinar las señales de transmisión y recepción para lograr una sola salida al TRX físico conectado, al cual se le conoce como TSPB12, teniendo una potencia de salida de 42.5dBm. En la figura 43 se muestra el diagrama de bloques correspondiente a la BTS Ultra de la estación SDOMINGO2.



**Figura 43.** Diagrama de Bloques BTS Ultra SDOMINGO2  
Fuente: SpeedTech Telecomunicaciones.

### 3.8.3. RRUs UMTS SDOMINGO2

Son las unidades de radio remotas de la estación para la tecnología UMTS, una RRU es la interfaz que conecta a la antena con cualquier tecnología, cumpliendo con las funciones de un amplificador de señal, permitiendo la existencia de TRX lógicos, haciendo que su control sea menos complicado y dando espacio a posibles extensiones, según la estación lo requiera, para ajustarse a las necesidades de los usuarios.

En la estación SDOMINGO2 se tienen 4 RRUs del modelo 3908 para 850MHz del fabricante Huawei, uno por sector, es decir una RRU para cada antena UMTS.

Generalmente las RRUs se ubican en mástiles o soportes, dependiendo de su modelo pueden apilarse unas con otras. En el caso de la estación SDOMINGO2, las RRUs se encuentran sin su carcasa, instaladas juntas en un mismo Rack como se muestra en la figura 44.



**Figura 44.** RRUs UMTS SDOMINGO2  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

#### 3.8.4. Rack BBU SDOMINGO2

La BBU es uno de los componentes más importantes en una estación base principalmente para la tecnología UMTS, antes de que esta sea modernizada, debido a que en ella se encuentran las tarjetas configuradas para la transmisión.

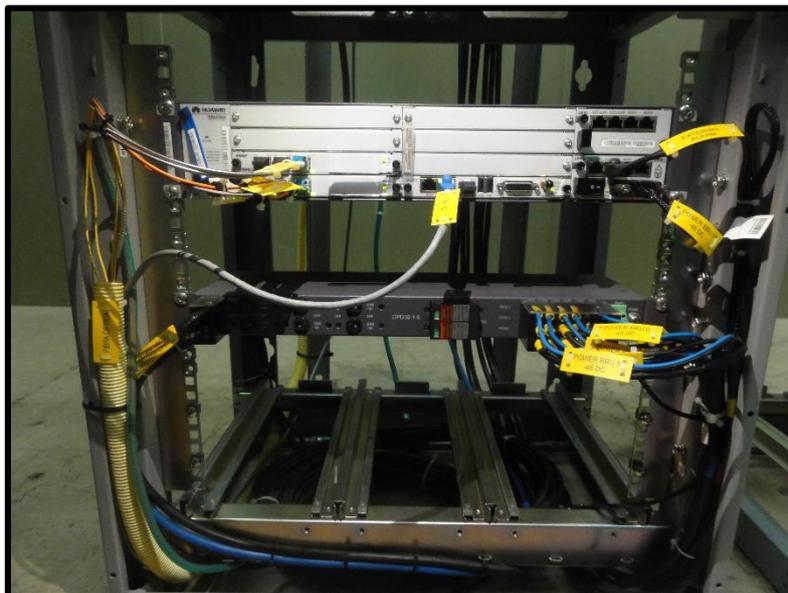
La BBU de la estación SDOMINGO2 posee 2 tarjetas WBBPb4 en los slots 2 y 3 respectivamente, y una tarjeta WMPT en el slot 7, además de las tarjetas UEIU y UPEU. Cada una de estas tarjetas tiene una importante funcionalidad como se indica a continuación:

- ❖ **WBBPb4:** Es la tarjeta de interfaz entre la BBU y las RRUs, cada tarjeta tiene 3 puertos, cada RRU ocupa un puerto, como en la estación SDOMINGO2 se tienen 4 sectores (4 RRUs) se utilizan 2 tarjetas WBBPb4. Cabe recalcar que esta tarjeta funciona únicamente para UMTS.
- ❖ **WMPT:** Por medio de esta tarjeta se conecta el equipo de transmisión de UMTS con la BBU.
- ❖ **UEIU:** Esta tarjeta se encarga de transmitir la información reportada por el dispositivo de monitorización del entorno y la información de alarma a la placa de control principal.

- ❖ **UPEU:** Esta tarjeta se encarga del manejo de la energía de la BBU, convierte los -48V DC de entrada en +12V DC y provee una salida de 300W.

Juntamente con la BBU se encuentra la unidad de distribución de corriente continua, más conocida como DCDU, aunque en algunos casos se la nombra como DC Box. Esta es la unidad a la cual se conectan las RRUs para ser energizadas, en la estación SDOMINGO2 se tiene una DCDU modelo DPD32-1-6, el cual es un modelo antiguo que requiere ser cambiado, ya que no proporciona suficiente espacio para próximas instalaciones, es decir, limita el crecimiento tecnológico de la estación.

En la figura 45 se muestra la fotografía del Rack que contiene a la BBU y a la DCDU de la estación.



*Figura 45. Rack BBU SDOMINGO2*  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DE MODERNIZACIÓN PARA LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2

En este capítulo se desarrolla toda la parte del diseño de las soluciones para la modernización de la estación base SDOMINGO2, y sus respectivas pruebas de funcionamiento para sustentar que la solución planteada lograra alcanzar los objetivos del proyecto previamente planteados.

Dentro de lo que es el plan de modernización, en el capítulo 3 se realizó la fase 1, en este capítulo se ejecutan las fases 2 y 3 del plan.

La fase 2 corresponde a los cálculos necesarios para la configuración de los equipos nuevos a instalarse y los cálculos para determinar los nuevos parámetros de LTE como los ángulos de azimut e inclinaciones, además del dibujo de la estación en AutoCad donde se podrá observar de mejor manera los cambios físicos a realizarse.

La fase 3 del plan consiste en las pruebas de funcionamiento del diseño, las cuales se realizarán mediante la simulación de la radiobase para determinar que las potencias deseadas se han alcanzado, al igual que la zona de cobertura esperada.

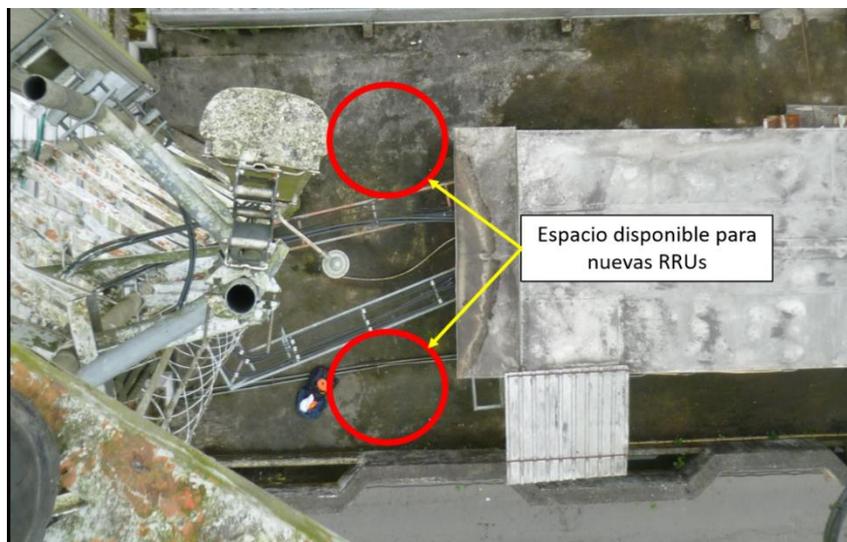
#### 4.1. MODERNIZACIÓN DE GSM

En la tecnología de GSM se realizará la modernización de la misma; lo que consiste en cambiar las BTSs existentes donde se encuentran instalados los TRXs físicos de la estación, por nuevos equipos Huawei llamados RRUs donde se instalaran los nuevos TRXs lógicos. Es por esta razón que en lo que respecta al sistema radiante no se realizará ningún cambio en cuanto a antenas, lo único que cambiará son las corridas de jumper y feeder, valor que dependerá de la ubicación de las nuevas RRUs.

#### 4.1.1. Ubicación de las nuevas RRUs para GSM

Al momento de realizar la visita técnica a la estación, juntamente con personal que representa al cliente, se determina el lugar o espacio en el cual se instalarán los nuevos equipos o RRUs. Teniendo en cuenta la regla de que cada RRU debe estar lo más cercana posible a su antena se definieron los siguientes parámetros:

- Las nuevas RRUs no pueden instalarse en modo back to back con cada antena o debajo de ellas, debido a que la torre se encuentra sobre una terraza y no es recomendable aumentar el peso de los nuevos equipos a la estructura.
- Las RRUs deben estar lo más cerca posible de las antenas, por lo que se instalaran en mástiles en el espacio disponible entre la torre y el cuarto de equipos como se observa en la figura 46. Obteniendo una distancia aproximada de 21m entre el lugar indicado y las antenas de GSM.



**Figura 46.** Espacio disponible para nuevas RRUs  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

#### 4.1.2. Configuración del sistema radiante de GSM proyectado

En la tabla 28 se muestra la configuración para el sistema radiante o RF de GSM proyectado, donde se mantiene los modelos de antenas, ángulos de azimut, inclinaciones

mecánicas y eléctricas existentes, lo único que cambia son las corridas de jumper y feeder, debido a la ubicación de las nuevas RRUs para GSM.

*Tabla 28. Configuración RF GSM proyectado.*

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector Z Exp.
Antenas por Sector	1		1		1		1
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band
Bandas de Operación	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	1900MHz
Altura de la Antena Desde el Suelo	28m						
Azimut de la Antena	340°	340°	105°	105°	250°	250°	250°
Inclinación Mecánica	3°	3°	2°	2°	0°	0°	2°
Inclinación Eléctrica	7°	4°	7°	5°	6°	6°	6°
Longitud de Jumper	3m x 4 corridas						
Tipo de Feeder	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
Longitud de Feeder	24m x 2 corridas						

**Fuente:** Criterios del diseño.

Se utiliza el termino proyectado para referirse a la tabla de configuración actualizada, con las nuevas corridas de jumper y feeder; pese a que la mayoría de parámetros de configuración no varían sus valores en absoluto, la tabla proyectada debe presentarse completa para verificar que los azimuts, inclinaciones, altura y modelos de antena se mantienen.

Para el cálculo de la distancia del recorrido del cable se debe sumar 5m extras a la distancia aproximada, posteriormente se divide esa distancia entre las longitudes de Jumper y Feeder.

## 4.2. SEGUNDA PORTADORA DE UMTS

Debido a que actualmente la tecnología de UMTS trabaja únicamente sobre la banda de los 850MHz, se expandirá su funcionamiento hacia la banda de los 1900MHz, lo que se conoce como “segunda portadora”.

La proyección de segunda portadora requiere la implementación de nuevas RRUs para la banda de los 1900MHz, además de la adecuación de las antenas, es decir si se tiene antenas Single Band con puertos únicamente para 850MHz se las debe cambiar por antenas Dual Band con puertos para ambas frecuencias.

#### 4.2.1. Ubicación de las nuevas RRUs para UMTS

Tomando en cuenta la regla que indica que las RRUs deben estar lo más cercanas a las antenas, lo más correcto es extraer las RRUs existentes en los racks del cuarto de equipos e instalarlas en los nuevos mástiles junto con las nuevas RRUs para 1900MHz y las nuevas RRUs para GSM, en el área señalada en color rojo en la figura 46.

#### 4.2.2. Configuración del sistema radiante de UMTS proyectado

En la tabla 29 se muestra a configuración proyectada para el sistema radiante o RF de UMTS; ya que en esta tecnología se abre una nueva banda, se deben cambiar las antenas existentes de los sectores X, Y y Z debido a que son antenas Single Band con puertos únicamente de 850MHz, por antenas Dual Band con puertos de 850MHz y 1900MHz. Para el cambio de antenas se debe tener en cuenta una equivalencia entre el modelo antiguo y el nuevo en lo que respecta al grado de apertura de la antena.

Los ángulos de azimut, la altura y la inclinación mecánica se mantienen para las dos bandas, mientras que la inclinación eléctrica se conserva la existente para los 850MHz y mientras que para los 1900MHz se debe tener en cuenta el valor máximo permitido por el modelo de antena, se suma 3° al valor del tilt eléctrico existente si este no supera el valor máximo permitido.

*Tabla 29. Configuración RF UMTS proyectado.*

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector W	
Antenas por Sector	1		1		1		1	
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		DBXCP-4545A-VTM		DBXLH-6565C-VTM	
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band	
Bandas de Operación	850 MHz	1900 MHz						

<b>Altura de la Antena Desde el Suelo</b>	31m	31m	31m	31m	31m	31m	28m	
<b>Azimut de la Antena</b>	330°	330°	115°	115°	215°	215°	290°	290°
<b>Inclinación Mecánica</b>	4°	4°	4°	4°	3°	3°	2°	2°
<b>Inclinación Eléctrica</b>	6°	6°	7°	6°	4°	7°	2°	5°
<b>Longitud de Jumper</b>	3m x 4 corridas							
<b>Tipo de Feeder</b>	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	1/2"	1/2"
<b>Longitud de Feeder</b>	28m x 2 corridas	24m x 2 corridas	24m x 2 corridas					

**Fuente:** Criterios del diseño.

Para el cálculo de la distancia del recorrido del cable se debe sumar 5m extras a la distancia aproximada, posteriormente se divide esa distancia entre las longitudes de Jumper y Feeder.

### 4.3. PROYECCIÓN DE LTE

Como LTE es la nueva tecnología a implementarse en la estación, requiere los cálculos y estudios necesarios para la determinación de los parámetros a configurarse en el sistema radiante como modelos de antenas, azimuts, alturas de las antenas e inclinaciones. Dichos cálculos y estudios deben basarse fundamentalmente en los requerimientos del cliente, es decir de la operadora propietaria de la estación.

Por lo general la configuración de LTE es similar a la de UMTS. Pese a que en la estación SDOMINGO2 existen cuatro sectores de UMTS, para LTE se instalarán únicamente tres sectores (X, Y, Z) por requerimiento del cliente.

#### 4.3.1. Ubicación de las nuevas RRUs para LTE

Las nuevas RRUs para la tecnología LTE 4G se ubicarán en los mismos mástiles proyectados para las RRUs de GSM y UMTS, en el área señalada con color rojo en la figura 46.

### 4.3.2. Configuración del sistema radiante de LTE proyectado

Debido a que LTE es una tecnología totalmente nueva para la estación SDOMINGO2, sus parámetros de configuración deben definirse de manera cuidadosa, cumpliendo con las exigencias del cliente y realizando los cálculos y predicciones necesarias, sobre todo en la determinación de azimuts, alturas e inclinaciones.

#### 4.3.2.1. Selección del modelo de antena para LTE

La selección del modelo de antena para la proyección de LTE, se basa primordialmente en las disposiciones otorgadas por el cliente, ya que es él quien indica los materiales que tiene en stock, esto implica antenas, RRUs, cables, entre otros.

La operadora móvil propietaria de la estación SDOMINGO2 para la proyección de LTE utiliza dos tipos de antenas del fabricante Huawei, el modelo ADU451819 (Dual Band) y el modelo AQU4518R9 (Quad Band), para la solución de este sitio al momento de la visita técnica, conjuntamente con el personal en representación del cliente se planteó la utilización de antenas Dual Band ADU451919, específicamente tres antenas, una para cada sector.

Se escogió la antena ADU451819 porque su peso es menor que la antena AQU4518R9 y no es recomendable cargar mucho peso en la torre de la estación, debido a que su estado no se encuentra al 100%; además de que el espacio disponible en la torre no es suficiente para antenas de las dimensiones del modelo AQU4518R9. En la tabla 30 se muestran las principales características de estas antenas, obtenidas de los datasheets de las mismas.

**Tabla 30.** Características Antenas ADU451819 y AQU4518R9.

Parámetros		Valor ADU451819	Valor AQU4518R9
<b>Características Eléctricas</b>	Rango de Frecuencia	1710MHz – 2200MHz	698MHz – 2690MHz
	Ángulo de Apertura	+45°, -45°	+45°, -45°
	Rango para la Inclinación Mecánica	0° - 10°	0° - 10°
	Ganancia en dBi	17.00 – 18.00	16.00 – 17.60

	Impedancia	50Ω	50Ω
<b>Características Mecánicas</b>	Largo de la Antena	1311mm	2688mm
	Ancho de la Antena	323mm	349mm
	Profundidad de la Antena	89mm	166mm
	Peso de la Antena	12.8kg	33.5kg

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

#### **4.3.2.2. Determinación de la altura para las antenas de LTE**

La altura de la antena es un parámetro que se define estrictamente bajo requerimiento del cliente (el operador móvil de la estación), es decir, es él quien indica a que altura se deben ubicar las antenas; esta altura es analizada en la visita técnica al sitio, percatándose que no exista ninguna obstrucción física que dificulte o impida su instalación, procurando optimizar recursos, esto implica ver la disponibilidad de polos instalados o de espacio suficiente junto a antenas existentes.

Tomando en cuenta todos estos parámetros se decidió instalar las nuevas antenas de LTE junto a las antenas existentes de GSM a una altura de 28m con referencia al suelo, por las siguientes razones: a una altura menor de los 28m se encuentran las antenas de microondas; y a una altura superior a los 28m está la canastilla de la torre y no es posible instalar más peso en ella.

#### **4.3.2.3. Determinación de los azimuts para LTE**

La selección de los azimuts depende netamente de la operadora móvil propietaria de la estación, ya que ellos hacen su elección basándose en los siguientes parámetros:

- Clientes VIP; empresas o instituciones que requieren una alta cobertura en sus edificaciones y alrededores.
- Presupuesto; depende del número de clientes o usuarios en el sector, se basa en un estudio que sustente la necesidad de invertir en la proporción de cobertura móvil a determinado sector.

- Ampliación de zona de cobertura; cuando el número de usuarios del sector aumenta y empiezan a notarse falencias en la transmisión por falta de cobertura de señal.

La operadora móvil propietaria de la estación determinó los nuevos azimuts para LTE basándose en el tercer parámetro, ya que la población del sector creció y empezó a sentirse la falta de cobertura de señal móvil en algunas zonas. Además de que con estos nuevos azimuts para LTE se busca garantizar la continuidad de la cobertura en la zona, cubriendo así los espacios vacíos o huecos en los cuales no se alcanza una buena cobertura de señal. Los azimuts determinados para LTE son:

- Sector X LTE:  $0^{\circ}$
- Sector Y LTE:  $140^{\circ}$
- Sector Z LTE:  $270^{\circ}$

En la figura 48 se muestra los ángulos de azimut para las nuevas antenas LTE, indicando hacia el sector o zona que apuntarían sus respectivos centros de radiación, utilizando la herramienta geográfica Google Earth.

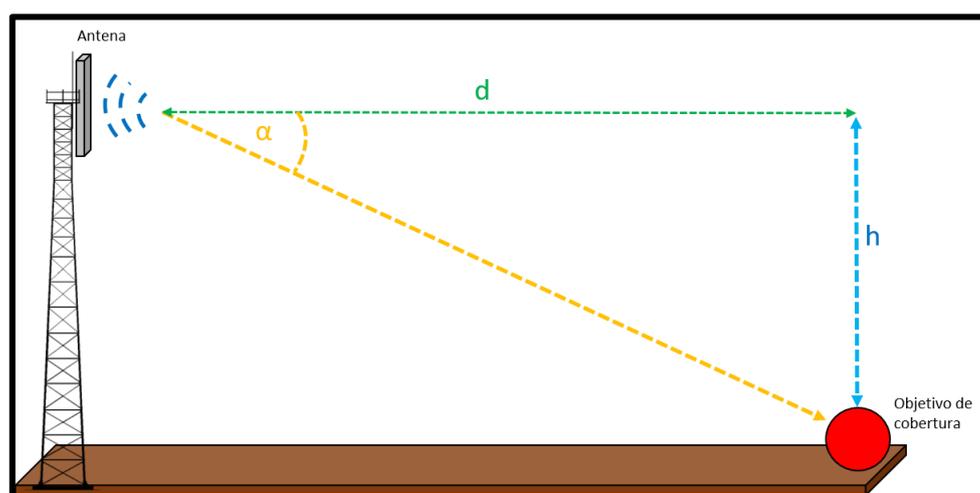


**Figura 47.** Azimuts de LTE en Google Earth  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

#### 4.3.2.4. Determinación de la inclinación mecánica para LTE

Como se indicó con anterioridad, el tilt mecánico de una antena es la inclinación de la misma con respecto al plano horizontal, lo que hace que este parámetro de configuración sea de mucha importancia para direccionar a la antena hacia su objetivo de cobertura, complementando al azimut de la misma.

Para el cálculo del tilt mecánico se necesita de dos factores: la altura de la antena y la distancia mínima desde la antena hacia su objetivo de cobertura. Al igual que la altura de la antena, la distancia de cobertura es un requerimiento entregado por el operador móvil de la estación, que en este caso se estableció en una distancia mínima es de 500m aproximados para los tres sectores. En la figura 48 se muestra el diagrama sobre el cual se basa la fórmula para la determinación del tilt mecánico de una antena.



**Figura 48.** Diagrama Para el Cálculo del Tilt Mecánico

**Fuente:** Criterios del diseño.

En base al diagrama mostrado en la figura 48 se determina la ecuación 1, la cual permite el cálculo del ángulo  $\alpha$  para la inclinación mecánica de la antena.

$$\text{Tan}(\alpha) = \frac{h}{d} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde  $h$  es la altura de la antena y  $d$  es la distancia desde la antena hasta el objetivo de cobertura. Despejando  $\alpha$  de la ecuación y reemplazando los valores obtenemos:

$$\text{Tan}(\alpha) = \frac{28m}{500m}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{28m}{500m}\right)$$

$$\alpha = 3.2052^\circ$$

El valor calculado matemáticamente para el Tilt mecánico de las nuevas antenas LTE es de  $3.2052^\circ$ , ya que no se puede configurar el valor exacto calculado, se redondea aproximando al inmediato inferior, obteniendo un ángulo de  $3^\circ$  para los Tilts mecánicos de los tres sectores de LTE.

#### **4.3.2.5. Determinación de la inclinación eléctrica para LTE**

A diferencia del tilt mecánico, el tilt eléctrico es un valor o parámetro definido estrictamente por el operador móvil de la estación que también complementa la fijación del objetivo de cobertura de la antena.

El tilt eléctrico depende principalmente de que tan grande es la zona a cubrir, ya que mientras más densa sea esta zona, menor será el valor del tilt eléctrico; porque éste hace que el lóbulo de la antena se reduzca conforme incrementa su valor, es decir, que el valor del tilt eléctrico es inversamente proporcional al lóbulo de radiación de la antena. Por lo general en zonas rurales o con baja densidad de población y edificios, el tilt eléctrico es bajo de  $0^\circ$  a  $4^\circ$ ; mientras que en zonas urbanas con alta densidad de población y edificios el tilt eléctrico es alto de  $5^\circ$  a  $10^\circ$ .

La zona comprendida por la estación SDOMINGO2 no es una zona muy densa, ni con muchos edificios a su alrededor, por esta razón es que su operador móvil ha optado por proponer valores bajos para el tilt eléctrico de las antenas de LTE. Los valores entregados para la configuración del tilt eléctrico en la estación SDOMINGO2 son los siguientes:

- Sector X:  $4^\circ$

- Sector Y: 4°
- Sector Z: 4°

#### 4.3.2.6. Resumen de configuración para LTE

Después de haber determinado todos los parámetros necesarios, se obtienen los valores finales a ser configurados para la proyección de esta tecnología en la estación SDOMINGO2. Dicho resumen de configuración se muestra en la tabla 31.

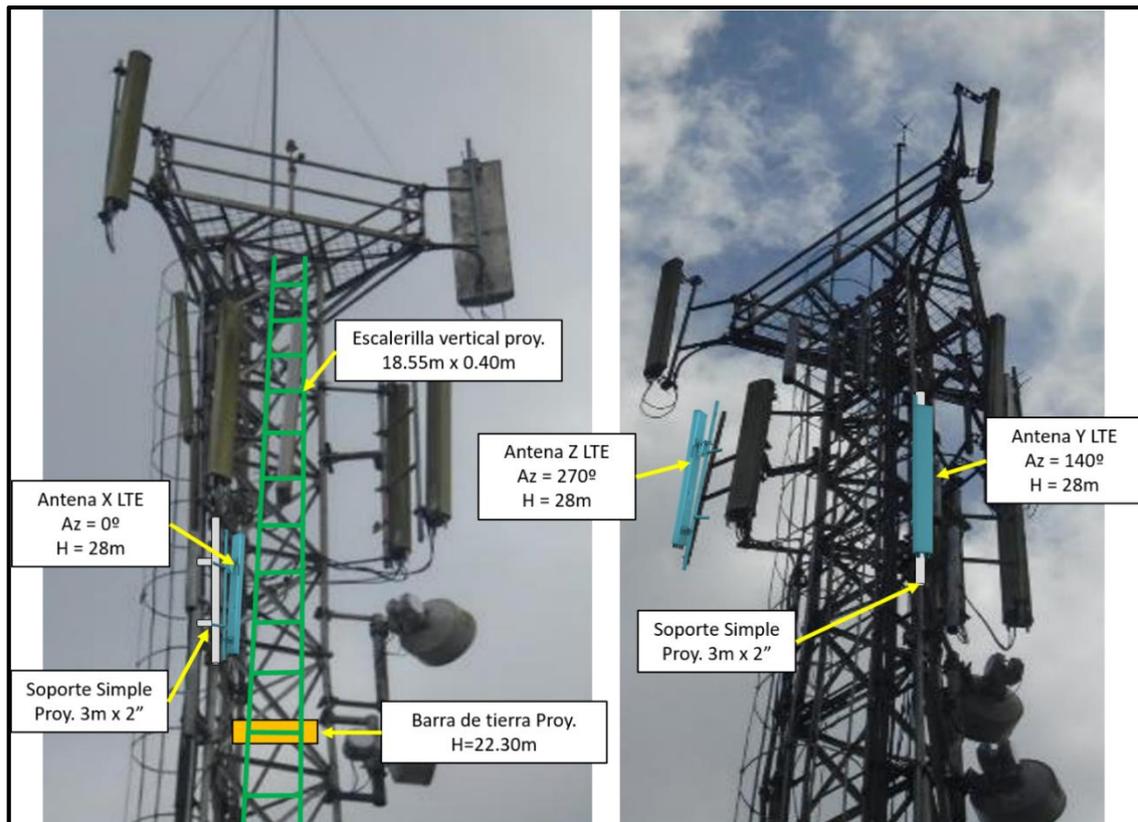
*Tabla 31. Configuración RF LTE proyectado.*

Parámetros	Sector X	Sector Y	Sector Z
Antenas por Sector	1	1	1
Modelo de Antena	ADU451819	ADU451819	ADU451819
Número de Bandas	Dual Band	Dual Band	Dual Band
Bandas de Operación	AWS	AWS	AWS
Altura de la Antena Desde el Suelo	28m	28m	28m
Azimut de la Antena	0°	140°	270°
Inclinación Mecánica	3°	3°	3°
Inclinación Eléctrica	4°	4°	4°
Longitud de Jumper	3m x 4	3m x 4	3m x 4
Tipo de Feeder	½"	½"	½"
Longitud de Feeder	24m x 2	24m x 2	24m x 2

**Fuente:** Criterios del diseño.

Para el cálculo de la distancia del recorrido del cable se debe sumar 5m extras a la distancia aproximada, posteriormente se divide esa distancia entre las longitudes de Jumper y Feeder.

En la figura 49 se muestra los fotomontajes de las antenas de LTE en la estación SDOMINGO2, las cuales se representan por el color azul. Estos fotomontajes conjuntamente con el plano en AutoCAD son el principal referente para la instalación.



**Figura 49.** Fotomontaje de Antenas de LTE  
**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.4. DIMENSIONAMIENTO DE RRUs

El dimensionamiento de RRUs consiste en los cálculos de pérdidas provocadas por las distancias de los recorridos de jumper y feeder desde las antenas hasta las RRUs, cuando ya se obtiene el menor valor de pérdida posible, se procede a determinar la potencia en vatios (w) necesaria y así se establece el modo de configuración para las RRUs.

El modo de configuración para las nuevas RRUs de GSM y UMTS se realiza en conjunto, ya que las dos tecnologías trabajan con el mismo modelo de RRU, pero LTE utiliza otro modelo distinto de RRU.

Existen tres modelos de RRUs del fabricante Huawei que pueden emplearse en un proyecto de modernización, estas son: RRU 3942 para las bandas de 850MHz y

1900MHz; la RRU 3952 únicamente para la banda de 850MHz y la RRU 3953 únicamente para la banda de 1900MHz.

Pese a que los tres equipos son del mismo fabricante, el operador móvil de la estación ha decidido emplear la RRU 3942 para los proyectos de modernización, ya que el mismo modelo puede ser configurado en las dos bandas de frecuencia que se manejan en las estaciones base en Ecuador, es decir en 850MHz y 1900MHz; además de que éste es el modelo de RRU que el operador móvil tiene en stock.

#### **4.4.1. RRU Huawei 3942**

La RRU modelo 3942 del fabricante Huawei es el equipo que se empleará para la modernización de la estación SDOMINGO2, debido a que el operador móvil de la estación trabaja por convenio con la empresa de telecomunicaciones Huawei para la implementación de los equipos de esta marca en sus proyectos.

Esta RRU es multibanda y multifrecuencia; tiene 4 conectores en su parte inferior, lo que quiere decir que puede trabajar con dos tecnologías distintas a la vez, ya que para cada tecnología se requieren de 2 conectores, un transmisor y un receptor. Por lo tanto, la RRU 3942 permite los siguientes modos de configuración:

- **GO (GSM Only):** Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de GSM en 850MHz o 1900MHz.
- **UO (UMTS Only):** Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de UMTS en 850MHz o 1900MHz.
- **GU (GSM-UMTS):** Cuando la RRU se configura para trabajar con ambas tecnologías (GSM y UMTS) en 850MHz o 1900MHz.

#### 4.4.2. RRUs Para GSM y UMTS

Para el dimensionamiento de RRUs de GSM y UMTS se trabaja básicamente con los TRX obtenidos de las BTSs de GSM, ya que es ésta tecnología la que va a trabajar por primera vez con este tipo de equipos, y sobre ella se fundamenta los cálculos de pérdidas y potencias para posteriormente determinar el modo de configuración de cada RRU.

Para realizar dichos cálculos es necesario conocer los valores de las pérdidas generadas por los tipos de cables inmersos en la conexión de equipos y de sus respectivos conectores. Por lo tanto, debe calcularse las pérdidas generadas por cada elemento, para cada sector en las bandas que se encuentre trabajando. En la tabla 32 se muestran los valores de pérdidas de los elementos.

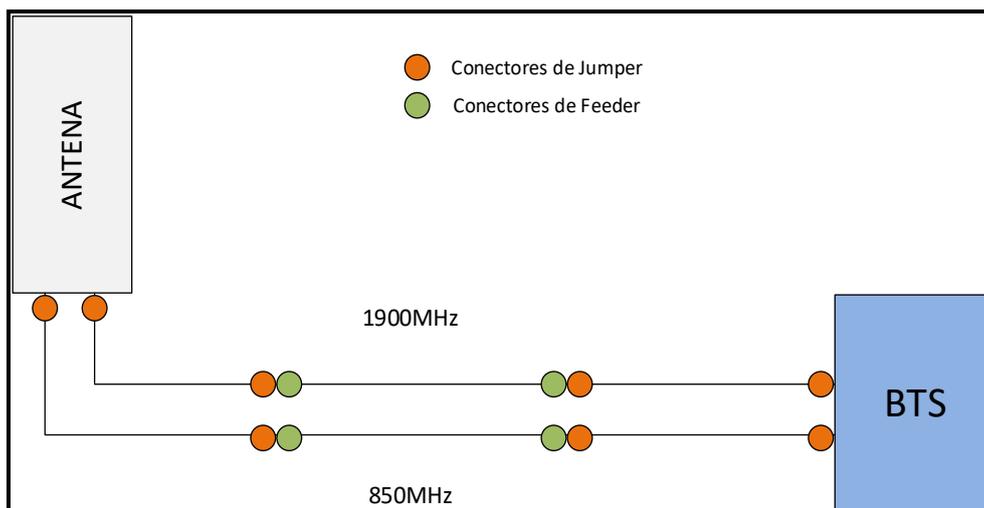
*Tabla 32. Pérdidas de atenuación de los elementos de conexión.*

Elemento	Atenuación (dBm) 850MHz	Atenuación (dBm) 1900MHz
<b>Jumper (longitud 1.5m)</b>	0.3105 dBm/100m	0.4155 dBm/100m
<b>Jumper (longitud 3m)</b>	0.426 dBm/100m	0.531 dBm/100m
<b>Jumper (longitud 6m)</b>	0.657 dBm/100m	0.762 dBm/100m
<b>Feeder ½"</b>	3.2 dBm/100m	5.7 dBm/100m
<b>Feeder 7/8"</b>	1.98 dBm/100m	2.87 dBm/100m
<b>Conectores</b>	0.1 dBm	0.1 dBm

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones

##### 4.4.2.1. Pérdidas de los Conectores para GSM

Debido a que existe una gran distancia entre las antenas de GSM y las BTSs, los cables tienen una conexión de jumper – feeder – jumper, en cada sector de GSM para ambas bandas, dejando así un total de 6 conectores en cada corrida de cables. En la figura 50 se muestra un ejemplo de la ubicación de los conectores para cada corrida de GSM.



**Figura 50.** Conectores en Corridas de GSM

**Fuente:** Criterios del diseño.

Para el cálculo de las pérdidas generadas por los conectores se emplea la ecuación número 2:

$$Perdidas\ x\ conectores\ (P1) = \#conectores * perdidas\ de\ un\ conector \quad (Ec. 2)$$

Como en GSM las antenas se encuentran a la misma altura, la distancia entre las antenas y las RRUs es la misma para cada sector, el cálculo de las pérdidas por conectores es el mismo, tanto para la banda de 850MHz como para la banda de 1900MHz; por lo tanto, el cálculo de dichas pérdidas se realizará una sola vez, y en la tabla 33 se muestra el resumen de las pérdidas por conectores proyectados de todos los sectores GSM en las dos bandas de frecuencia.

$$Perdidas\ x\ conectores\ (P1) = conectores * perdidas\ de\ un\ conector$$

$$P1 = 6 * 0.1dBm$$

$$P1 = 0.6\ dBm$$

**Tabla 33.** Tabla Pérdidas Por Conectores Proyectados GSM.

Sectores GSM	Pérdida (dBm) 850MHz	Pérdida (dBm) 1900MHz
Sector X	0.6 dBm	0.6 dBm
Sector Y	0.6 dBm	0.6 dBm

<b>Sector Z</b>	0.6 dBm	0.6 dBm
<b>Sector Z Exp.</b>	NO APLICA	0.6 dBm

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.4.2.2. Pérdidas de Jumper GSM

Para el cálculo de las pérdidas generadas por el jumper a instalarse en la estación, es necesario tomar en cuenta la longitud total de dicho cable a lo largo del recorrido entre la antena y las nuevas RRUs. Se debe sumar la longitud del primer tramo del jumper y la del último tramo. Este cálculo al igual que para las pérdidas de los conectores, se lo debe realizar para cada sector y para cada banda, empleando la ecuación número 3:

$$Perdidas\ Jumper\ (P2) = Longitud\ Jumper * \left(\frac{Perdida\ x\ Jumper}{100}\right) \quad (Ec. 3)$$

El jumper se instalará al inicio y al final del recorrido desde la antena hasta la nueva RRU con una longitud de 3m cada tramo, dando así un total de 6m para cada corrida y cada sector tiene 4 corridas de jumper.

La distancia entre las antenas de GSM y las nuevas RRUs es la misma para cada sector, por lo tanto el cálculo de las pérdidas por jumper es el mismo para cada sector, variando únicamente en la banda de frecuencia de los 1900MHz, ya que la constante de pérdidas por jumper es diferente para cada frecuencia; por esta razón, el cálculo de dichas pérdidas se realizará una sola vez para cada frecuencia, y en la tabla 34 se muestra el resumen de las pérdidas por jumper proyectados de todos los sectores GSM en las dos bandas de frecuencia.

#### ❖ Para la Banda de 850MHz:

$$Perdidas\ Jumper\ (P2) = Longitud\ Jumper * \left(\frac{Perdida\ x\ Jumper}{100}\right)$$

$$P2 = 12m * \left(\frac{0.426dBm/100m}{100m}\right)$$

$$P2 = 0.05112 \text{ dBm}$$

❖ **Para la Banda de 1900MHz:**

$$\text{Perdidas Jumper } (P2) = \text{Longitud Jumper} * \left( \frac{\text{Perdida x Jumper}}{100} \right)$$

$$P2 = 12m * \left( \frac{0.531dBm/100m}{100m} \right)$$

$$P2 = 0.06372 \text{ dBm}$$

*Tabla 34. Tabla Pérdidas Por Jumper Proyectado GSM.*

Sector	Pérdida (dBm)	Pérdida (dBm)
	850MHz	1900MHz
X GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
Y GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
Z GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
Z Exp. GSM	NO APLICA	0.06372 dBm

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.4.2.3. Pérdidas de Feeder GSM

Para el cálculo de las pérdidas generadas por el feeder a instalarse en la estación, es necesario tomar en cuenta el tipo de feeder y la longitud total de dicho cable a lo largo del recorrido entre la antena y la nueva RRU. Este cálculo al igual que para las pérdidas por jumper, se lo debe realizar para cada sector y para cada banda, empleando la ecuación número 4:

$$\text{Perdidas Feeder } (P3) = \text{Longitud Feeder} * \left( \frac{\text{Perdida x Feeder}}{100} \right) \quad (\text{Ec. 4})$$

##### 4.4.2.3.1. Pérdidas por Feeder Proyectado Sector X GSM

El feeder a instalar para la tecnología de GSM es de 1/2" con una longitud de 24m cada tramo desde las antenas hasta las nuevas RRUs, al ser dos corridas de cable se tendría un total de 48m de feeder por sector.

La distancia entre las antenas de GSM y las nuevas RRUs es la misma para cada sector, por lo tanto el cálculo de las pérdidas por feeder es el mismo para cada sector, variando únicamente en la banda de frecuencia de los 1900MHz, ya que la constante de pérdidas por jumper es diferente para cada frecuencia; por esta razón, el cálculo de dichas pérdidas se realizará una sola vez para cada frecuencia, y en la tabla 35 se muestra el resumen de las pérdidas por jumper proyectados de todos los sectores GSM en las dos bandas de frecuencia.

❖ **Para la Banda de 850MHz:**

$$\text{Perdidas Feeder (P3)} = \text{Longitud Feeder} * \left( \frac{\text{Perdida x Feeder}}{100} \right)$$

$$P3 = 48m * \left( \frac{3.2dBm/100m}{100m} \right)$$

$$P3 = 1.536 \text{ dBm}$$

❖ **Para la Banda de 1900MHz:**

$$\text{Perdidas Feeder (P3)} = \text{Longitud Feeder} * \left( \frac{\text{Perdida x Feeder}}{100} \right)$$

$$P3 = 48m * \left( \frac{5.7dBm/100m}{100m} \right)$$

$$P3 = 2.736 \text{ dBm}$$

*Tabla 35. Tabla Pérdidas Por Feeder Proyectado GSM.*

Sector	Pérdida (dBm)	Pérdida (dBm)
	850MHz	1900MHz
X GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
Y GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
Z GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
Z Exp. GSM	NO APLICA	2.736 dBm

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.4.2.4. Resumen de Pérdidas Proyectadas GSM

Después de haber realizado los cálculos individuales de las pérdidas que se generarían por los elementos de conexión entre la antena y las nuevas RRUs, en la tabla 36 se muestra el resumen de los cálculos obtenidos y en la tabla 37 se muestra las pérdidas totales por sectores.

*Tabla 36. Tabla Resumen de Pérdidas Proyectadas GSM.*

Elemento	Sector	Pérdida (dBm) 850MHz	Pérdida (dBm) 1900MHz
<b>Pe1 (Pérdidas por Conectores)</b>	X GSM	0.6 dBm	0.6 dBm
	Y GSM	0.6 dBm	0.6 dBm
	Z GSM	0.6 dBm	0.6 dBm
	Z Exp. GSM	NO APLICA	0.6 dBm
<b>Pe2 (Pérdidas por Jumper)</b>	X GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
	Y GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
	Z GSM	0.05112 dBm	0.06372 dBm
	Z Exp. GSM	NO APLICA	0.06372 dBm
<b>Pe3 (Pérdidas por Feeder)</b>	X GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
	Y GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
	Z GSM	1.536 dBm	2.736 dBm
	Z Exp. GSM	NO APLICA	2.736 dBm

**Fuente:** Criterios del diseño.

*Tabla 37. Tabla Total de Pérdidas Proyectadas GSM.*

Sectores GSM	Pérdida Total (dBm) 850MHz	Pérdida Total (dBm) 1900MHz
<b>Sector X</b>	2.18712 dBm	3.39972 dBm
<b>Sector Y</b>	2.18712 dBm	3.39972 dBm
<b>Sector Z</b>	2.18712 dBm	3.39972 dBm
<b>Sector Z Exp.</b>	NO APLICA	3.39972 dBm

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.4.2.5. Potencia de salida de las nuevas RRUs

La potencia de salida que se generará en las nuevas RRUs es de suma importancia para determinar el modo de configuración de cada equipo, para el cálculo de dicha potencia es necesario conocer la potencia de salida de la BTS existente a la cual se conecta cada sector y el total de pérdidas proyectadas. Para la BTS Ultra la potencia de salida es

de 42.5dBm y para la BTS Flexi es de 42.7dBm. Por lo tanto, el cálculo para obtener la potencia de salida se basa en la ecuación 5:

$$Pot. Salida RRU Huawei (PH_{dBm}) = Pot. BTS - Per. Proy. \quad (Ec. 5)$$

El valor obtenido de la ecuación 5 viene dado en dBm, pero para determinar el modo de configuración de las RRUs es necesario transformar este valor a vatios (w) mediante la ecuación 6:

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{PH_{dBm}}{10}\right)}}{1000} \quad (Ec. 6)$$

En la estación SDOMINGO2 los sectores X, Y, Z en sus dos frecuencias de 850MHz y 1900MHz se encuentran conectados a la BTS Flexi, y únicamente el sector Z expansión en su banda de 1900MHz se encuentra conectado a la BTS Ultra. Por este motivo el cálculo de potencia de salida para los tres primeros sectores es el mismo, variando únicamente en su frecuencia.

❖ **Para la Banda de 850MHz sectores X, Y, Z**

$$Pot. Salida RRU Huawei (PH_{dBm}) = Pot. BTS - Per. Proy.$$

$$PH_{dBm} = 42.7dBm - 2.18712 dBm$$

$$PH_{dBm} = 40.51 dBm$$

Transformando de dBm a w:

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{PH_{dBm}}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{40.51}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = 11.25 \text{ w}$$

❖ Para la Banda de 1900MHz sectores X, Y, Z

*Pot. Salida RRU Huawei (PH<sub>dBm</sub>) = Pot. BTS – Per. Proy.*

$$PH_{dBm} = 42.7dBm - 3.39972dBm$$

$$PH_{dBm} = 39.3 \text{ dBm}$$

Transformando de dBm a w:

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{PH_{dBm}}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{39.3}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = 8.51 \text{ w}$$

❖ Para la Banda de 1900MHz sector Zexp.

*Pot. Salida RRU Huawei (PH<sub>dBm</sub>) = Pot. BTS – Per. Proy.*

$$PH_{dBm} = 42.5dBm - 3.39972dBm$$

$$PH_{dBm} = 39.1 \text{ dBm}$$

Transformando de dBm a w:

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{PH_{dBm}}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = \frac{10^{\left(\frac{39.1}{10}\right)}}{1000}$$

$$PH_w = 8.13 \text{ w}$$

En la tabla 38 se muestra el resumen de las potencias de salida para las nuevas RRUs, con sus valores en dBm y vatios.

*Tabla 38. Tabla de Potencias de Salida de Nuevas RRUs.*

Sectores GSM	Potencia de Salida en dBm para 850MHz	Potencia de Salida en dBm para 1900MHz	Potencia de Salida en W para 850MHz	Potencia de Salida en W para 1900MHz
<b>Sector X</b>	40.51 dBm	39.3 dBm	11.25 W	8.51 W
<b>Sector Y</b>	40.51 dBm	39.3 dBm	11.25 W	8.51 W
<b>Sector Z</b>	40.51 dBm	39.3 dBm	11.25 W	8.51 W
<b>Sector Z Exp.</b>	NO APLICA	39.1 dBm	NO APLICA	8.13 W

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### **4.4.2.6. Modo de configuración para nuevas RRUs**

Para determinar el modo de configuración para las nuevas RRUs a instalarse en la estación se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- El número de nuevos TRX a configurarse para cada sector.
- El espacio disponible para las nuevas RRUs.
- La potencia de salida de las nuevas RRUs.

El operador móvil de la estación es quien determina si conserva o cambia el número de TRX, en base al tráfico que se tenga en la estación.

Cada TRX posee 8 canales para voz, datos y señalización. El propietario de la estación SDOMINGO2 indicó que cada sector maneja un número de 96 canales (48

canales para 850MHz y 48 canales para 1900MHz). Mediante la ecuación número 1 se obtiene el número de TRX necesarios para la estación.

$$\text{Número de TRX} = \frac{\text{Canales de la estación}}{8} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\text{Número de TRX} = \frac{48}{8}$$

$$\text{Número de TRX} = 6$$

En éste caso se aumentará el número de TRX de 4 a 6 por sector como se muestra en la tabla 39.

*Tabla 39. Tabla Numero de TRX por Sector.*

Sectores GSM	TRX Existentes 850MHz	TRX Existentes 1900MHz	TRX Proyectados 850MHz	TRX Proyectados 1900MHz
Sector X	4	4	6	6
Sector Y	4	4	6	6
Sector Z	4	4	6	6
Sector Z Exp.	NO APLICA	4	NO APLICA	6

**Fuente:** Criterios del diseño.

Como el espacio disponible para la instalación de las nuevas RRUs no es muy grande, como se puede observar en la figura 46, debe procurarse utilizar el menor número de equipos, esto puede lograrse con las RRUs 3942 ya que este modelo permite una configuración mixta entre GSM y UMTS, es decir se puede utilizar una RRU para dos tecnologías en la misma banda de frecuencia lo que se conoce como modo GU. Para poder determinar si es posible o no una configuración mixta de RRUs en la estación SDOMINGO2 es necesario conocer las potencias máximas de salida de las RRUs con este tipo de configuración, dichos valores se muestran en la tabla 40.

*Tabla 40. Tabla de Potencias de Salida RRUs en Modo GU.*

Numero de TRX	GSM + UMTS 850MHz	GSM + UMTS 1900MHz
1 TRX	80w + 40w	80w + 20w

<b>2 TRX</b>	40w + 40w	40w + 20w
<b>3 TRX</b>	27w + 40w	27w + 20w
<b>4 TRX</b>	20w + 40w	20w + 20w
<b>5 TRX</b>	16w + 40w	16w + 20w
<b>6 TRX</b>	12w + 40w	12w + 20w

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

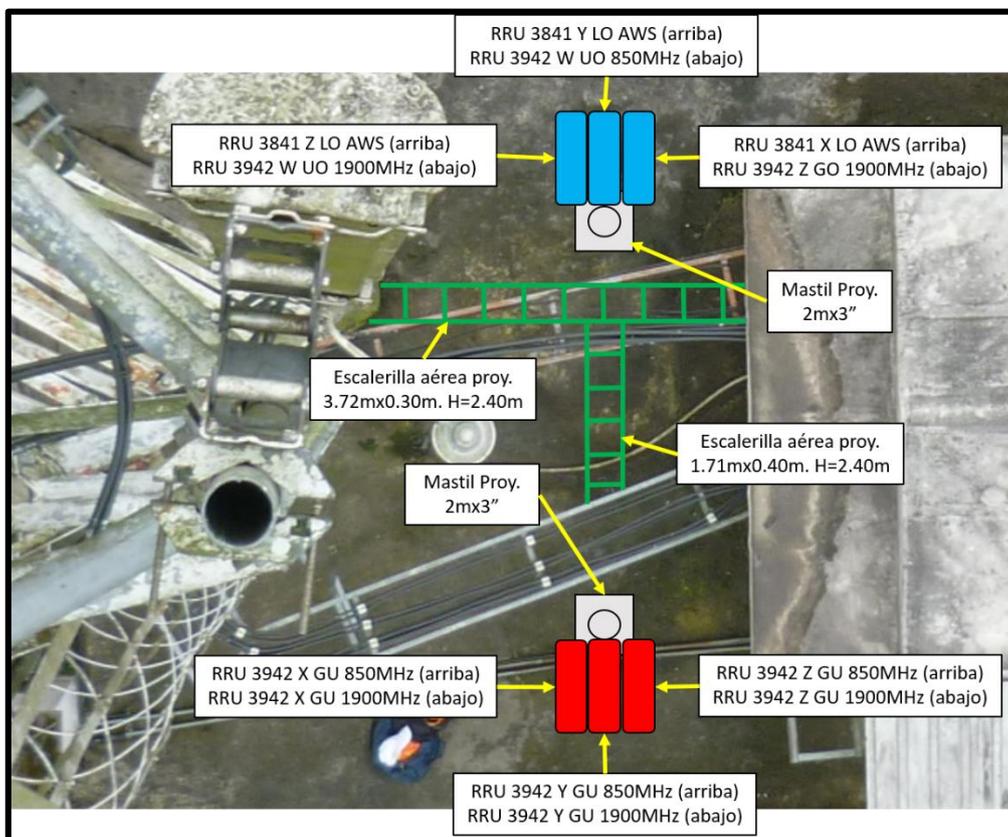
Tal y como se puede apreciar en la tabla 40, los valores de potencia máximos para UMTS son fijos, siendo 40w para la banda de 850MHz y 20w para la banda de 1900MHZ, mientras que para GSM los valores de potencia varían de acuerdo al número de TRX por banda.

El número de TRX proyectado es 6 para todos los sectores en ambas bandas, observando los valores de potencia de salida calculados en la tabla 38, determinamos que, si es posible realizar una configuración modo GU en las nuevas RRUs 3942 para la estación SDOMINGO2 excepto, las potencias de salida calculadas están dentro del rango de las potencias máximas, por lo tanto, el modo de configuración para las nuevas RRUs es el siguiente:

- Sector X 850MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector X 1900MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector Y 850MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector Y 1900MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector Z 850 MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector Z 1900MHz: Modo GU (GSM – UMTS)
- Sector Zexp. 1900MHz: Modo GO (GSM Only)
- Sector W 850 MHz: Modo UO (UMTS Only)
- Sector W 1900 MHz: Modo UO (UMTS Only)

En la figura 51 se muestra el fotomontaje de las nuevas RRUs en la estación SDOMINGO2 desde una vista aérea para tener una idea de su ubicación. Cabe recalcar que para las proyecciones se utiliza el color rojo para GSM, verde para UMTS y azul para

LTE, donde en las RRUs modo GU prevalece el color rojo por ser GSM la tecnología más antigua.

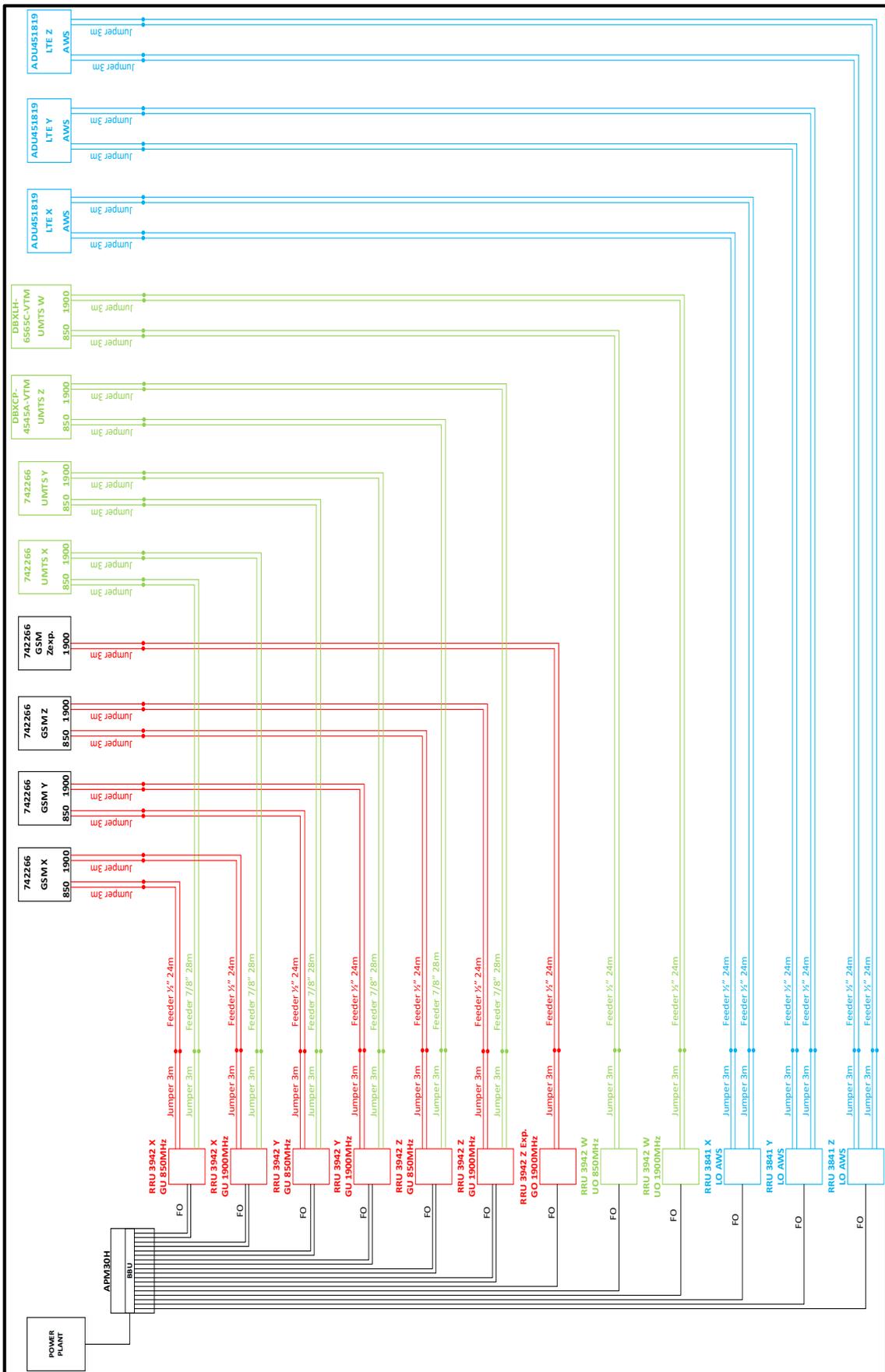


**Figura 51.** Fotomontaje RRUs SDOMINGO2

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.5. DIAGRAMA DE BLOQUES PROYECTADO

El diagrama de bloques de la estación es una herramienta que sirve para ver cuál será la configuración final entre antenas y RRUs, indicando los recorridos de cables. En la figura 52 se muestra el dicho diagrama.



**Figura 52.** Diagrama de Bloques Proyectado SDOMINGO2  
**Fuente:** Criterios del diseño.

Del diagrama de bloques proyectado se pueden determinar las siguientes conclusiones:

- Se proyectan nuevas corridas de jumper y feeder para GSM.
- Se proyectan nuevas corridas de jumper y feeder para UMTS.
- Se proyectan nuevas corridas de jumper y feeder para LTE.

#### 4.6. REQUERIMIENTOS DE TARJETAS PARA LA BBU

La solución para la instalación de las tarjetas en la BBU de la estación es de suma importancia, ya que es aquí el punto de conexión entre las RRUs y el equipo de transmisión. La solución a instalarse depende de varios factores, los principales son:

- Las tarjetas existentes instaladas.
- El número de sectores en UMTS.
- El número de sectores en GSM.

Es el operador móvil de la estación se encarga de indicar las posibles soluciones para los diferentes escenarios que puedan presentarse en una estación base. Los escenarios más fundamentales se detallan a continuación:

- ❖ **Escenario 1:** Cuando se tiene 3 o menos sectores UMTS con una tarjeta WBBPb4 existente en el slot 3. La solución se plantea como se muestra en la figura 53. Se traslada la tarjeta interfaz entre las RRUs de UMTS y la BBU (WBBPb4) del slot 3 al slot 0; en el slot 2 se instala una tarjeta LBBPd2 para LTE o una UBBPd6 que es universal para UMTS y LTE; en el slot 3 se instala una tarjeta WBBPf3 para UMTS o una UBBPd6; se cambia la tarjeta WMPT que es solo para la transmisión de UMTS, por una UMPT que es universal para cualquier tecnología en el slot 7 y se aumenta una tarjeta UPEU que es la que se encarga del manejo y distribución de energía en la BBU.

ACTUAL			
F A N	0)	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	
	2)	6)	
	3) WBBPb4	7) WMPT	
PROPUESTO			
F A N	0) WBBPb4	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	UPEU
	2) LBBPd2/UBBPd6	6)	
	3) WBBPf3/UBBPd6	7) UMPT	

**Figura 53.** Solución de Tarjetas Escenario 1

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

- ❖ **Escenario 2:** Cuando se tiene 3 o menos sectores UMTS con dos tarjetas WBBPb4 existentes en los slots 2 y 3. La solución se plantea como se muestra en la figura 54. Una de las tarjetas WBBPd4 se traslada slot 0 y la otra se retorna al operador móvil de la estación; en el slot 3 se instala una tarjeta WBBPf3 o una UBBPd6; se cambia la tarjeta WMPT por una UMPT y se aumenta una tarjeta UPEU.

ACTUAL			
F A N	0)	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	
	2) WBBPb4	6)	
	3) WBBPb4	7) WMPT	
PROPUESTO			
F A N	0) WBBPb4	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	UPEU
	2)	6)	
	3) UBBPd6/WBBPf3	7) UMPT	

**Figura 54.** Solución de Tarjetas Escenario 2

**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

- ❖ **Escenario 3:** Cuando se tiene 3 o menos sectores UMTS con una tarjeta WBBPd2 existente en el slot 2 y una WBBPb4 existente en el slot 3. La solución se plantea como se muestra en la figura 55. Se traslada la tarjeta WBBPd4 del slot 3 al slot 0; la tarjeta WBBPd2 que es de interfaz entre RRU y BBU se retorna al operador móvil de la estación ya que es una versión muy antigua; en el slot 3 se instala la tarjeta UBBPd6 para UMTS y LTE; se cambia la tarjeta WMPT por una UMPT y se aumenta una tarjeta UPEU.

ACTUAL			
F A N	0)	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	
	2) WBBPd2	6)	
	3) WBBPb4	7) WMPT	
PROPUESTO			
F A N	0) WBBPb4	4)	UPEU
	1)	5) GTMU	UPEU
	2)	6)	
	3) WBBPf3/UBBPd6	7) UMPT	

**Figura 55.** Solución de Tarjetas Escenario 3  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

- ❖ **Escenario 4:** Cuando se tiene 3 o menos sectores UMTS con dos tarjetas WBBPd2 existentes en los slots 2 y 3. La solución se plantea como se muestra en la figura 56. Una de las tarjetas WBBPd2 se traslada al slot 0 y la otra se retorna al operador móvil de la estación; en el slot 3 se instala la tarjeta UBBPd6 para UMTS y LTE; se cambia la tarjeta WMPT por una UMPT y se aumenta una tarjeta UPEU.

ACTUAL					
FAN	0)		4)		
	1)		5)	UPEU	
	2)	WBBPd2	6)		GTMU
	3)	WBBPd2	7)		WMPT
PROPUESTO					
FAN	0)	WBBPd2	4)		
	1)		5)	UPEU	
	2)		6)		GTMU
	3)	WBBPf3/UBBPd6	7)	UMPT	UPEU

**Figura 56.** Solución de Tarjetas Escenario 4  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

❖ **Escenario 5:** Cuando se tiene 4 o más sectores UMTS con dos tarjetas WBBPd2 o WBBPf3 existentes en los slots 2 y 3. La solución se plantea como se muestra en la figura 57. En este caso se necesita una nueva BBU adicional a la existente. Se mantienen las tarjetas de la BBU existente de los slots 2 y 3; en el slot 4 de la BBU existente se instala la tarjeta UCIU para conectar las dos BBUs; en la nueva BBU se instala en el slot 2 la tarjeta UBBPd6 y en el slot 7 la tarjeta UMPT.

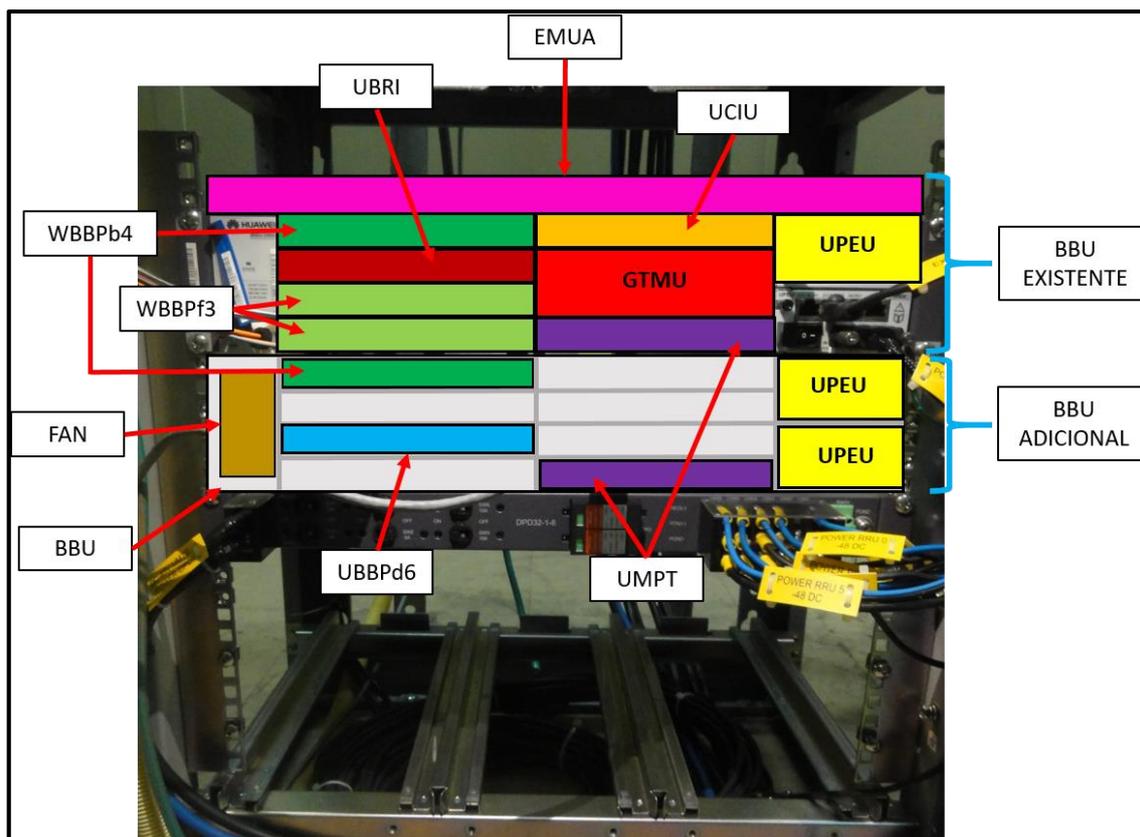
ACTUAL					
FAN	0)		4)		
	1)		5)	UPEU	
	2)	WBBPd2/WBBPf3	6)		GTMU
	3)	WBBPd2/WBBPf3	7)		WMPT
PROPUESTO CON TARJETA UCIU					
FAN	0)		4)	UCIU	
	1)		5)	UPEU	
	2)	WBBPd2/WBBPf3	6)		GTMU
	3)	WBBPd2/WBBPf3	7)	WMPT	UPEU
BBU EXISTENTE					
FAN	0)		4)		
	1)		5)	UPEU	
	2)	LBBPd2/UBBPd6	6)		GTMU
	3)		7)	UMPT	UPEU
NUEVA BBU					

**Figura 57.** Solución de Tarjetas Escenario 5  
**Fuente:** SpeedTech Telecomunicaciones.

En la estación SDOMINGO2 tenemos una combinación de los escenarios 2 y 5, ya que se tiene dos tarjetas WBBPb4 en los slots 2 y 3, y se tiene 4 sectores UMTS. Tomando en cuenta esta combinación de escenarios, la solución para las tarjetas en la BBU sería la siguiente:

- Se debe instalar una nueva BBU adicional.
- La tarjeta WBBPb4 del slot 2 se reubica en el slot 0 de la BBU existente.
- La tarjeta WBBPb4 del slot 3 se reubica en el slot 0 de la nueva BBU.
- En la BBU existente se debe instalar dos tarjetas WBBPf3 o WBBPd2 en los slots 2 y 3 para segunda portadora de UMTS.
- En la BBU existente se debe instalar una tarjeta UBRI en el slot 1. Esta es la tarjeta de interfaz de radio de banda base universal, que se utiliza cuando se tienen más de 3 sectores GSM.
- En la BBU existente se debe instalar la tarjeta UCIU en el slot 4, esta tarjeta se encarga de interconectar a la BBU existente con la nueva BBU.
- En la BBU existente se debe instalar la tarjeta GTMU en los slots 5 y 6, esta tarjeta es para la tecnología GSM, conecta las RRUs de GSM con el equipo de transmisión.
- En la BBU existente se reemplaza la tarjeta WMPT por la UMPT, esta tarjeta es universal para GSM, UMTS y LTE.
- En la BBU existente se reemplaza la tarjeta UEIU por otra UPEU.
- En la nueva BBU se debe instalar la tarjeta FAN que se encarga del control del estado de la BBU, manteniendo la temperatura conveniente para su funcionamiento.
- En la nueva BBU se debe instalar la tarjeta UBBPd6 en el slot 2, esta es la tarjeta para LTE.
- En la nueva BBU se debe instala la tarjeta UMPT en el slot 7.
- En la nueva BBU se deben instalar dos tarjetas UPEU.

En la figura 58 se muestra el fotomontaje de las tarjetas y BBU a instalar en el rack existente en la estación SDOMINGO2, dando así una idea más clara de los cambios descritos anteriormente.



**Figura 58.** Fotomontaje Tarjetas BBU  
**Fuente:** Criterios del diseño.

## 4.7. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA

Los únicos cambios a realizarse en la estación SDOMINGO2, en lo que respecta a energía, se realizarán únicamente en la parte de energía en DC ya que todos los nuevos equipos a instalarse se energizarán directamente desde la Power Plant.

### 4.7.1. *Requerimientos para la Power Plant*

El principal cambio a darse en lo que respecta a la energía en DC en la estación, es que se requiera de un nuevo rectificador en la Power Plant para soportar el consumo de las nuevas cargas. Para determinar si los rectificadores existentes soportarán el consumo de las nuevas cargas a instalarse se debe calcular primeramente la capacidad instalada en Power Plant; el segundo cálculo es para conocer el consumo de las nuevas

cargas, es decir de las nuevas RRUs a instalarse y el último cálculo a realizarse es para conocer la capacidad disponible de corriente.

#### **4.7.1.1. Capacidad instalada en la Power Plant**

Para calcular la capacidad instalada en la Power Plant, se necesitan conocer los siguientes valores:

- El número de rectificadores en operación, en este caso es 4.
- La capacidad de los rectificadores, en este caso es 3000w por tratarse de una Power Eltek.
- El voltaje de salida de la Power Plant que corresponde a los -53.88v, valor observado en el display de la misma.

Con estos valores se procede a realizar el cálculo que nos permitirá obtener la capacidad instalada mediante la ecuación 8.

$$Capac.Inst. = \frac{(Num.Rec.)*(Capac.Rect)}{Vout*(-1)} \quad (Ec. 8)$$

$$Capac.Inst. = \frac{4 * 3000w}{(-53.88v) * (-1)}$$

$$Capac.Inst. = \frac{12000w}{53.88v}$$

$$Capac.Inst. = 222.72A$$

Por lo tanto, la capacidad instalada en la Power Pant de la estación SDOMINDO2 es de 222.72A.

#### 4.7.1.2. *Consumo de nuevas cargas*

Para determinar el consumo de las nuevas cargas se debe tener el valor total de las nuevas RRUs a instalarse y la capacidad de corriente que consumen ellas de acuerdo a su modelo. En la estación SDOMINGO2 se instalarán un total de 12 nuevas RRUs, 9 del modelo 3942 y 3 de modelo 3841; estos dos modelos de RRUs tienen un consumo aproximado de 12A cada una, dato obtenido de sus datasheets. Por lo tanto, el cálculo a realizarse es el siguiente, empleando la ecuación 9:

$$\text{Consumo Nuevas Cargas} = (\text{Num. Nuevas RRUs}) * 12A \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\text{Consumo Nuevas Cargas} = 12 * 12A$$

$$\text{Consumo Nuevas Cargas} = 144A$$

Las 12 nuevas RRUs que se instalaran en la estación SDOMINGO2, generan un consumo de 144A.

#### 4.7.1.3. *Capacidad disponible de corriente*

Este cálculo final es el que permitirá conocer si es necesario o no instalar un nuevo rectificador en la Power Plant para soportar el consumo de las nuevas cargas. Para ello se requiere de la ecuación 10; donde “Capac. Inst.” es el valor obtenido con la ecuación 8; “Load Current” es la corriente de carga visualizada en el display de la Power Plant, en este caso es de 82A; y “Cons. Nuev. Cargas” es el valor obtenido con la ecuación 9.

Si el valor obtenido con la ecuación 10 es negativo, es necesario instalar un nuevo rectificador, si es positivo no es necesario un nuevo rectificador ya que los existentes soportan el consumo de nuevas cargas.

$$\text{Capac. Disp. Corriente} = (\text{Capac. Inst.}) - (\text{Load Current}) - (\text{Cons. Nuev. Cargas}) \quad (\text{Ec. 10})$$

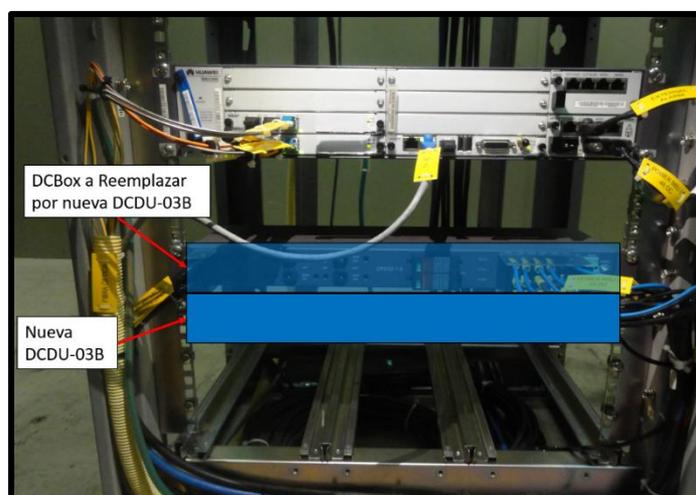
$$\text{Capac. Disp. Corriente} = 222.72A - 82A - 144A$$

$$\text{Capac. Disp. Corriente} = -3.28A$$

Como el resultado es un valor negativo, es necesario instalar un nuevo rectificador para que soporte el consumo de las nuevas cargas a instalarse; este nuevo rectificador necesita de un nuevo breaker para que soporte su consumo; este breaker debe ser de 63A, ya que la potencia de los rectificadores Eltek es de 3kW con un voltaje de 48V, por lo tanto su corriente es de 62.5A.

#### 4.7.2. Requerimientos Para las BBU

Las RRUs necesitan alimentación de energía proveniente de las DC Boxes o DCDUs, las cuales se instalan junto a las BBUs. La DC Box DPD32-1-6 existente es un modelo antiguo, que no tiene los suficientes puertos para conectar las nuevas RRUs; por este motivo es necesario cambiar esta DC Box por la DCDU-03B, ya que se instalará una nueva BBU en la estación, esta BBU necesita de su propia DC Box. De esta manera en el Rack de las BBUs, en lo que respecta a energía se instalarán dos nuevas DC Box del modelo DCDU-03B, además cada DC Box necesita de su breaker en la Power Plant, por lo que se requieren además 2 breakers de 63A. En la figura 59 se muestra la ubicación para las nuevas DCDUs.



**Figura 59.** Fotomontaje DCDUs  
**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2 PROYECTADO

El principal objetivo de la modernización de esta estación, en lo que respecta a la transmisión, es que todas las tecnologías instaladas y proyectadas utilicen transmisión IP.

En el caso de GSM, actualmente se tiene transmisión por E1, es decir TDMA mediante una Flexi Hopper. Para su modernización, la transmisión será por IP conectándose a la SAR-M existente en cualquiera de sus puertos fast ethernet disponibles. Esto es posible ya que su esquema de conexión será similar al de UMTS, pues en lugar de las BTSs estarán las RRUs.

Para UMTS y LTE, el equipo SAR-M me permite realizar una cotransmisión de ambas tecnologías, es decir que la transmisión de UMTS y LTE se harán por el mismo puerto fast ethernet.

#### 4.9. MATERIALES PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN SDOMINGO2

Después de haber realizado los respectivos diseños de los cambios a realizarse en las tecnologías existentes GSM y UMTS y la proyección de la nueva tecnología LTE, es necesario especificar los principales materiales que intervendrán en la modernización de la estación SDOMINGO2. En la tabla 41 se lista los materiales a emplearse para GSM, en la tabla 42 se lista los materiales para UMTS y en la tabla 43 se lista los materiales para LTE.

*Tabla 41. Tabla de Materiales para GSM en la estación SDOMINGO2.*

Categorías	Elemento	Cantidad
<b>Sistema Radiante</b>	Jumper de 3m	28 und
	Feeder de ½"	336 m
	Conector DIN macho para feeder de ½"	28 und
	Clamps de 6 x ½"	56 und
	Grounding Kit para feeder de ½"	14 und
	Taípe	28 und
	Vulcanizante	19 und

	Amarras plásticas negras de 30cm	1 pkt
<b>Unidad de Banda Base</b>	BBU3900	1 und
	Tarjeta UPEU	1 und
	Tarjeta FAN	1 und
	Tarjeta GTMU	1 und
	Tarjeta UBRI	1 und
	Tarjeta UCIU	1 und
	Kit auxiliar de instalación (incluye cable de energía)	5 und
<b>Unidad Remota de Radio</b>	RRU3942 (850MHz)	3 und
	RRU3942 (1900MHz)	4 und
	Transceivers Ópticos	26 und
	Cable de energía de RRUs	70 m
	Fibras Ópticas de 10 m	13 und
	Recolector de Fibra Óptica	4 und
<b>Sistema de Energía</b>	DC-BOX	2 und
	Breaker de 63A	3 und
<b>Otros</b>	Tubería metálica BX	70 m
	Terminales para tubería BX	13 und
	EMUA (Alarmas Externas)	1 und
	Rectificador ELTEK	1 und

**Fuente:** Criterios del diseño.

*Tabla 42. Tabla de Materiales para UMTS en la estación SDOMINGO2.*

<b>Categorías</b>	<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	
<b>Sistema Radiante</b>	Antena Kathrein 742266	2 und	
	Antena DBXCP-4545A-VTM	1 und	
	Antena DBXLH-6565C-VTM	1 und	
	Jumper de 3m	32 und	
	Feeder de ½"	96 m	
	Feeder de 7/8"	336 m	
	Conector DIN macho para feeder de ½"	8 und	
	Conector DIN macho para feeder de 7/8"	24 und	
	Clamps de 6 x ½"	16 und	
	Clamps de 6 x 7/8"	112 und	
	Grounding Kit para feeder de ½"	4 und	
	Grounding Kit para feeder de 7/8"	12 und	
	Taípe	32 und	
	Vulcanizante	22 und	
	Amarras plásticas negras de 30cm	1 pkt	
	<b>Unidad de Banda Base</b>	Tarjeta UPEU	1 und
		Tarjeta UMPT	2 und

	Tarjeta WBBPf3	2 und
	Kit auxiliar de instalación (incluye cable de energía)	5 und
<b>Unidad Remota de Radio</b>	RRU3942 (850MHz)	1 und
	RRU3942 (1900MHz)	2 und
	Transceivers Ópticos	8 und
	Cable de energía de RRUs	20 m
	Fibras Ópticas de 10 m	2 und
<b>Otros</b>	Tubería metálica BX	20 m
	Terminales para tubería BX	4 und

**Fuente:** Criterios del diseño.

**Tabla 43.** Tabla de Materiales para LTE en la estacion SDOMINGO2.

<b>Categorías</b>	<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Sistema Radiante</b>	Antena ADU451819	3 und
	Jumper de 3m	24 und
	Feeder de ½"	144 m
	Conector DIN macho para feeder de ½"	24 und
	Clamps de 6 x ½"	24 und
	Grounding Kit para feeder de ½"	12 und
	Taípe	24 und
	Vulcanizante	16 und
	Amarras plásticas negras de 30cm	1 pkt
	<b>Unidad de Banda Base</b>	Tarjeta UPEU
Tarjeta UBBPd6		1 und
Kit auxiliar de instalación (incluye cable de energía)		2 und
<b>Unidad Remota de Radio</b>	RRU3841 (AWS)	3 und
	Transceivers Ópticos	6 und
	Cable de energía de RRUs	30 m
	Fibras Ópticas de 10 m	3 und
<b>Otros</b>	Tubería metálica BX	30 m
	Terminales para tubería BX	6 und

**Fuente:** Criterios del diseño.

En la tabla 41 de materiales para GSM, se encuentran las RUUs configuradas en modo GU y los requerimientos de energía.

#### 4.9.1. Requerimientos de obra civil

Los requerimientos de obra civil, comprenden todos los cambios o nuevas instalaciones de estructuras en la estación como barras de tierras, escalerillas, soportes, mástiles, etc. Todos estos cambios en lo que respecta a la obra civil se observan en los fotomontajes de los cambios a realizarse, pero sobre todo en el plano, el cual es el referente más importante para el momento de la instalación. En la tabla 44 se detallan los requerimientos de obra civil para la estación SDOMINGO2.

**Tabla 44.** Tabla de Requerimientos de Obra Civil Para la Estación SDOMINGO2.

Categorías	Detalle	Cantidad
<b>Barras de Tierra</b>	Barra de tierra en escalerilla vertical proyectada en. H=22.30m	1 und
	Barra de tierra en escalerillas verticales proyectadas para mástiles proyectados.	2 und
<b>Escalerillas</b>	Escalerilla vertical de 0.40m en torre. L=18.55m	1 und
	Escalerilla vertical de 0.40m junto a mástil proyectado para RRUs, L=2.80m	1 und
	Escalerilla vertical de 0.40m junto a mástil proyectado para RRUs, L=2.80m	1 und
	Escalerilla aérea de 0.30m desde torre al cuarto de equipos. L=3.72m, H=2.80m	1 und
	Escalerilla aérea de 0.40m entre mástiles proyectados. L=1.71m, H=2.40m	1 und
	Escalerilla aérea de 0.40m en el cuarto de equipos. L=1.13m, H=2.40m	1 und
<b>Mástiles y Soportes</b>	Soporte simple de 3mx2” con brazo de 0.30m para antena W UMTS	1 und
	Soporte simple de 3mx2” con brazo de 0.30m para antena X LTE	1 und
	Soporte simple de 3mx2” con brazo de 0.30m para antena Z LTE	1 und
	Mastil de 2mx3” para nuevas RRUs	2 und
<b>Otros</b>	Soporte tipo T para escalerilla aérea L: 2.80m.	1 und
	Boquete para Pasamuros proyectado de 0.50m x 0,30m, H=2.80m.	1 und

**Fuente:** Criterios del diseño.

#### 4.10. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MODERNIZACIÓN DE LA ESTACIÓN SDOMINGO2

Para verificar que el diseño de modernización de la estación SDOMINGO2 logra cubrir las zonas delimitadas por sus azimuts, con un alcance mínimo de 500m desde la

antena hacia el objetivo, se realiza la simulación de la estación mediante el software Radio Mobile.

El software Radio Mobile permite simular una red móvil celular, en la cual muestra el espectro de cobertura desde la antena hacia el objetivo, tomando en cuenta parámetros como la frecuencia de la antena, la ganancia y la potencia de transmisión de la misma, así también como la distancia aproximada entre la estación y el objetivo de cobertura. Esta herramienta, además hace que la simulación se realice separando los parámetros de ambas bandas de frecuencia, es decir que se puede observar la transmisión bajo los parámetros de la frecuencia de 850MHz y de 1900MHz.

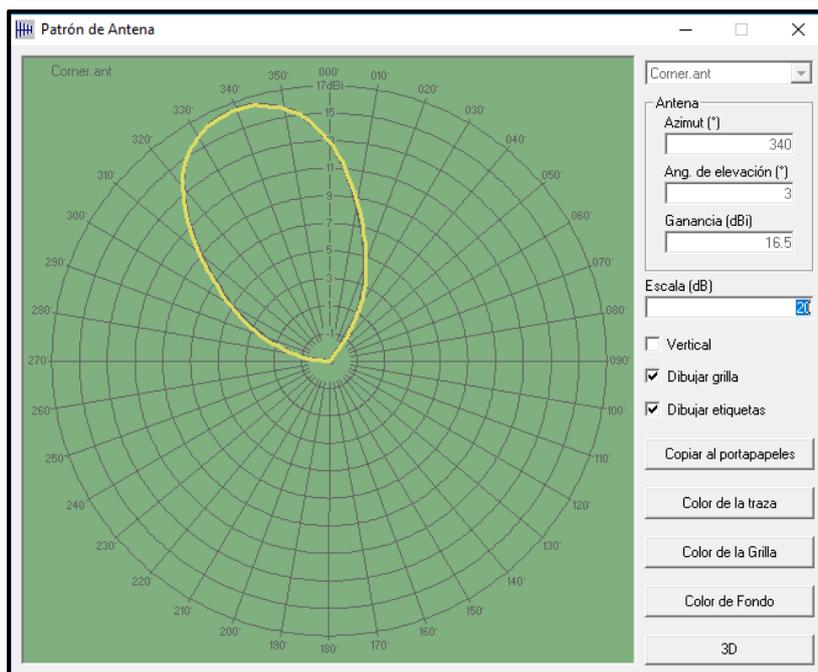
#### ***4.10.1. Simulación en Radio Mobile de GSM para la estación SDOMINGO2***

Cabe recordar que la estación SDOMINGO2 para GSM tienen cuatro sectores: X, Y, Z y Zexp; de los cuales X, Y y Z trabajan sobre las bandas de frecuencia de 850MHz y 1900MHz, el sector Zexp trabaja únicamente en la banda de los 1900MHz con el mismo azimut que el sector Z.

Ya que el sector Zexp tiene los mismos parámetros de configuración que el sector Z, no es necesaria la simulación del mismo, ya que ésta expansión se realizó con el único fin de dar más potencia a la transmisión en la banda de 1900MHz al sector Z GSM.

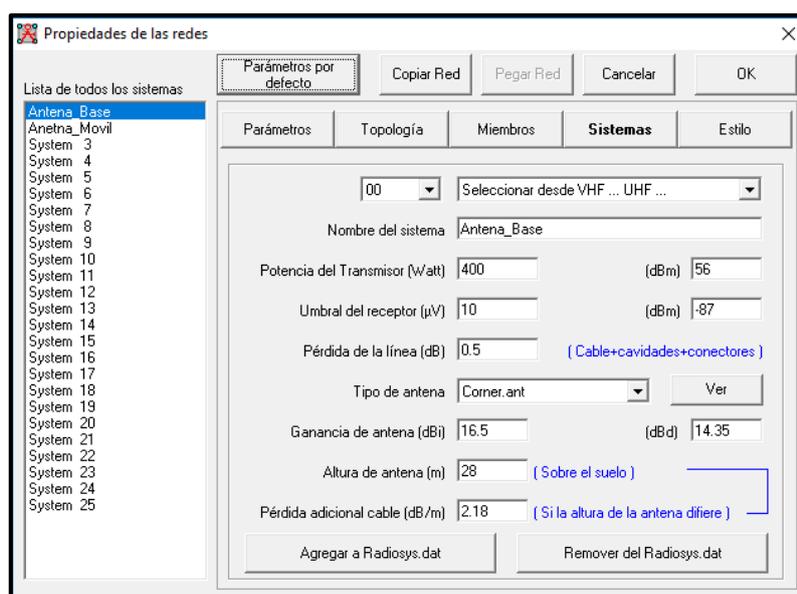
##### ***4.10.1.1. Simulación en Radio Mobile sector X GSM***

En la figura 60 se observa el patrón de radiación de la antena Kathrein 742266 del sector X GSM con su azimut de 340° y su ángulo de inclinación (Tm) de 3°.

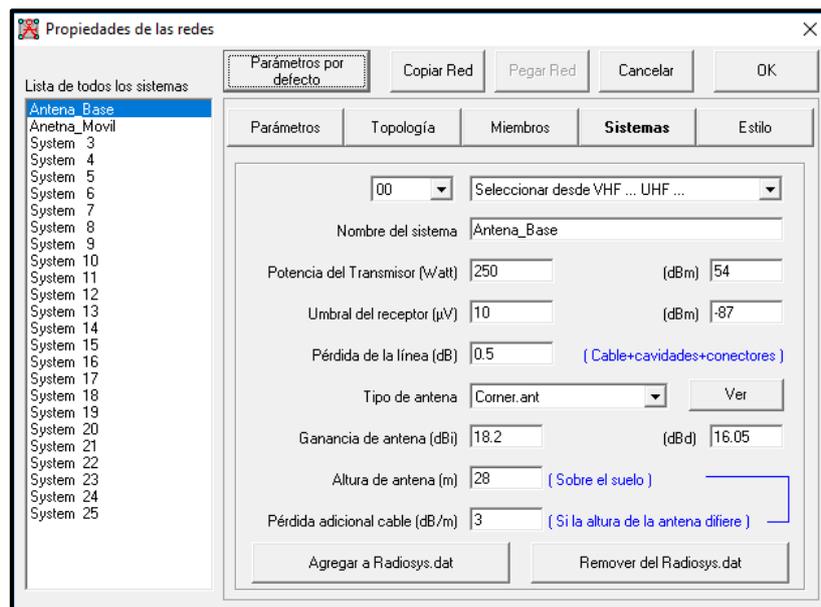


**Figura 60.** Patrón de la Antena Sector X GSM  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 61 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector X GSM para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 62 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 1 de éste documento.

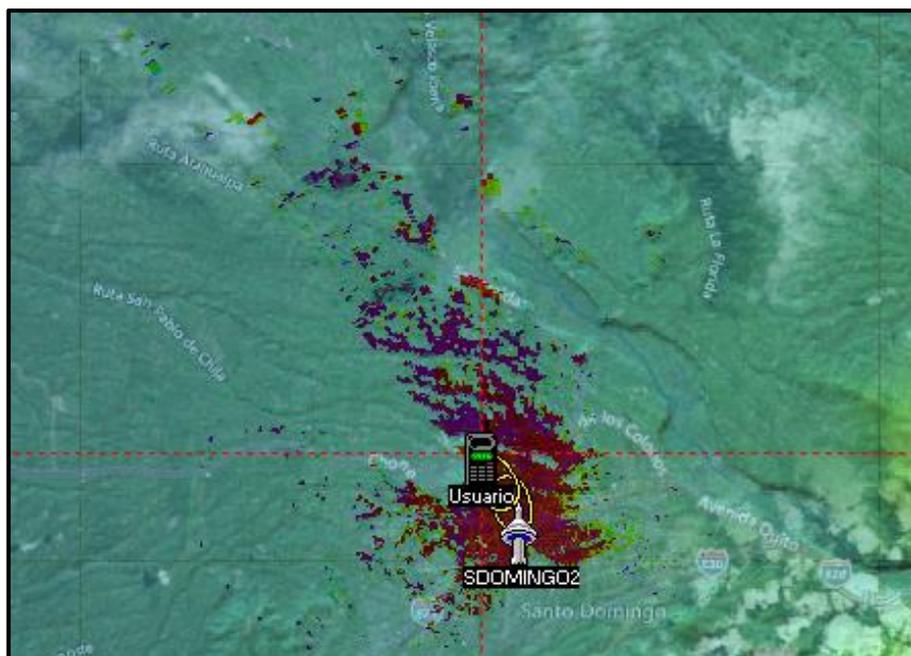


**Figura 61.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X GSM 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

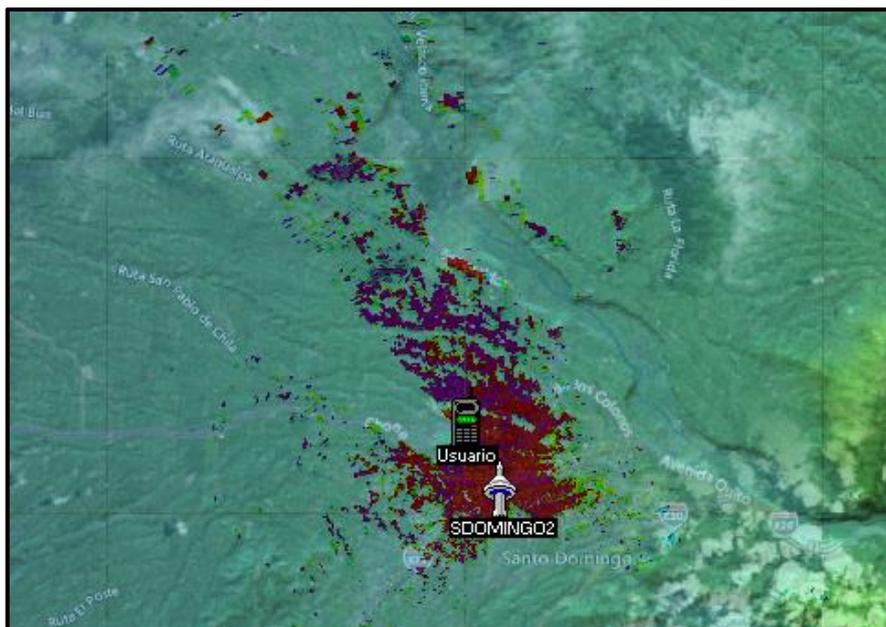


**Figura 62.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X GSM 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 63 se muestra el resultado para la antena del sector X GSM en la banda de 850MHz y en la figura 64 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



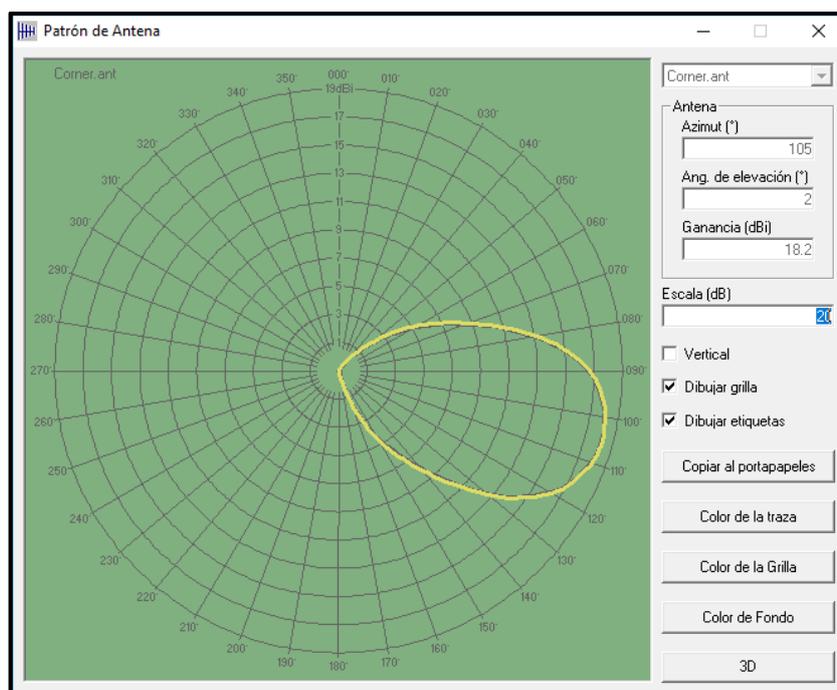
**Figura 63.** Zona de Cubertura del Sector X GSM en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 64.** Zona de Cubertura del Sector X GSM en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

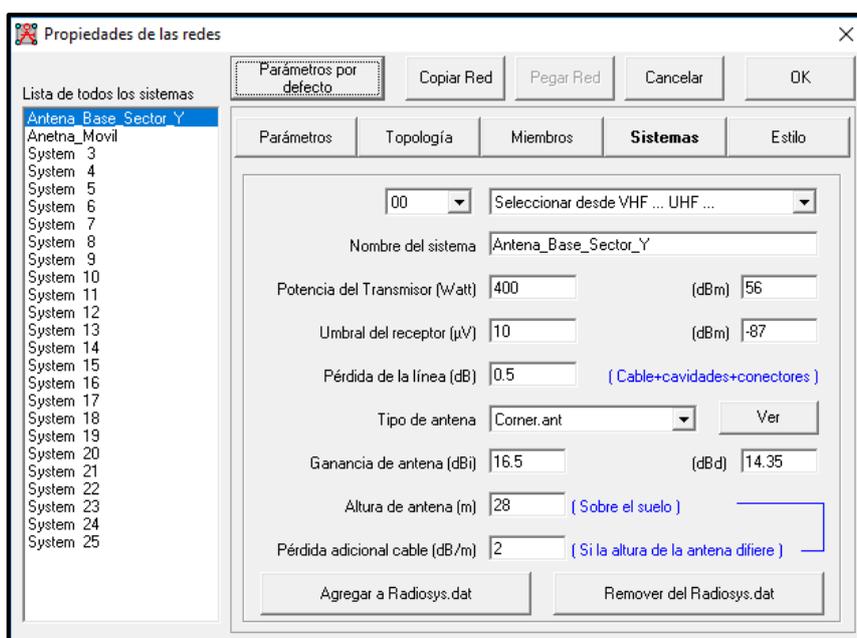
#### 4.10.1.2. Simulación en Radio Mobile sector Y GSM

En la figura 65 se observa el patrón de radiación de la antena Kathrein 742266 del sector Y GSM con su azimut de  $105^\circ$  y su ángulo de inclinación (Tm) de  $2^\circ$ .

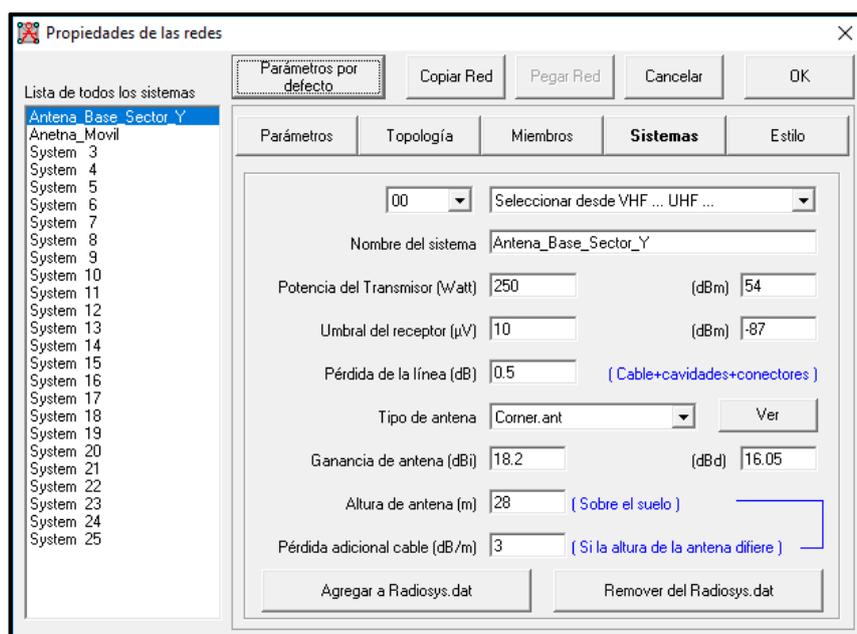


**Figura 65.** Patrón de la Antena Sector Y GSM  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 66 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Y GSM para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 67 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 1 de éste documento.

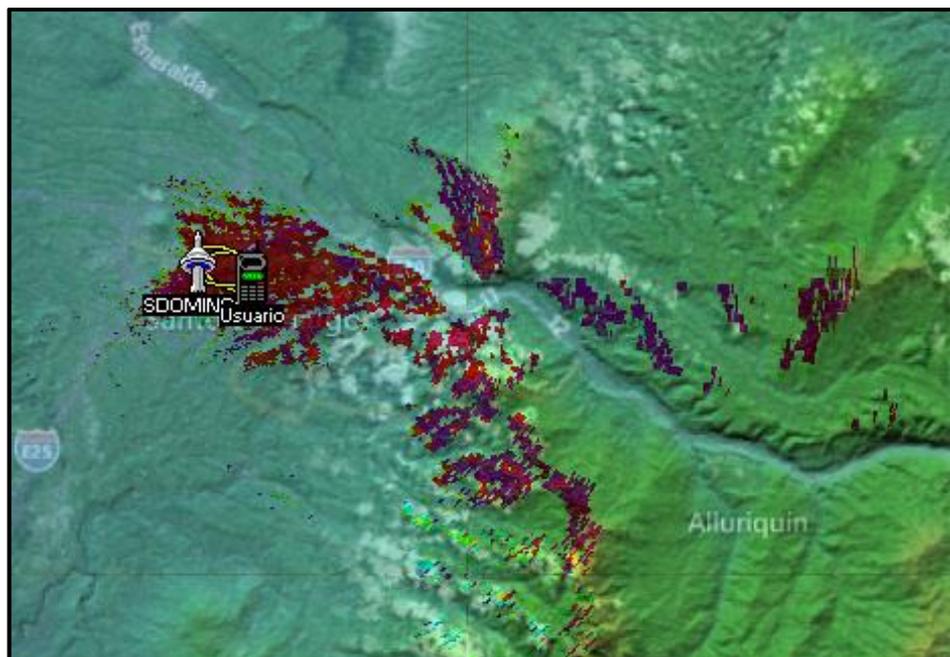


**Figura 66.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y GSM 850MHz  
Fuente: Captura del Software Radio Mobile.

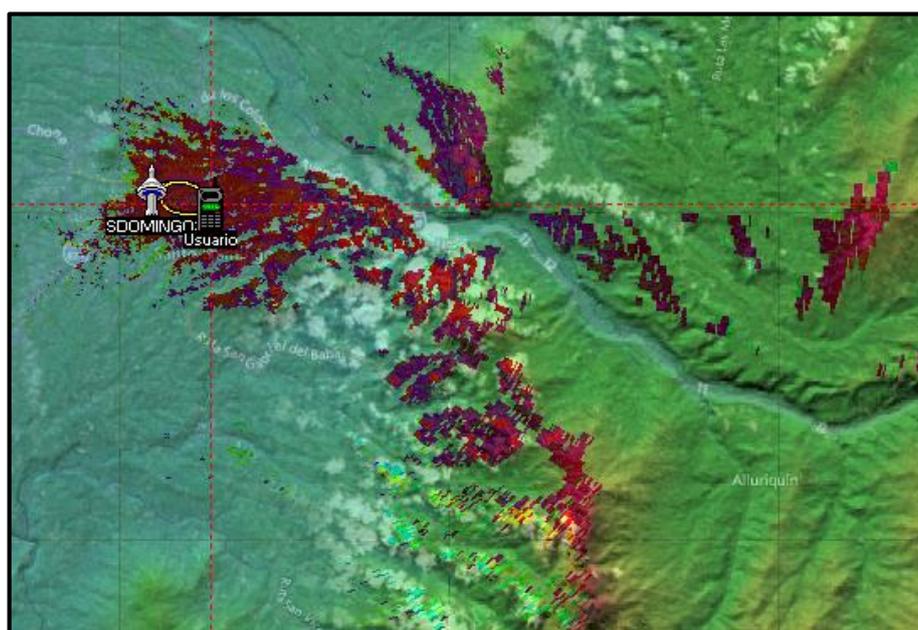


**Figura 67.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y GSM 1900MHz  
Fuente: Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 68 se muestra el resultado para la antena del sector Y GSM en la banda de 850MHz y en la figura 69 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



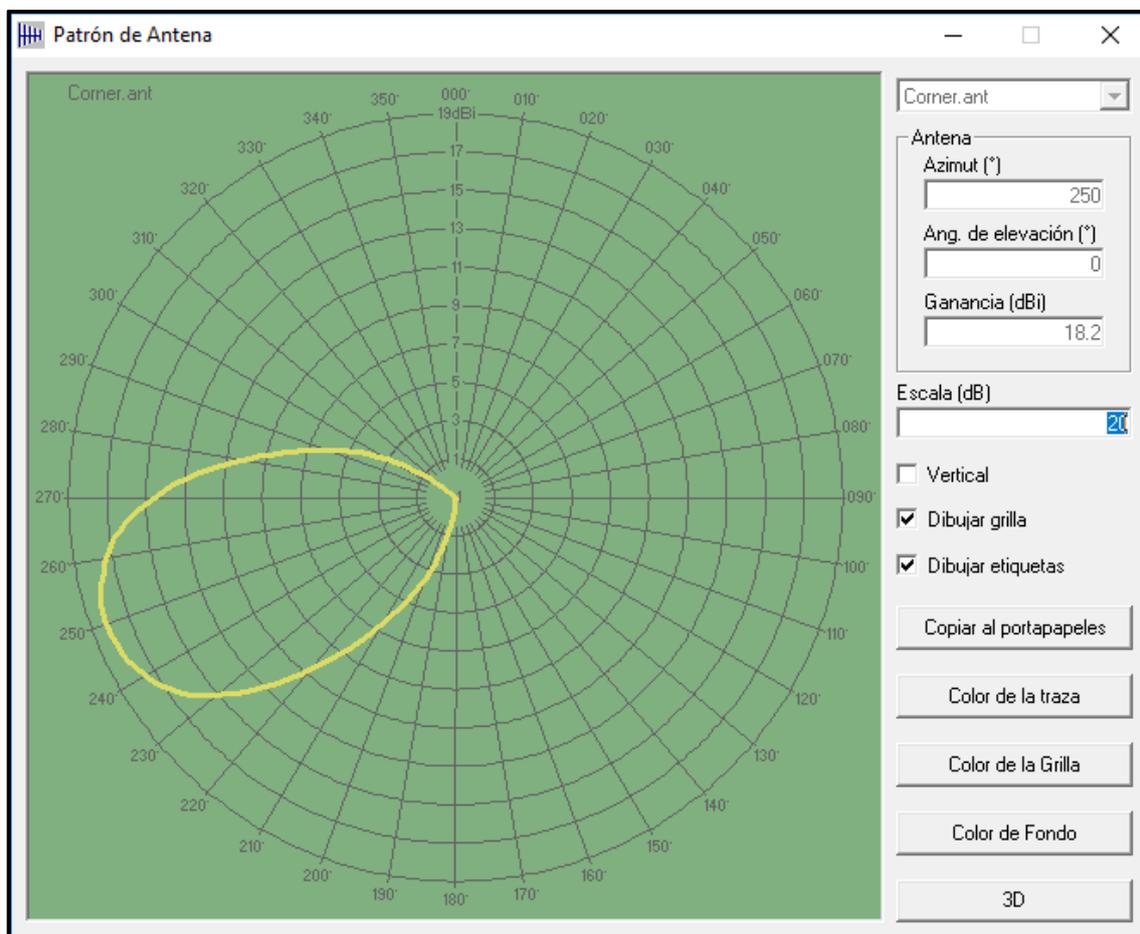
**Figura 68.** Zona de Cobertura del Sector Y GSM en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 69.** Zona de Cobertura del Sector Y GSM en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

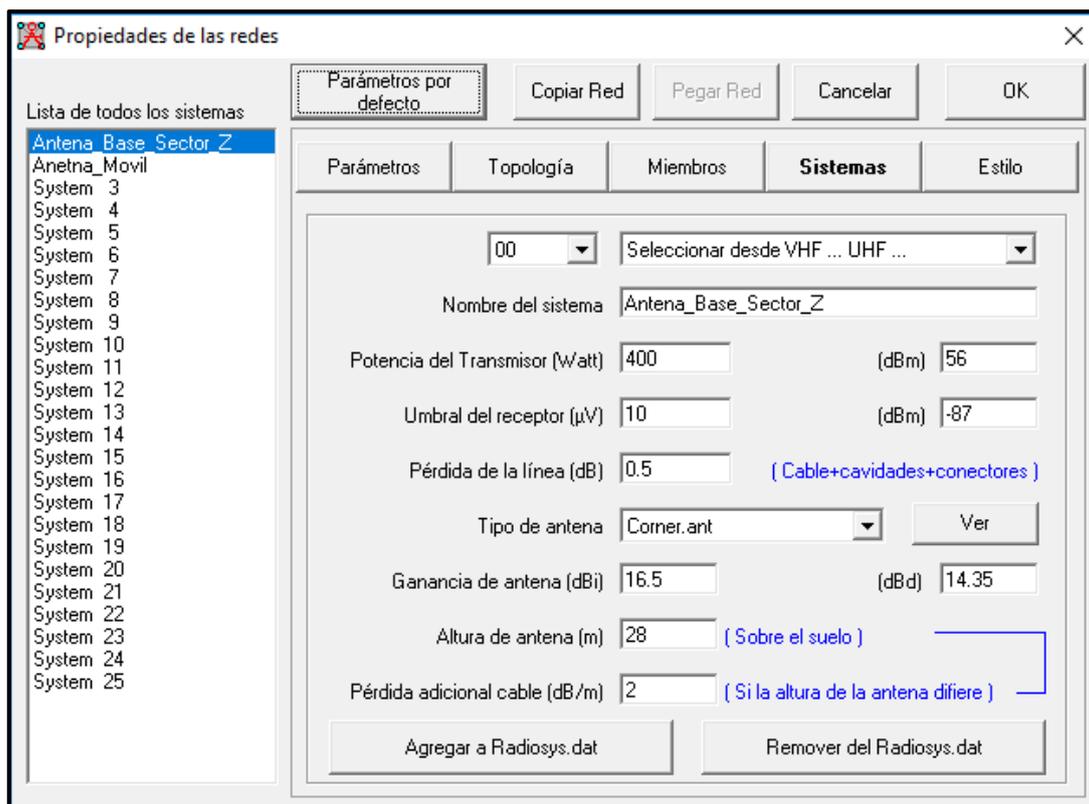
#### 4.10.1.3. Simulación en Radio Mobile sector Z GSM

En la figura 70 se observa el patrón de radiación de la antena Kathrein 742266 del sector Z GSM con su azimut de  $250^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $0^\circ$ .

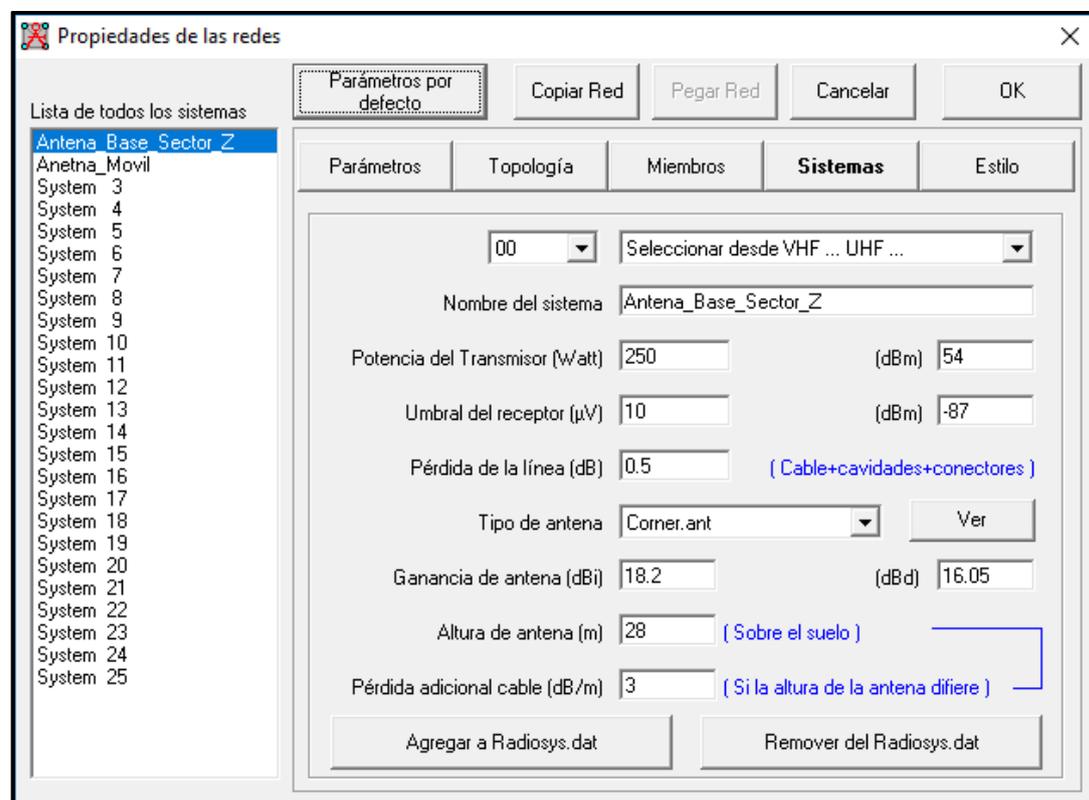


**Figura 70.** Patrón de la Antena Sector Z GSM  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 71 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Z GSM para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 72 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 1 de éste documento.



**Figura 71.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z GSM 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 72.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z GSM 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

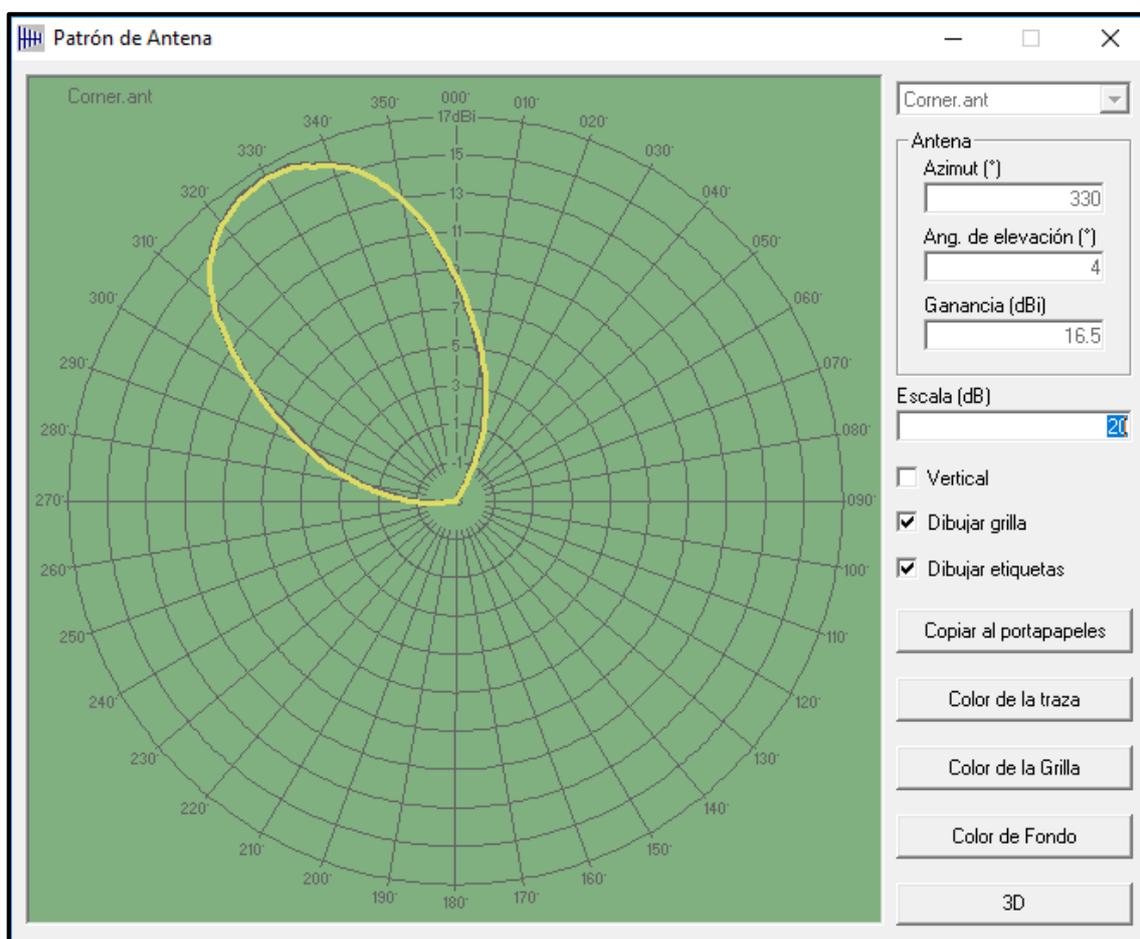


#### 4.10.2. Simulación en Radio Mobile de UMTS para la estación SDOMINGO2

Cabe recordar que para UMTS se tienen cuatro sectores: X, Y, Z y W; en los cuales todos trabajan sobre las bandas de frecuencia de 850MHz y 1900MHz.

##### 4.10.2.1. Simulación en Radio Mobile sector X UMTS

En la figura 75 se observa el patrón de radiación de la antena Kathrein 742266 del sector X UMTS con su azimut de  $330^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $4^\circ$ .

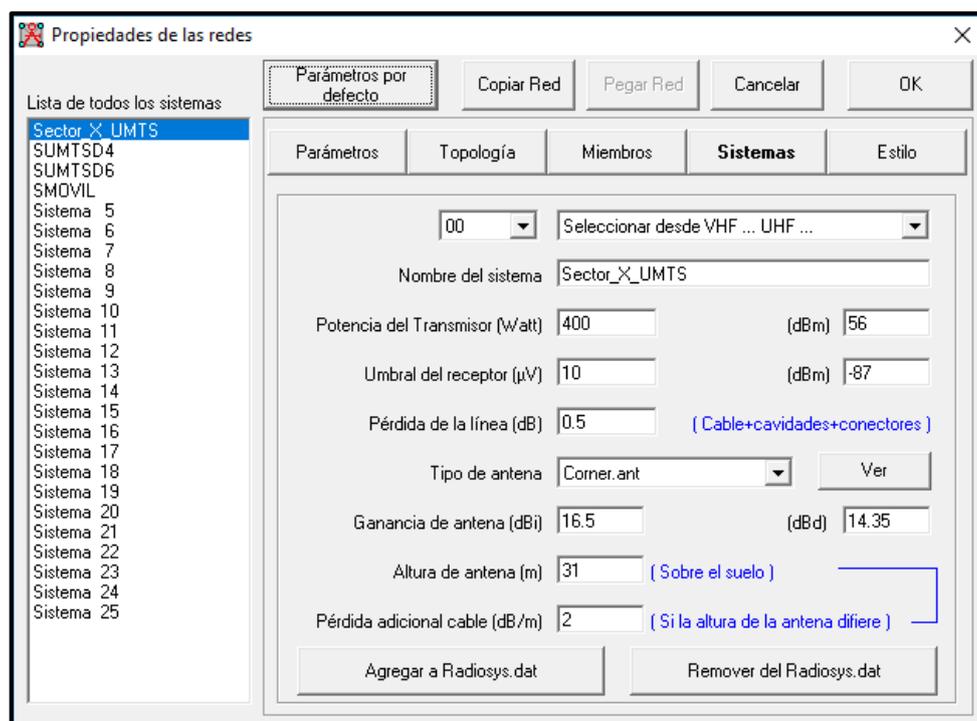


**Figura 75.** Patrón de la Antena Sector X UMTS

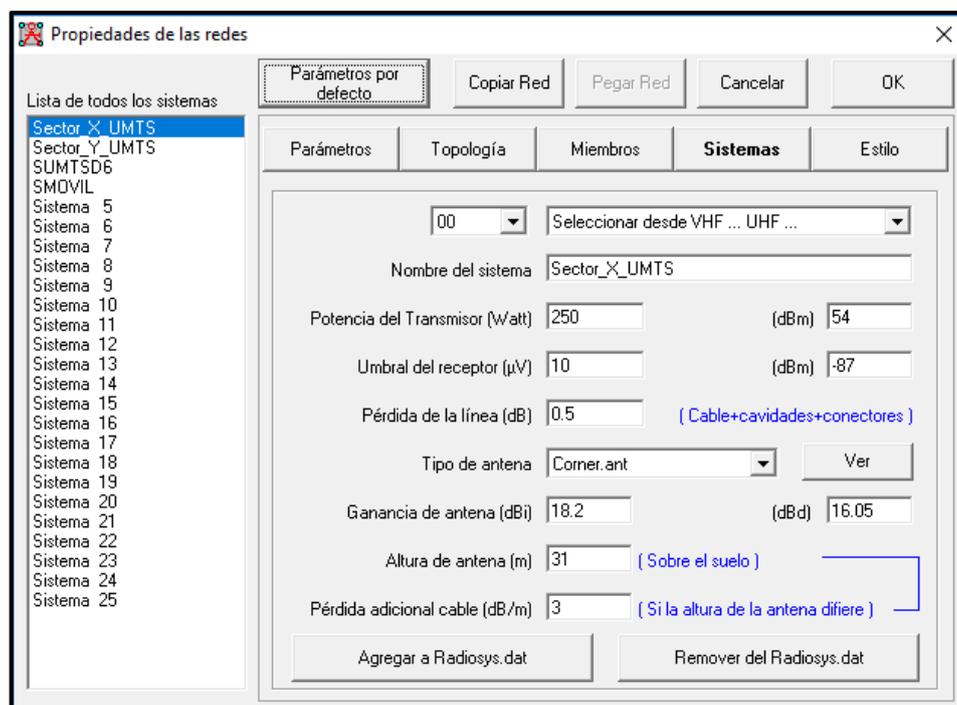
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 76 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector X UMTS para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 77 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los

parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 1 de éste documento.

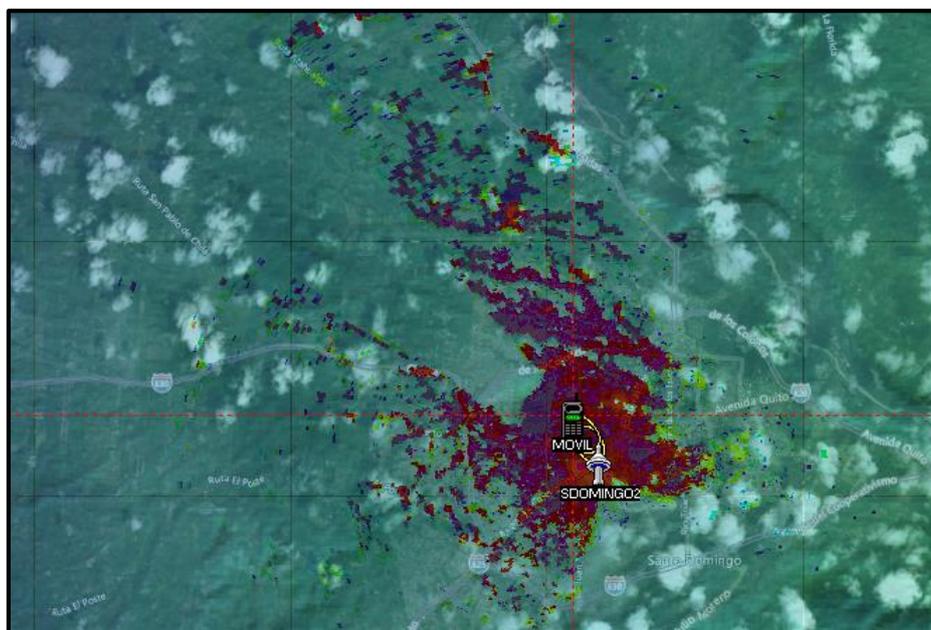


**Figura 76.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X UMTS 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

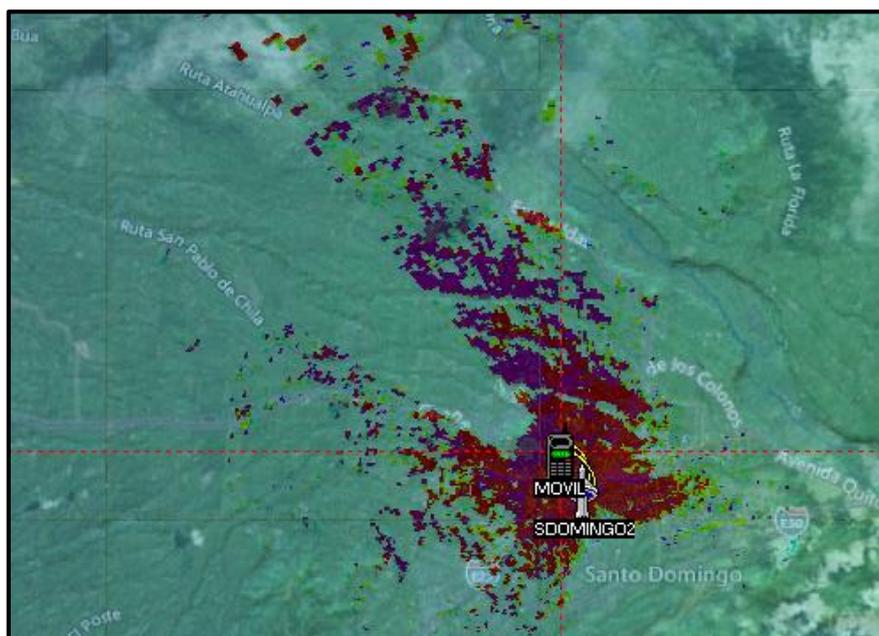


**Figura 77.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X UMTS 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 78 se muestra el resultado para la antena del sector X UMTS en la banda de 850MHz y en la figura 79 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



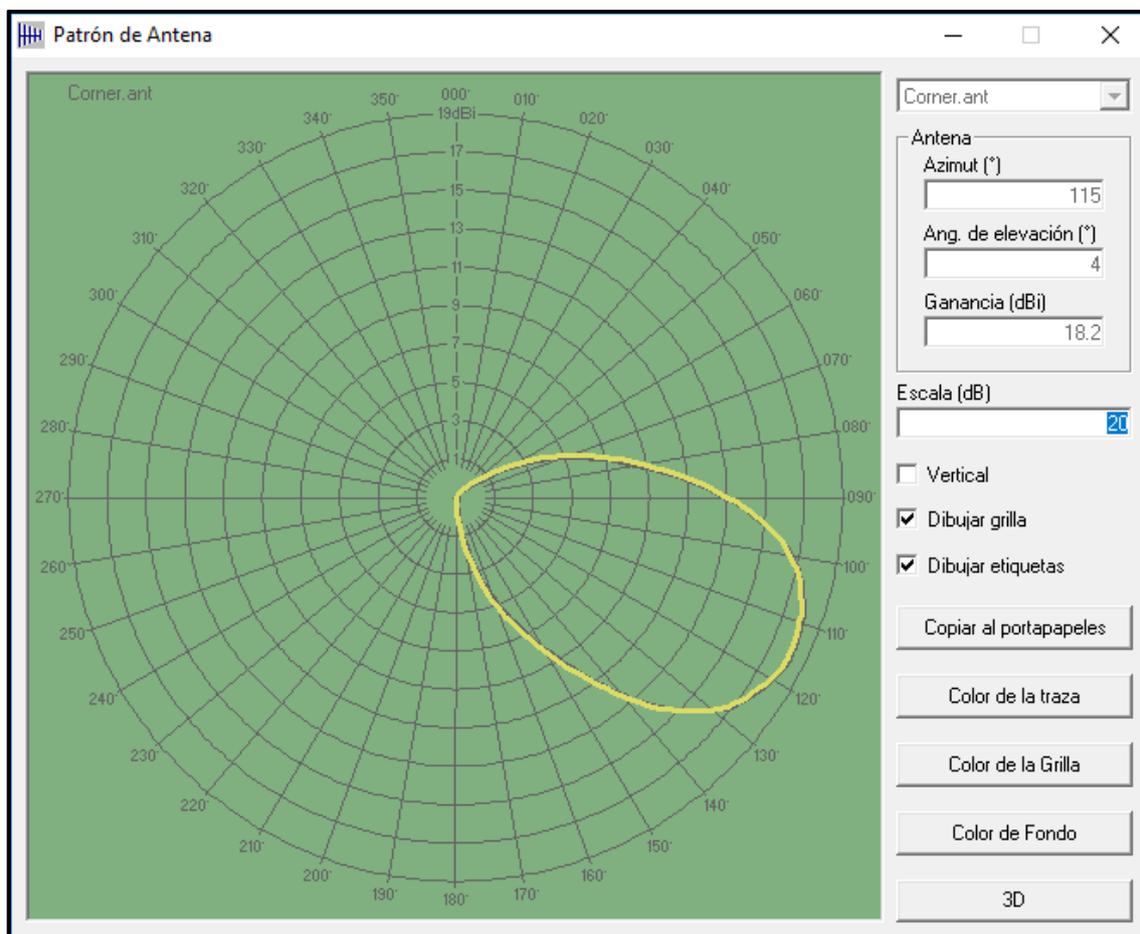
**Figura 78.** Zona de Cubertura del Sector X UMTS en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 79.** Zona de Cubertura del Sector X UMTS en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

#### 4.10.2.2. Simulación en Radio Mobile sector Y UMTS

En la figura 80 se observa el patrón de radiación de la antena Kathrein 742266 del sector Y UMTS con su azimut de  $115^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $4^\circ$ .



**Figura 80.** Patrón de la Antena Sector Y UMTS  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 81 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Y UMTS para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 82 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 1 de éste documento.

Propiedades de las redes

Lista de todos los sistemas

- Sector X UMTS
- Sector Y UMTS
- SUMTSD6
- SMDVIL
- Sistema 5
- Sistema 6
- Sistema 7
- Sistema 8
- Sistema 9
- Sistema 10
- Sistema 11
- Sistema 12
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema Sector\_Y\_UMTS

Potencia del Transmisor (Watt) 400 (dBm) 56

Umbral del receptor ( $\mu$ V) 10 (dBm) -87

Pérdida de la línea (dB) 0.5 ( Cable+cavidades+conectores )

Tipo de antena Corner.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 16.5 (dBd) 14.35

Altura de antena (m) 31 ( Sobre el suelo )

Pérdida adicional cable (dB/m) 2 ( Si la altura de la antena difiere )

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

**Figura 81.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y UMTS 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Propiedades de las redes

Lista de todos los sistemas

- Sector X UMTS
- Sector Y UMTS
- SUMTSD6
- SMDVIL
- Sistema 5
- Sistema 6
- Sistema 7
- Sistema 8
- Sistema 9
- Sistema 10
- Sistema 11
- Sistema 12
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema Sector\_Y\_UMTS

Potencia del Transmisor (Watt) 250 (dBm) 54

Umbral del receptor ( $\mu$ V) 10 (dBm) -87

Pérdida de la línea (dB) 0.5 ( Cable+cavidades+conectores )

Tipo de antena Corner.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 18.2 (dBd) 16.05

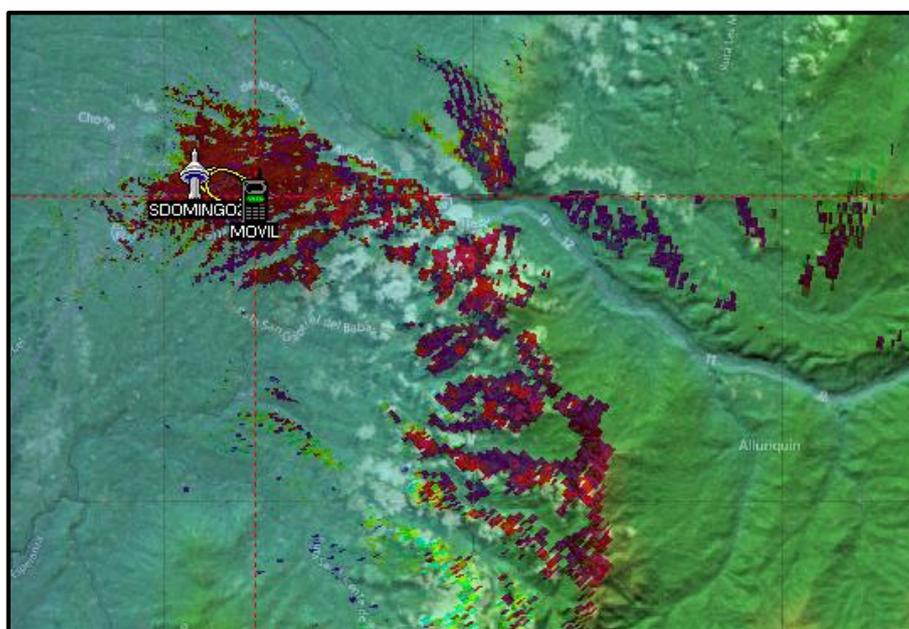
Altura de antena (m) 31 ( Sobre el suelo )

Pérdida adicional cable (dB/m) 3 ( Si la altura de la antena difiere )

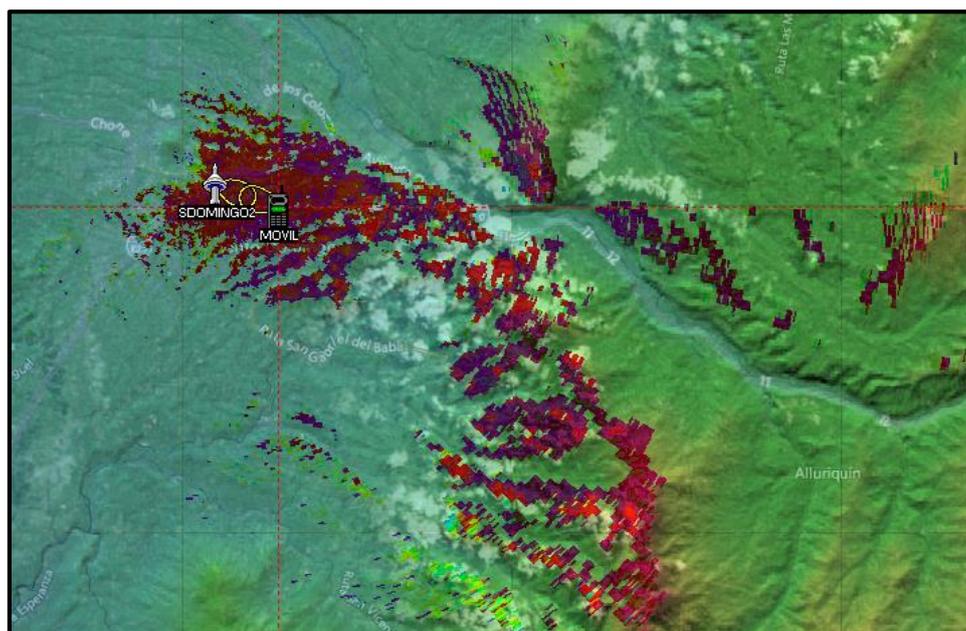
Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

**Figura 82.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y UMTS 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 83 se muestra el resultado para la antena del sector Y UMTS en la banda de 850MHz y en la figura 84 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



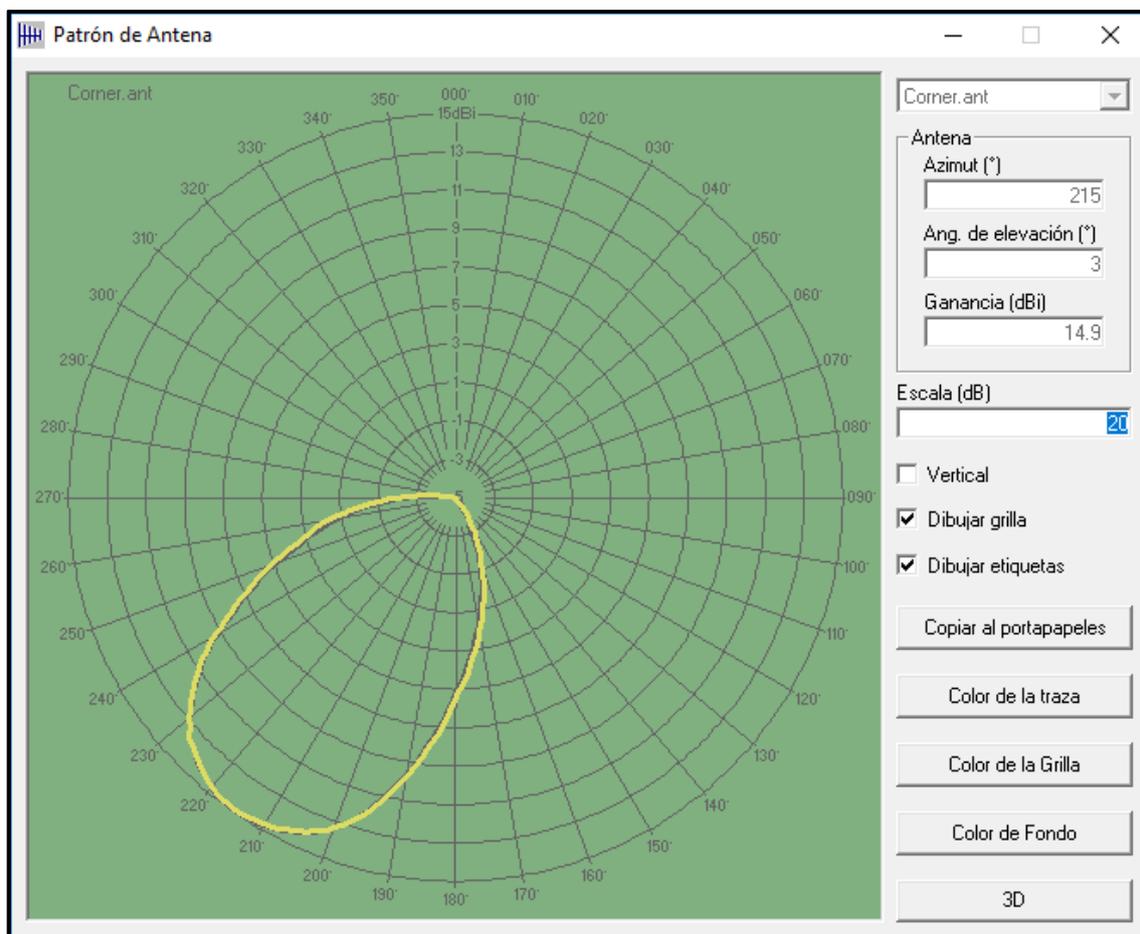
**Figura 83.** Zona de Cubertura del Sector Y UMTS en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 84.** Zona de Cubertura del Sector Y UMTS en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

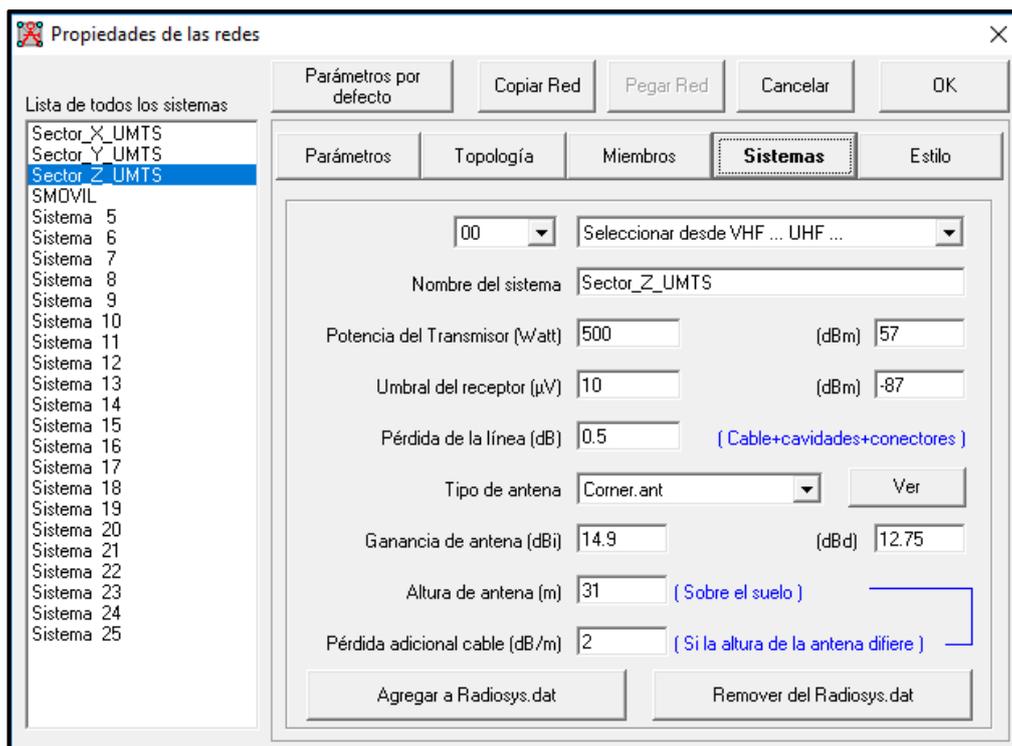
#### 4.10.2.3. Simulación en Radio Mobile sector Z UMTS

En la figura 85 se observa el patrón de radiación de la antena DBXCP-4545A-  
VTM del sector Z UMTS con su azimut de  $215^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $3^\circ$ .

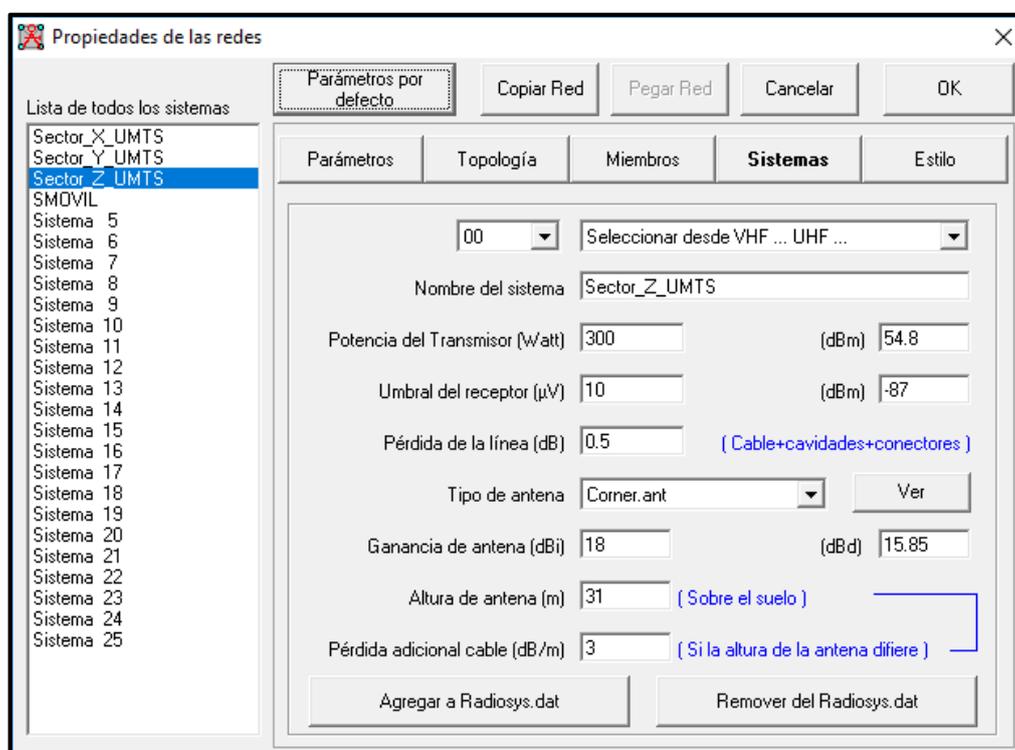


**Figura 85.** Patrón de la Antena Sector Z UMTS  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 86 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Z UMTS para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 87 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 2 de éste documento.

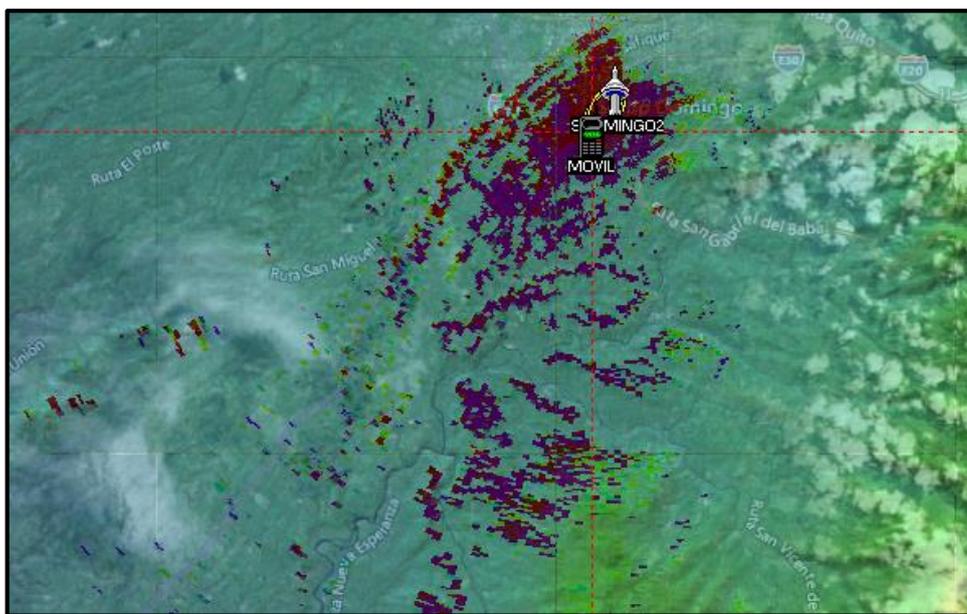


**Figura 86.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z UMTS 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

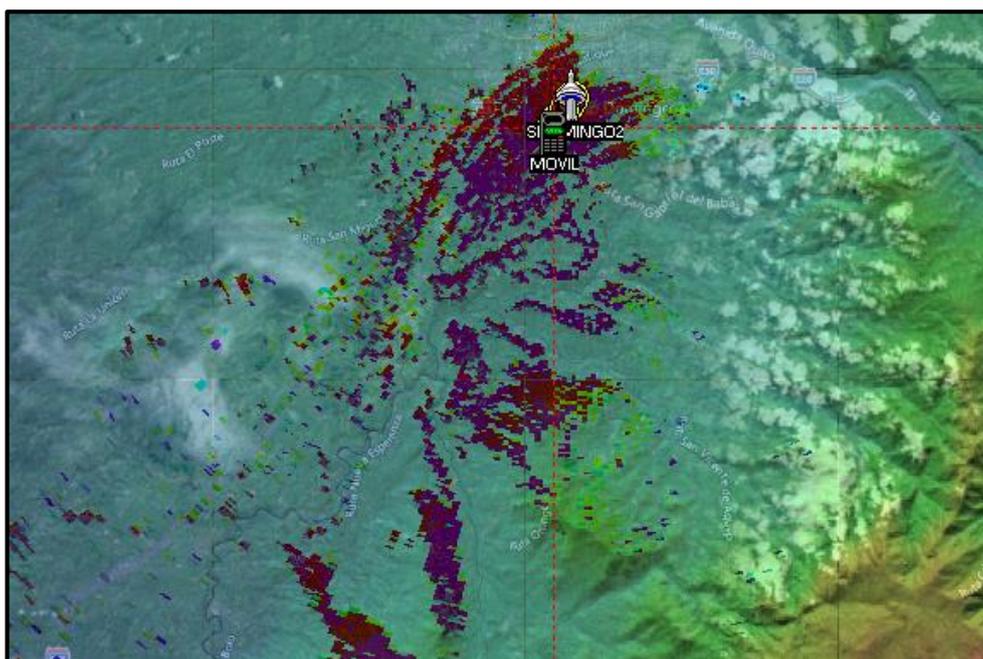


**Figura 87.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z UMTS 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 88 se muestra el resultado para la antena del sector Z UMTS en la banda de 850MHz y en la figura 89 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



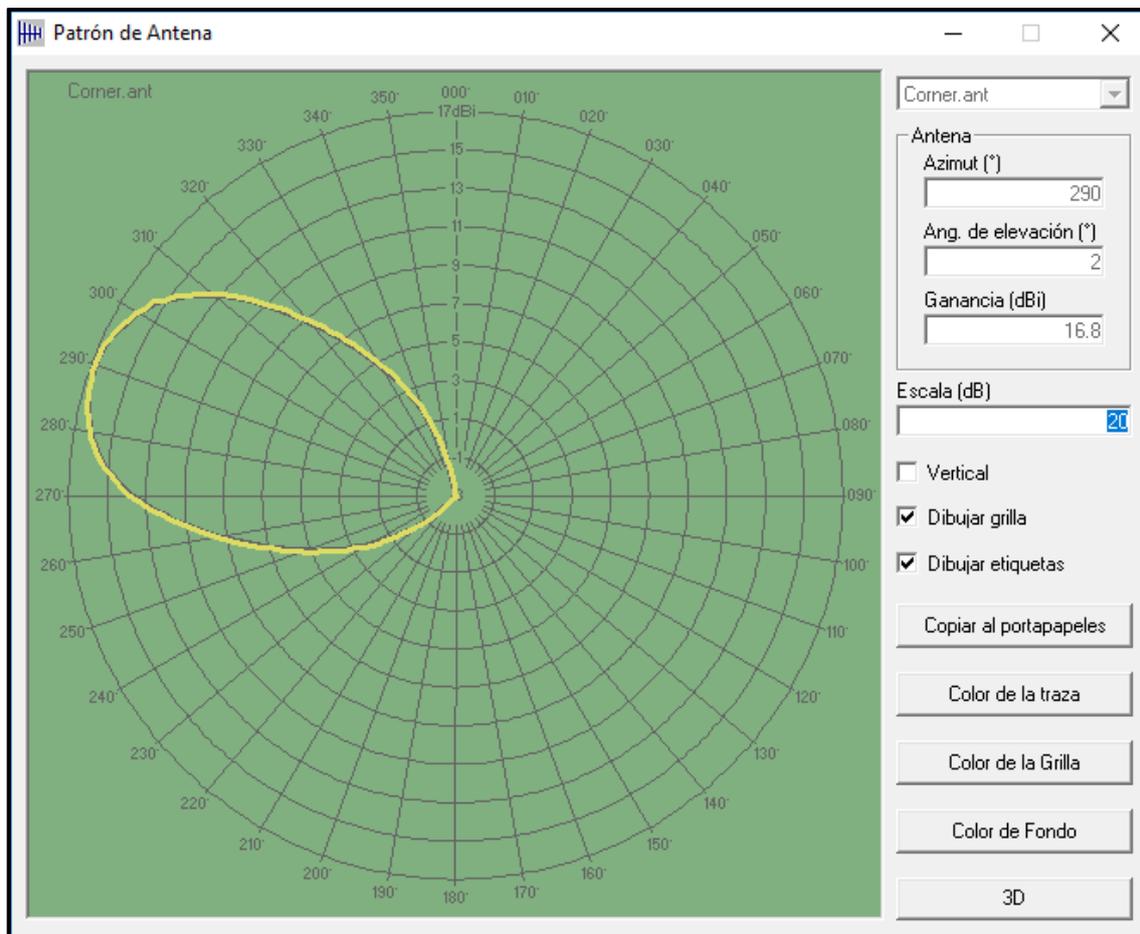
**Figura 88.** Zona de Cobertura del Sector Z UMTS en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 89.** Zona de Cobertura del Sector Z UMTS en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

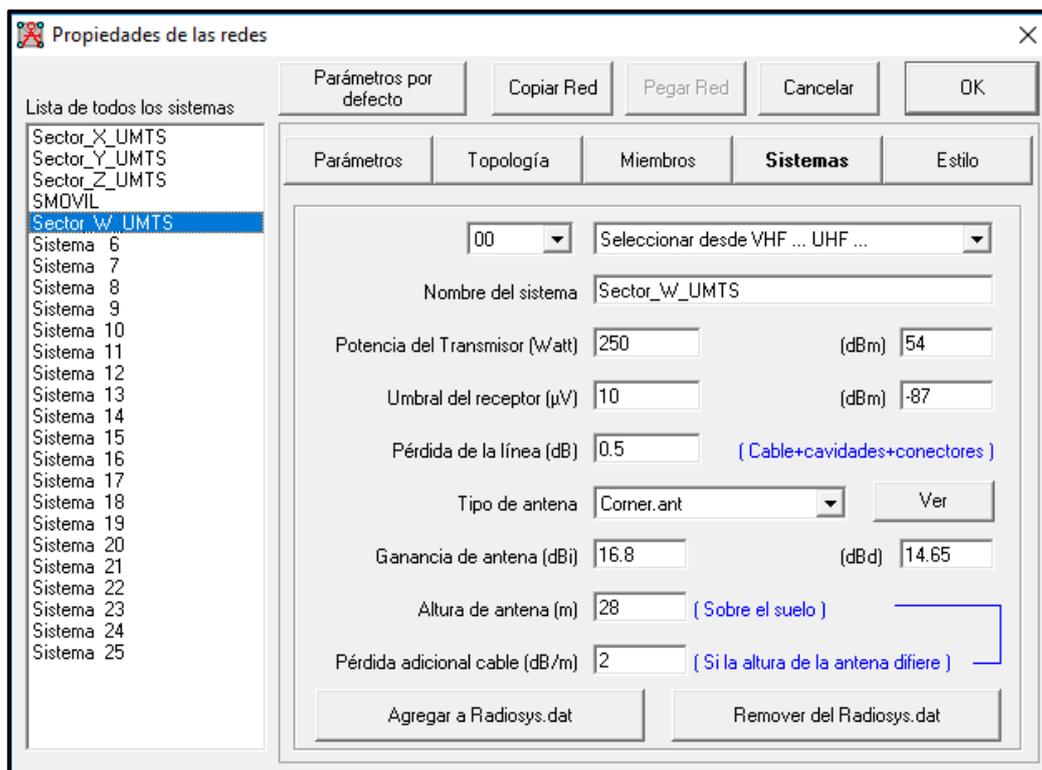
#### 4.10.2.4. Simulación en Radio Mobile sector W UMTS

En la figura 90 se observa el patrón de radiación de la antena DBXLH-6565C-  
VTM del sector W UMTS con su azimut de 290° y su ángulo de inclinación (Tm) de 2°.

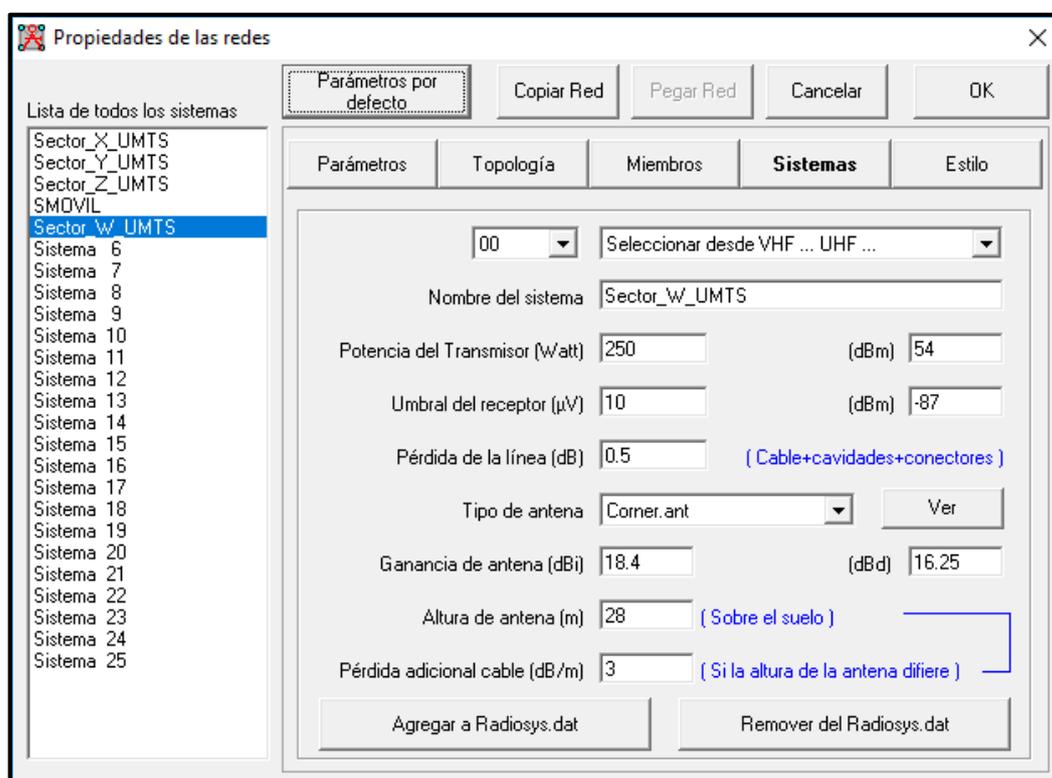


**Figura 90.** Patrón de la Antena Sector W UMTS  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 91 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector W UMTS para la banda de frecuencia de los 850MHz, y en la figura 92 se observan los mismos parámetros para la banda de los 1900MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 3 de éste documento.

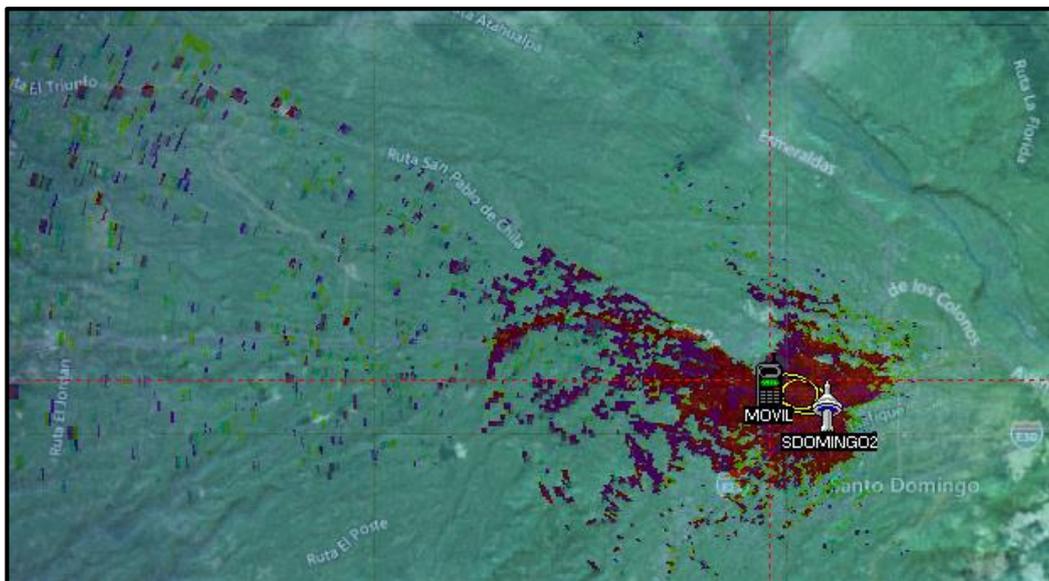


**Figura 91.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector W UMTS 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

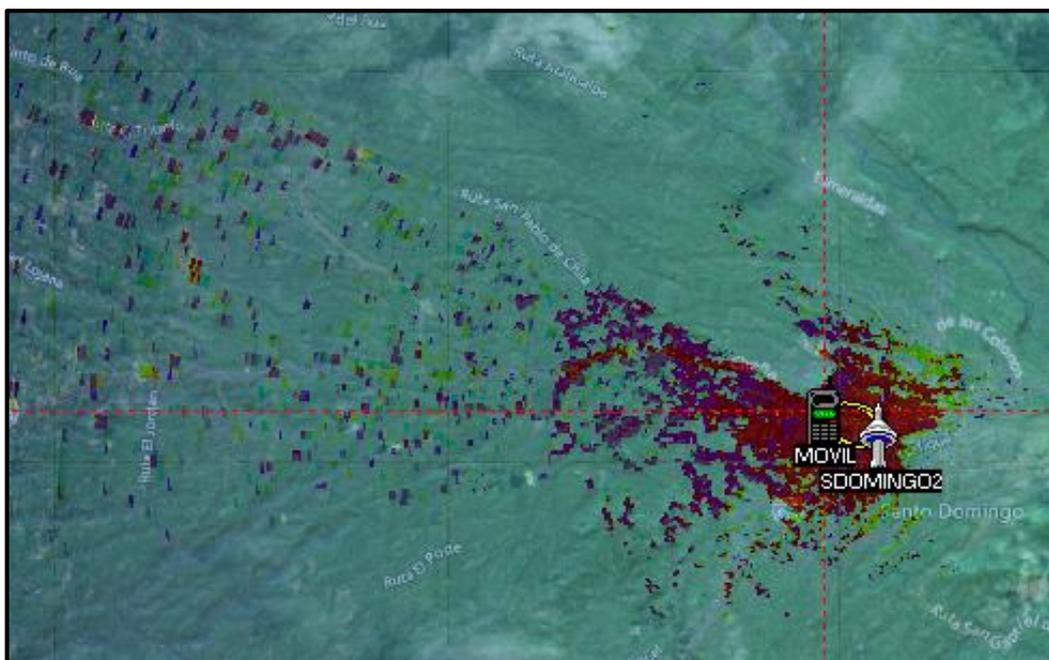


**Figura 92.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector W UMTS 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 93 se muestra el resultado para la antena del sector W UMTS en la banda de 850MHz y en la figura 94 se muestra el resultado en la banda de 1900MHz.



**Figura 93.** Zona de Cubertura del Sector W UMTS en la banda de 850MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



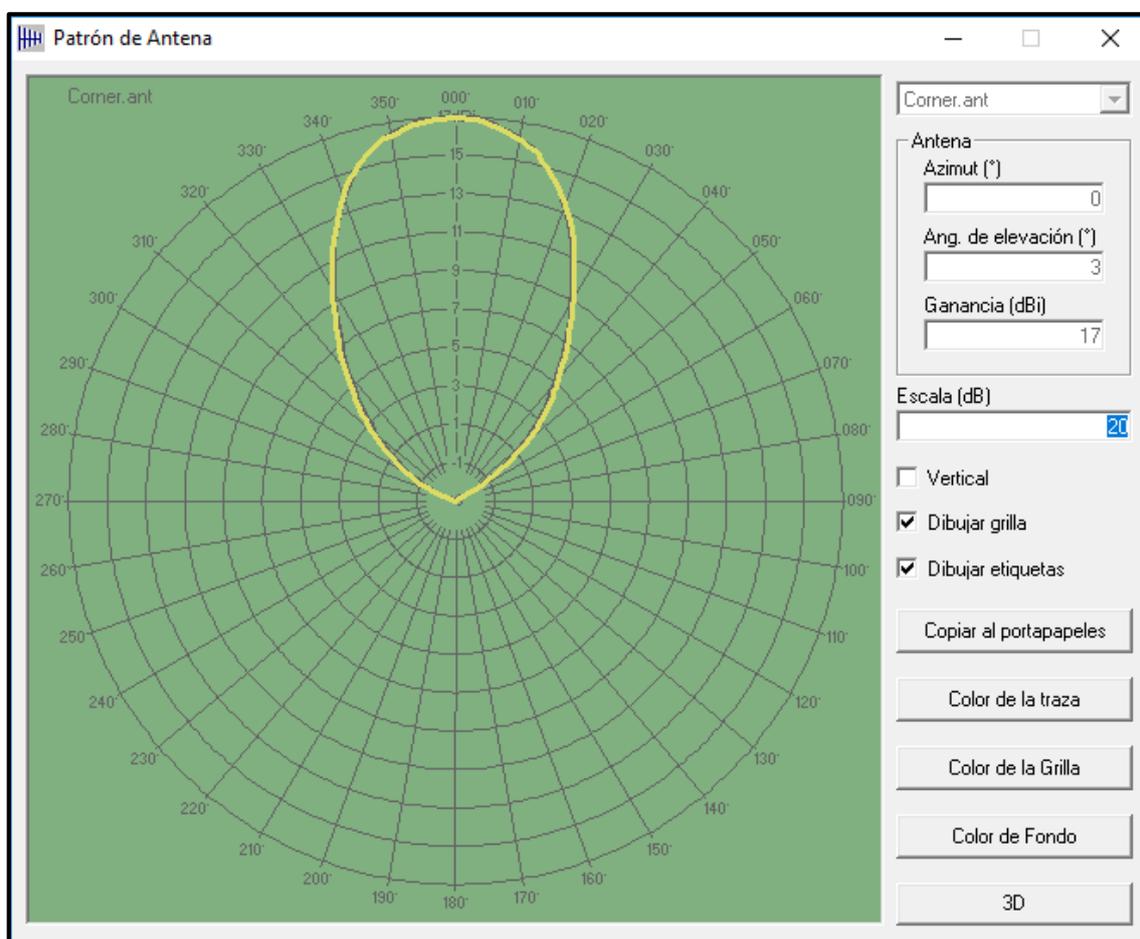
**Figura 94.** Zona de Cubertura del Sector W UMTS en la banda de 1900MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

### 4.10.3. Simulación en Radio Mobile de LTE para la estación SDOMINGO2

Cabe recordar que para LTE se tienen tres sectores: X, Y y Z; en los cuales todos trabajan sobre la banda AWS que comprende las frecuencias de 1700MHz y 2100MHz.

#### 4.10.3.1. Simulación en Radio Mobile sector X LTE

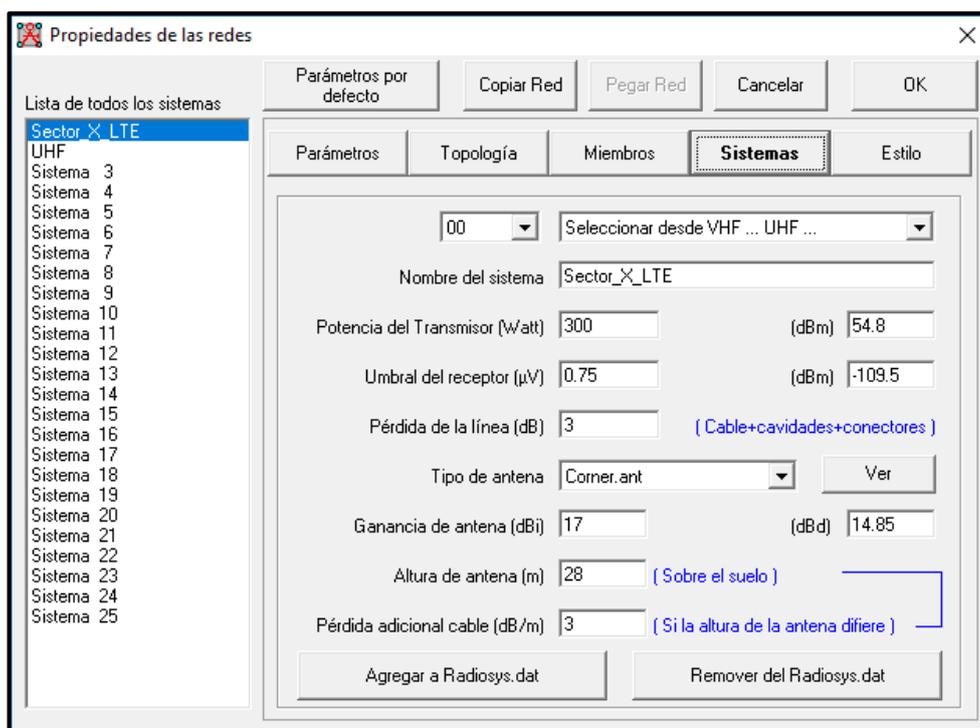
En la figura 95 se observa el patrón de radiación de la antena ADU451819 del sector X LTE con su azimut de 0° y su ángulo de inclinación (Tm) de 3°.



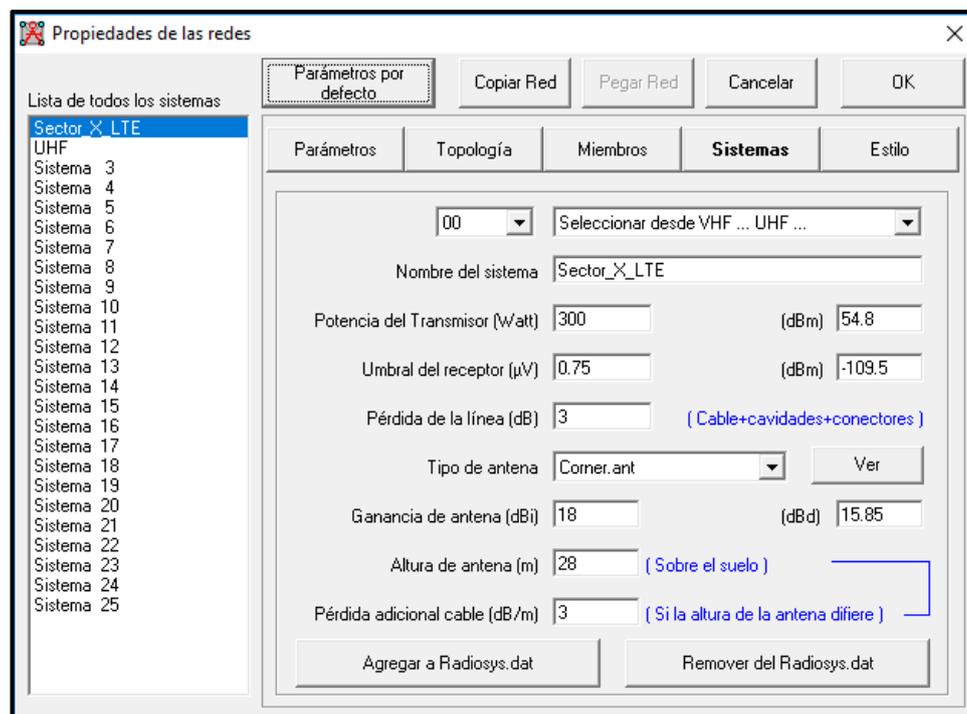
**Figura 95.** Patrón de la Antena Sector X UMTS  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 96 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector X LTE para la frecuencia de los 1700MHz, y en la figura 97 se observan los mismos parámetros para la frecuencia de 2100MHz. Los valores de los

parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 4 de éste documento.

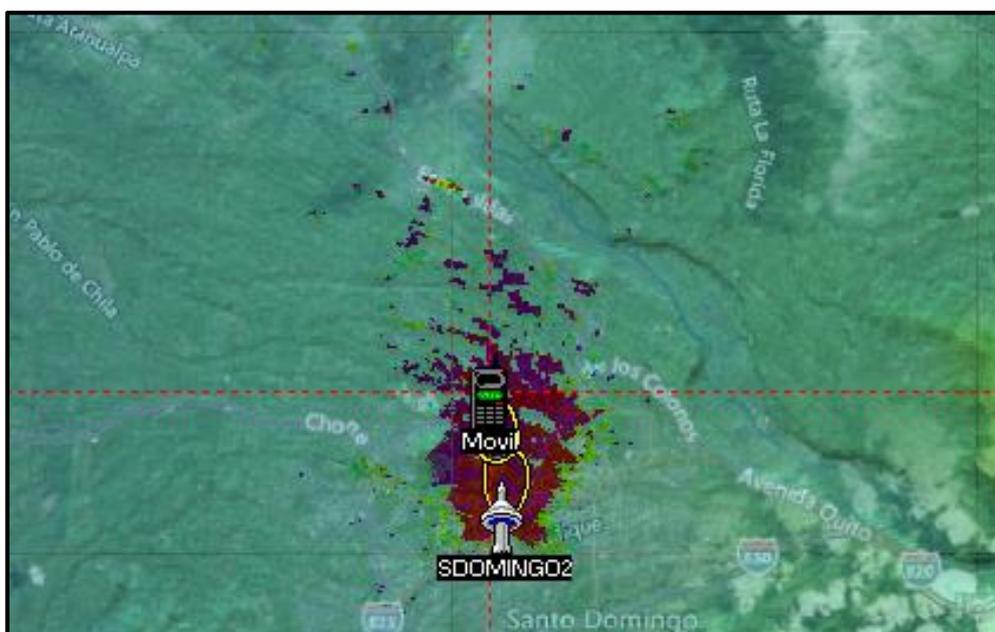


**Figura 96.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X LTE 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 97.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector X LTE 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 98 se muestra el resultado para la antena del sector X LTE en la banda de 1700MHz y en la figura 99 se muestra el resultado en la banda de 2100MHz.



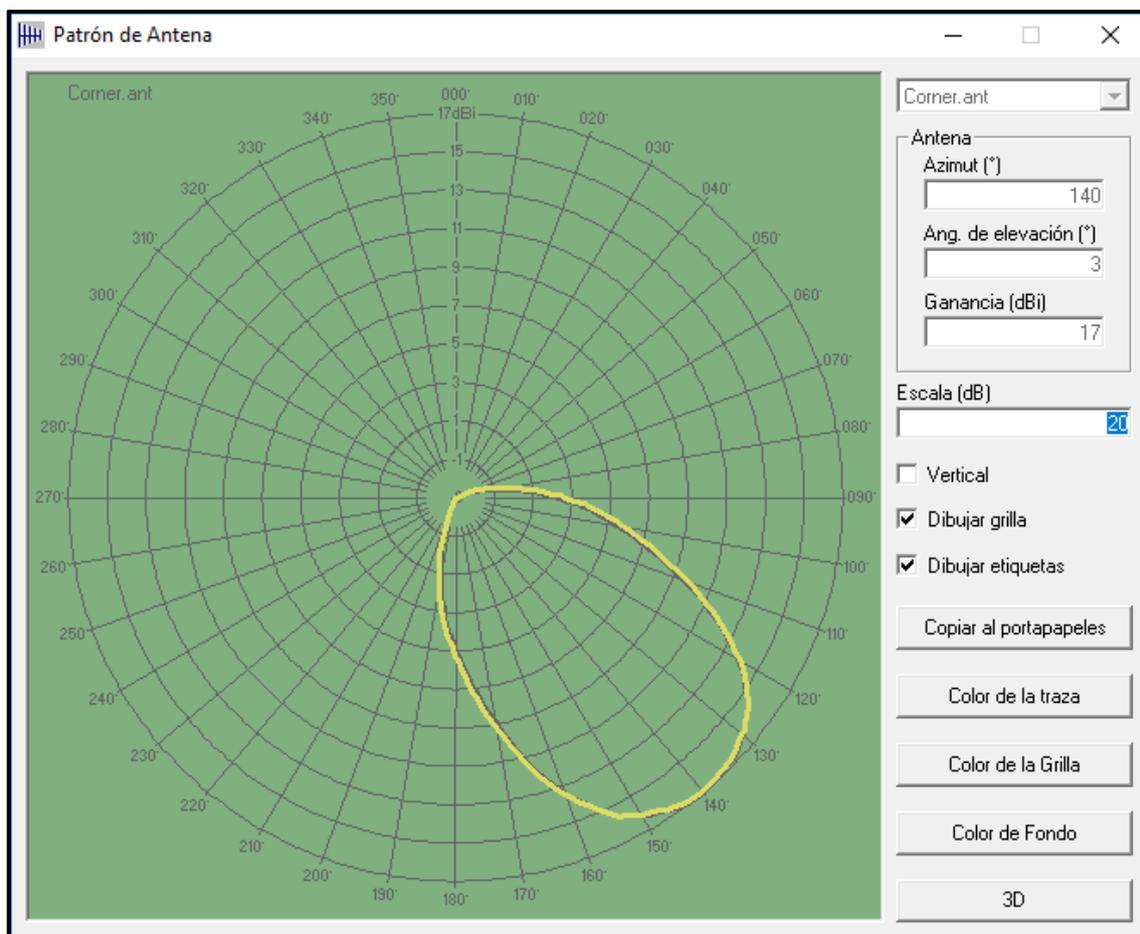
**Figura 98.** Zona de Cubertura del Sector X LTE en la banda de 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 99.** Zona de Cubertura del Sector X LTE en la banda de 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

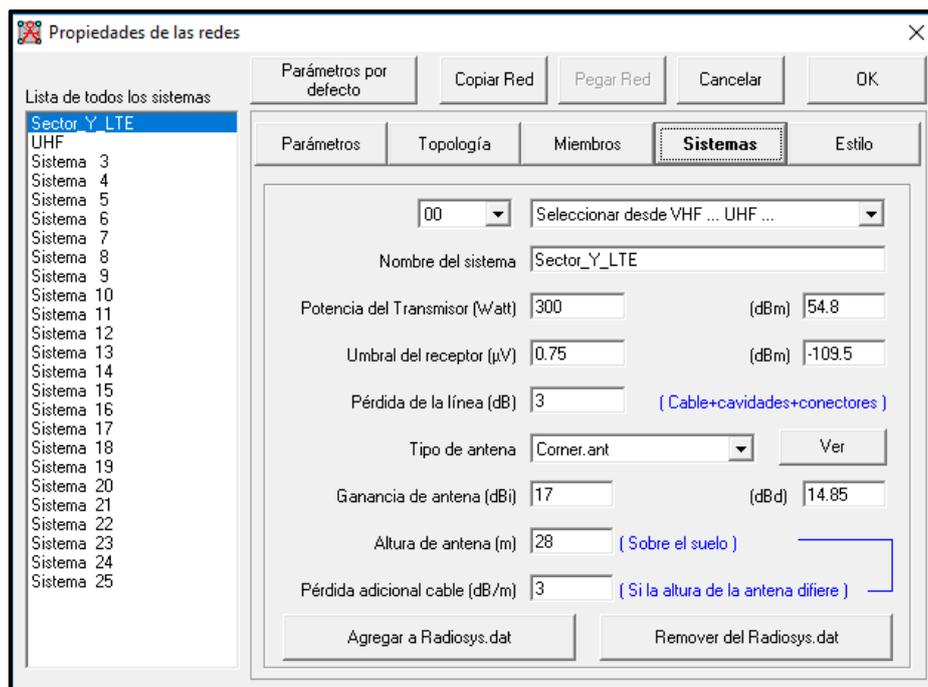
#### 4.10.3.2. Simulación en Radio Mobile sector Y LTE

En la figura 100 se observa el patrón de radiación de la antena ADU451819 del sector Y UMTS con su azimut de  $140^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $3^\circ$ .

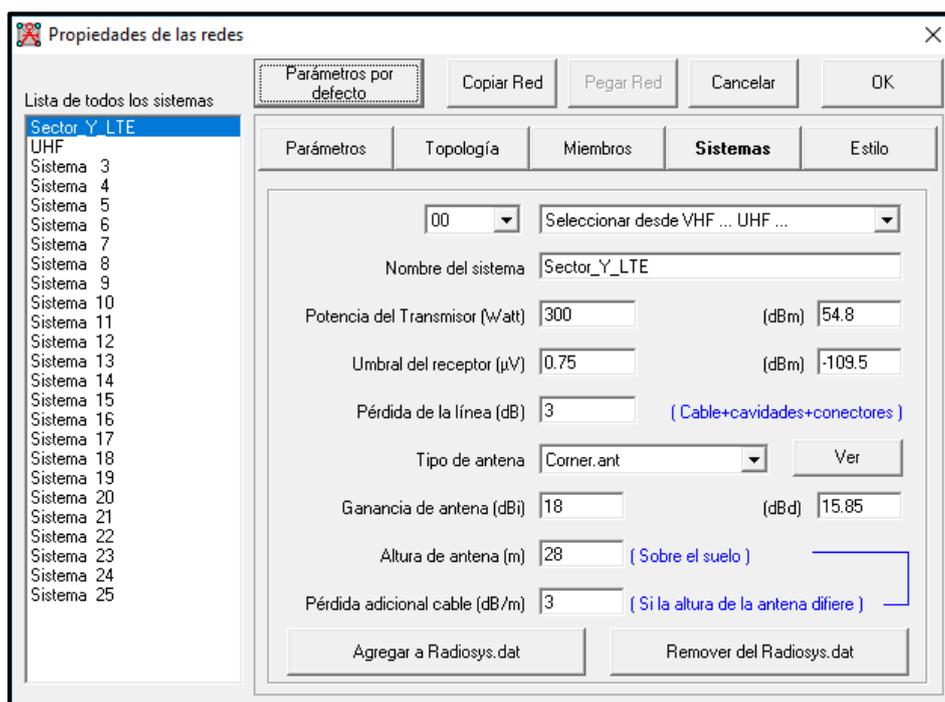


**Figura 100.** Patrón de la Antena Sector Y LTE  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 101 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Y LTE para la banda de frecuencia de los 1700MHz, y en la figura 102 se observan los mismos parámetros para la banda de los 2100MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 4 de éste documento.



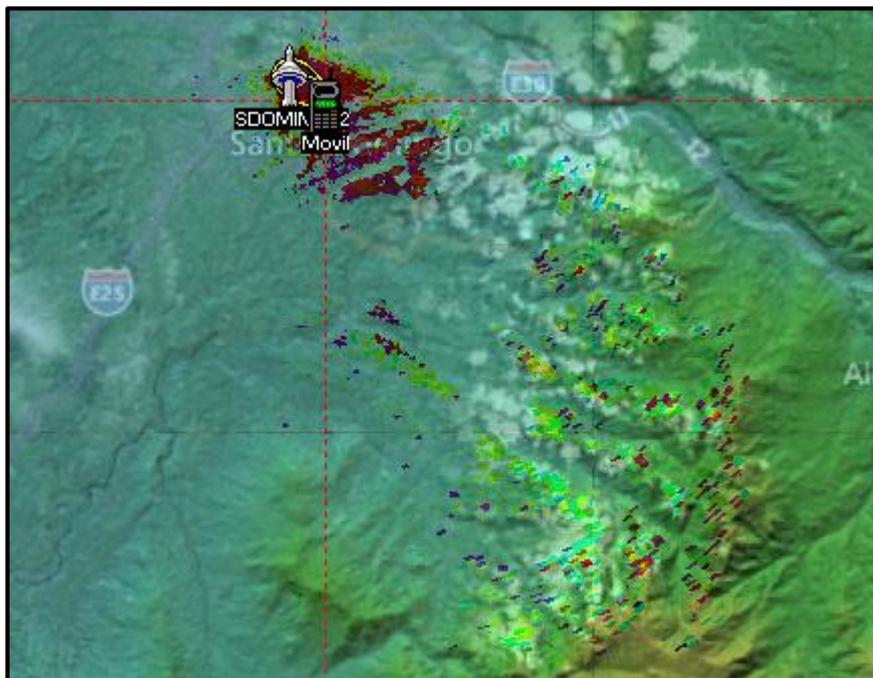
**Figura 101.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y LTE 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



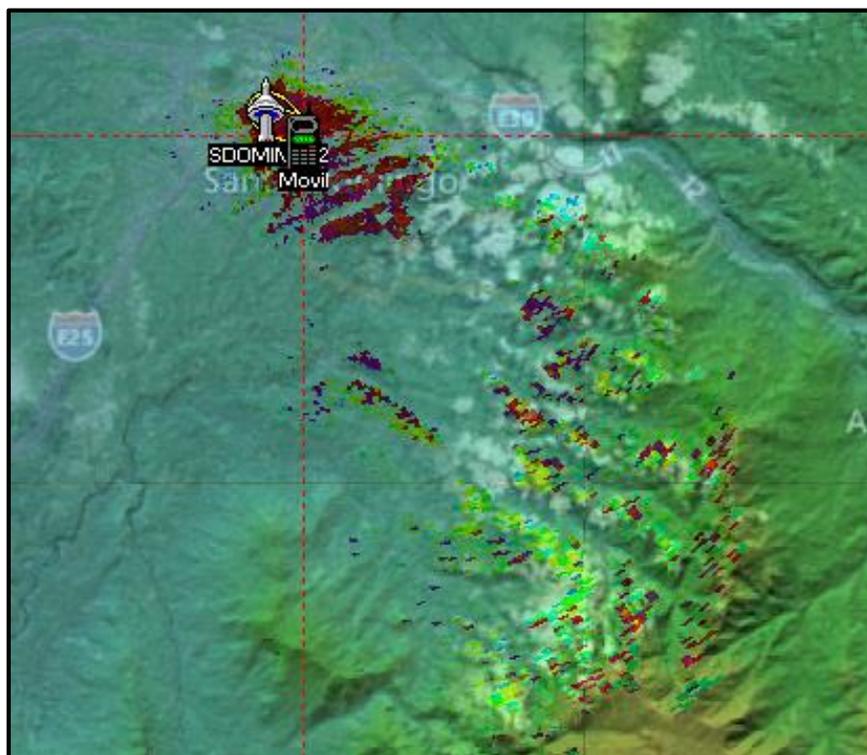
**Figura 102.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Y LTE 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 103 se muestra el resultado para la antena del sector Y

LTE en la banda de 1700MHz y en la figura 104 se muestra el resultado en la banda de 2100MHz.



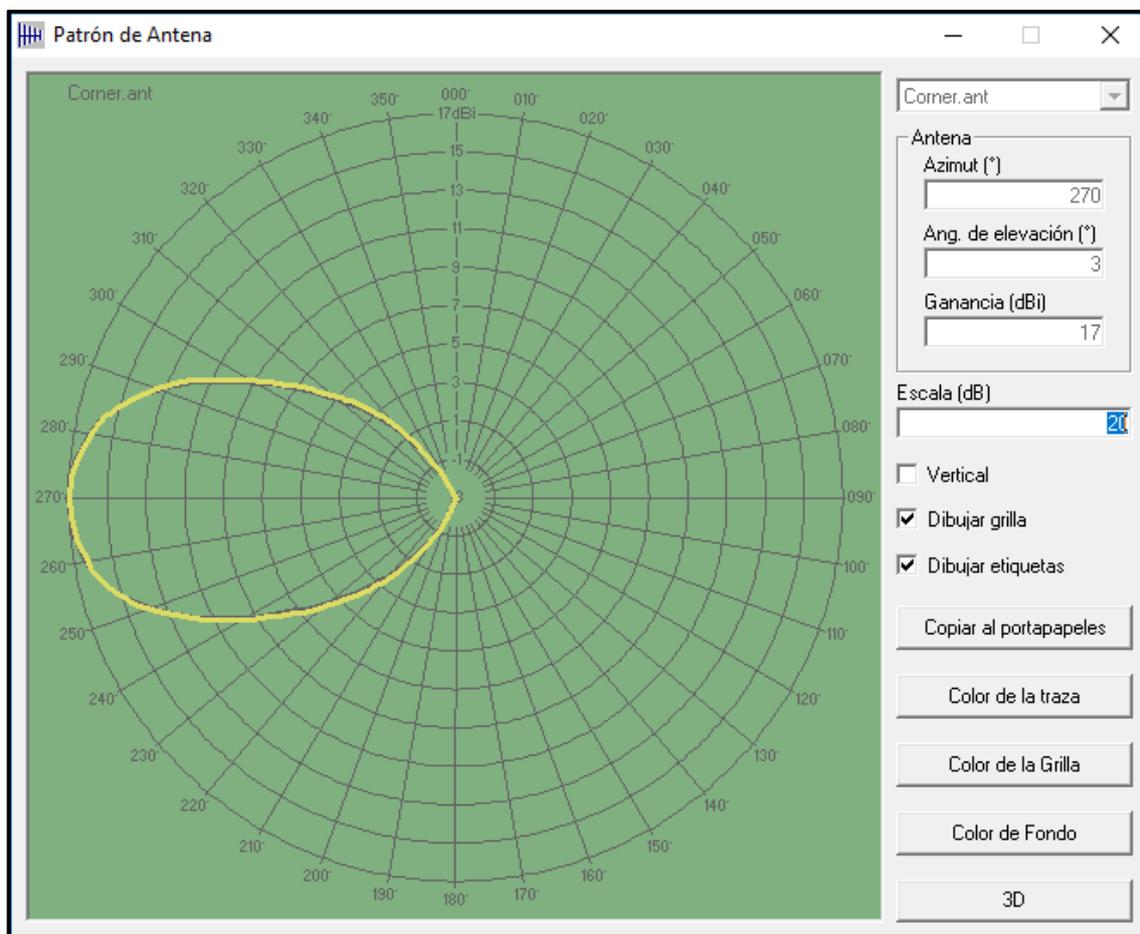
**Figura 103.** Zona de Cubertura del Sector Y LTE en la banda de 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 104.** Zona de Cubertura del Sector Y LTE en la banda de 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

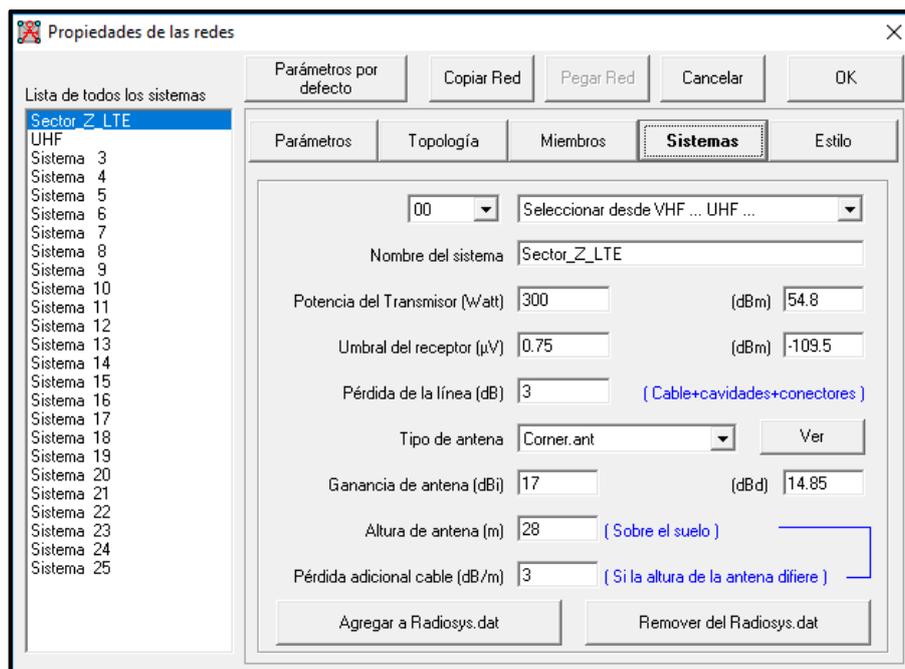
#### 4.10.3.3. Simulación en Radio Mobile sector Z LTE

En la figura 105 se observa el patrón de radiación de la antena ADU451819 del sector Z LTE con su azimut de  $270^\circ$  y su ángulo de inclinación ( $T_m$ ) de  $3^\circ$ .

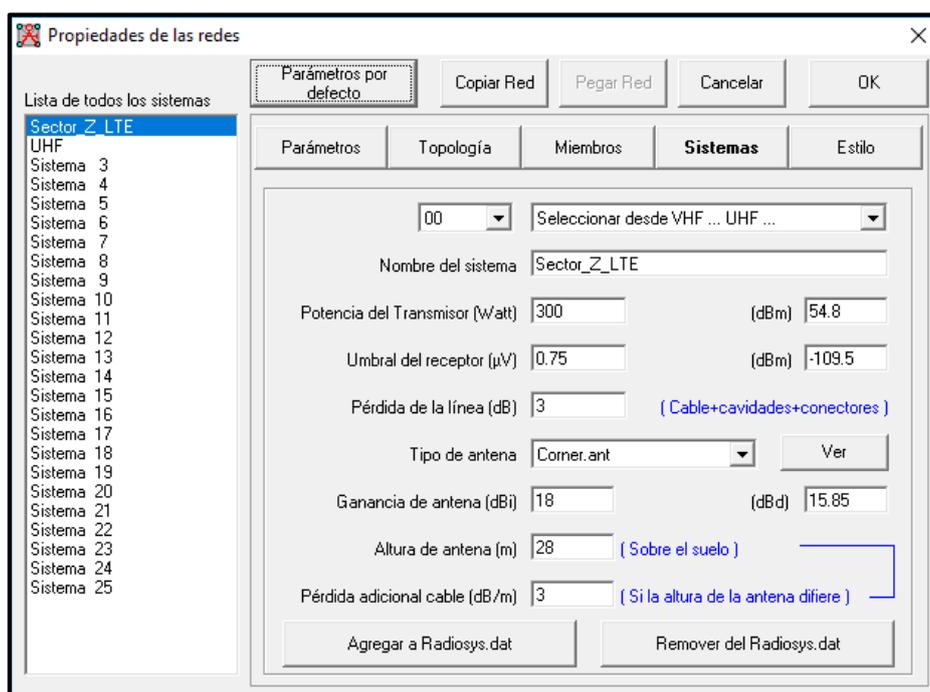


**Figura 105.** Patrón de la Antena Sector Z LTE  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

En la figura 106 se observan los parámetros de potencia que intervienen en la simulación del sector Z LTE para la banda de frecuencia de los 1700MHz, y en la figura 107 se observan los mismos parámetros para la banda de los 2100MHz. Los valores de los parámetros a configurarse se obtienen del datasheet de cada antena, el cual se encuentra en el anexo 4 de éste documento.



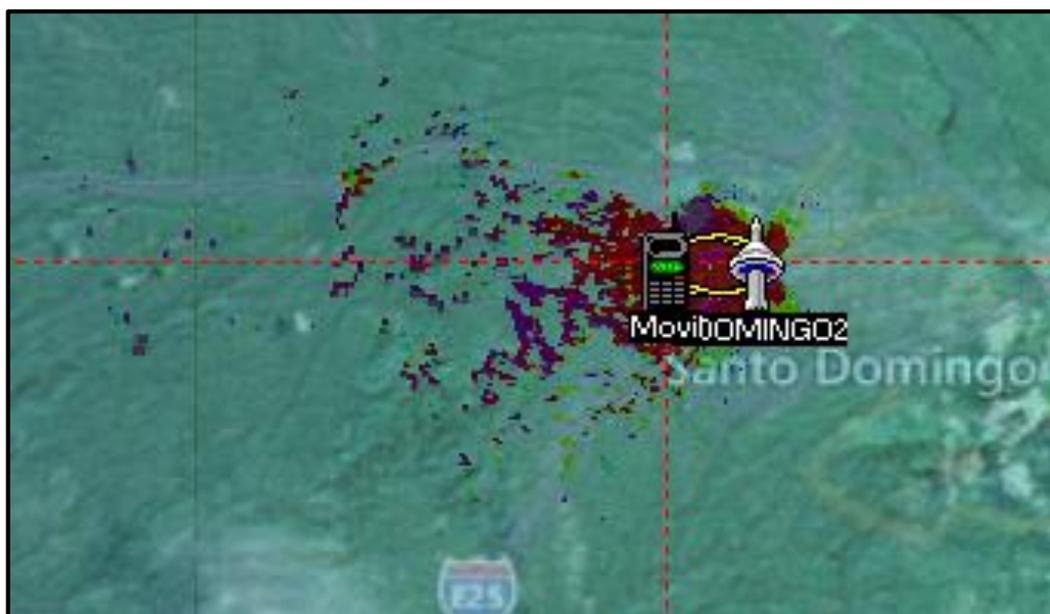
**Figura 106.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z LTE 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



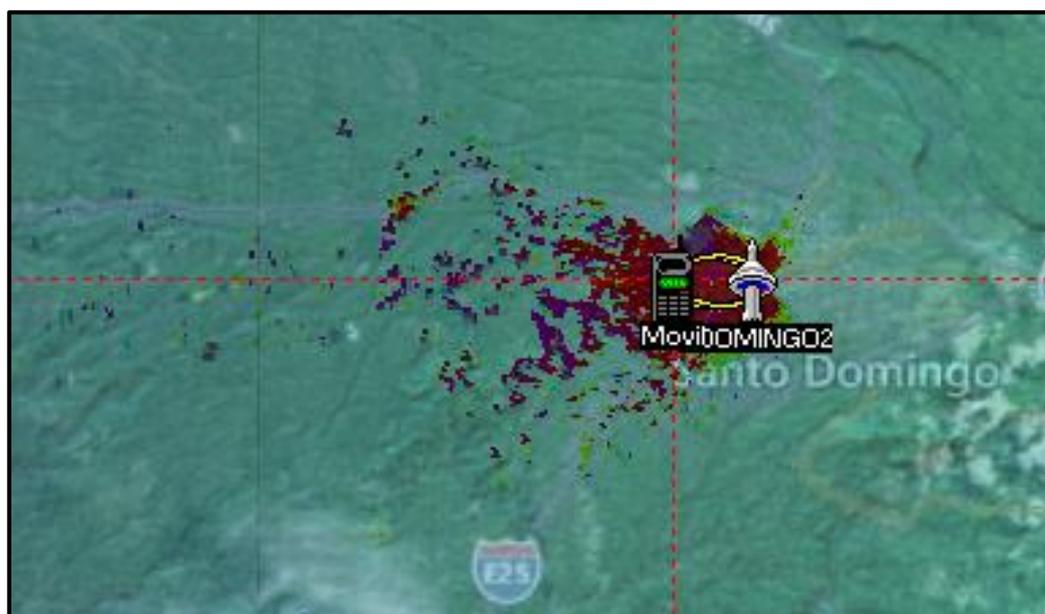
**Figura 107.** Parámetros de Configuración Para Radio Mobile Sector Z LTE 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

Después de configurar los parámetros necesarios en el software de simulación, se procede a realizar la gráfica que representa la cobertura de la antena con un alcance máximo de 50km. En la figura 108 se muestra el resultado para la antena del sector Z

LTE en la banda de 1700MHz y en la figura 109 se muestra el resultado en la banda de 2100MHz.



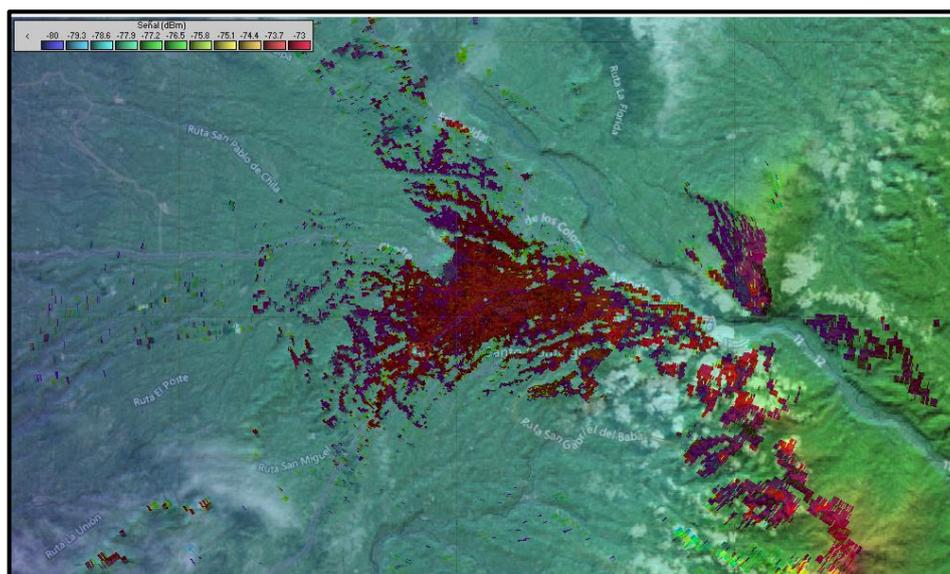
**Figura 108.** Zona de Cubertura del Sector Z LTE en la banda de 1700MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



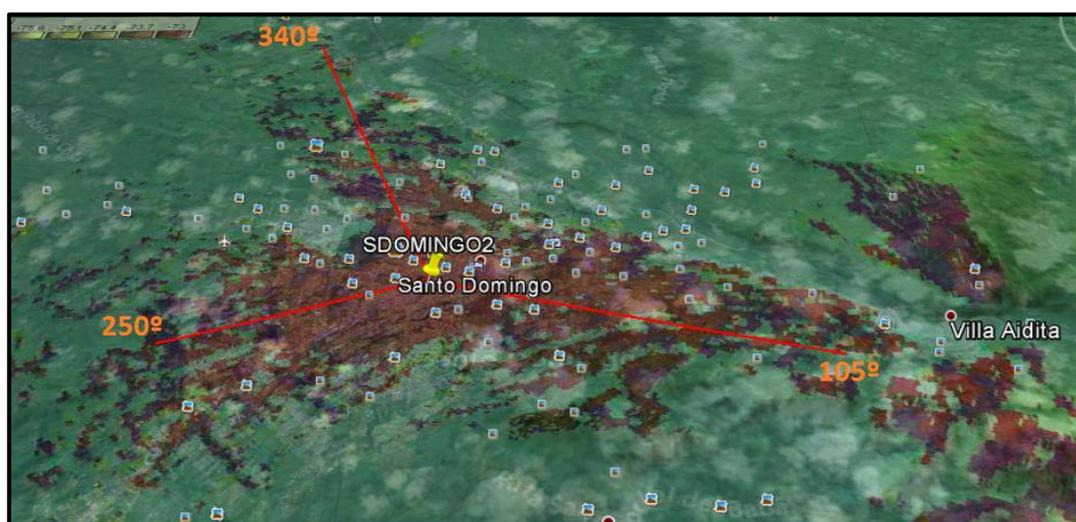
**Figura 109.** Zona de Cubertura del Sector Z LTE en la banda de 2100MHz  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

#### 4.10.4. Visualización general de la simulación de GSM para la estación SDOMINGO2

Después de haber visualizado de forma separada los sectores GSM y en sus respectivas frecuencias de 850MHz y 1900MHz, es importante ver de forma general la cobertura total alcanzada por esta tecnología. En la Figura 110 se muestra la cobertura total alcanzada por los sectores GSM desde una vista de 50km en Radio Mobile y en la figura 111 se muestra la misma cobertura en Google Earth.



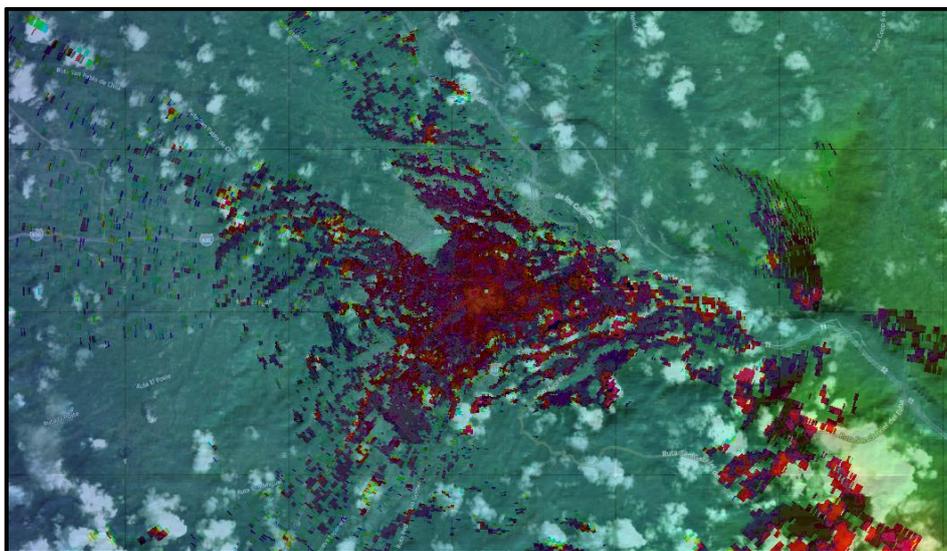
**Figura 110.** Zona de Cobertura de GSM en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



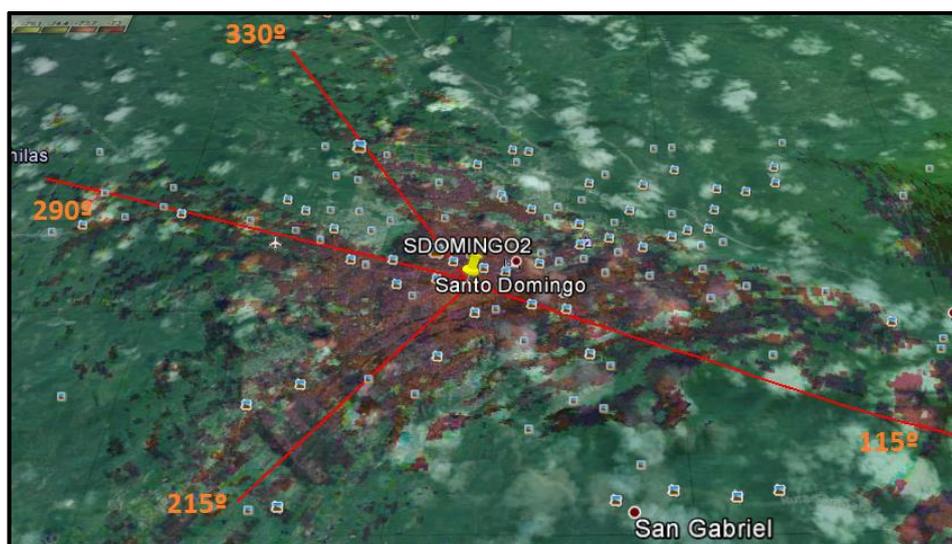
**Figura 111.** Zona de Cobertura de GSM en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth  
**Fuente:** Captura del Software Google Earth.

#### 4.10.5. Visualización general de la simulación de UMTS para la estación SDOMINGO2

Después de haber visualizado de forma separada los sectores UMTS y en sus respectivas frecuencias de 850MHz y 1900MHz, es importante ver de forma general la cobertura total alcanzada por esta tecnología. En la Figura 112 se muestra la cobertura total alcanzada por los sectores UMTS desde una vista de 50km en Radio Mobile y en la figura 113 se muestra la misma cobertura en Google Earth.



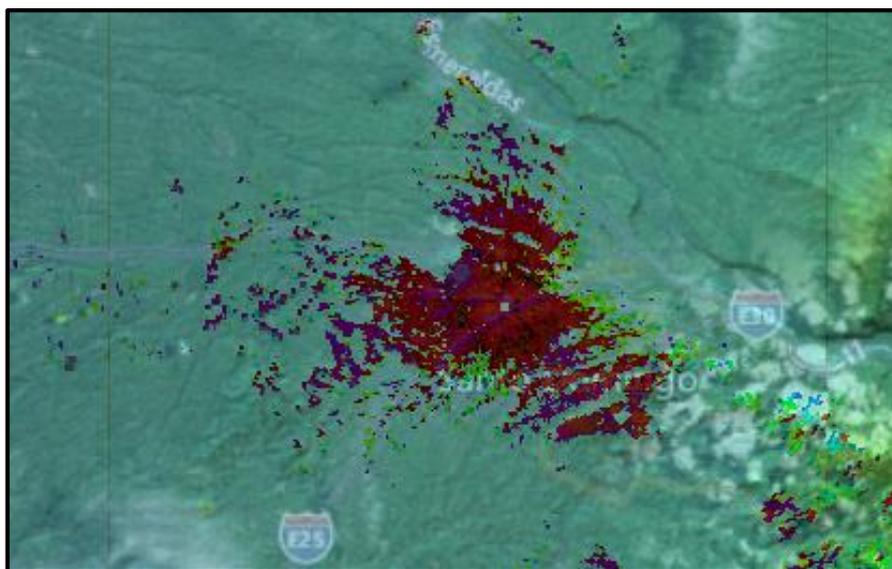
**Figura 112.** Zona de Cobertura de UMTS en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



**Figura 113.** Zona de Cobertura de UMTS en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth  
**Fuente:** Captura del Software Google Earth.

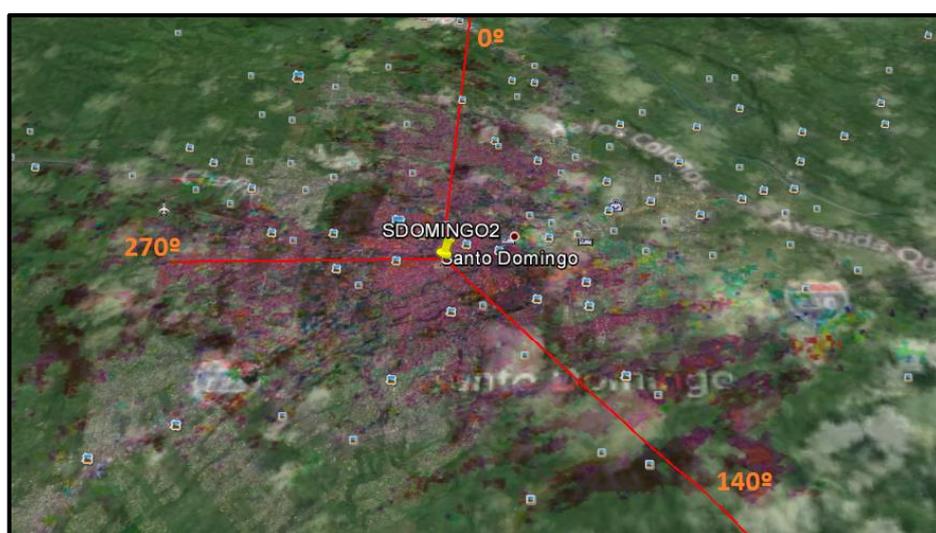
#### 4.10.6. Visualización general de la simulación de LTE para la estación SDOMINGO2

Después de haber visualizado de forma separada los sectores LTE y en sus respectivas frecuencias de 1700MHz y 2100MHz, es importante ver de forma general la cobertura total alcanzada por esta tecnología. En la Figura 114 se muestra la cobertura total alcanzada por los sectores LTE desde una vista de 50km en Radio Mobile y en la figura 115 se muestra la misma cobertura en Google Earth.



**Figura 114.** Zona de Cubertura de LTE en la Estación SDOMINGO2 en Radio Mobile

**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.



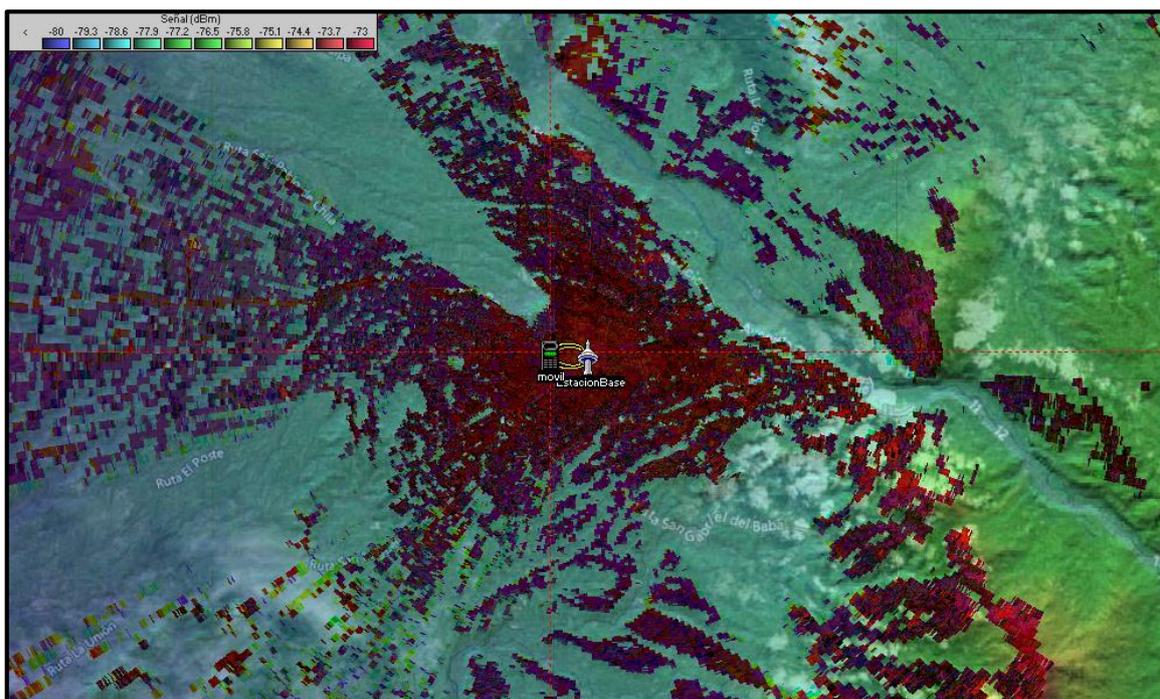
**Figura 115.** Zona de Cubertura de LTE en la Estación SDOMINGO2 en Google Earth

**Fuente:** Captura del Software Google Earth.



involucradas en el plan de modernización es de suma importancia para verificar que se ha logrado ampliar las zonas de cobertura con los nuevos azimuts proyectados para LTE.

En la figura 117 se observa el resultado obtenido por el software de simulación Radio Mobile, en el cual se simuló la cobertura alcanzada por cada una de las tres tecnologías, GSM, UMTS y LTE.



**Figura 117.** Cobertura alcanzada por las tres tecnologías en la estación SDOMINGO2  
**Fuente:** Captura del Software Radio Mobile.

#### 4.12. HANDOVER EN LA ESTACIÓN SDOMINGO2

Handover o traspaso es el sistema que se emplea en telecomunicaciones para garantizar la conectividad en un enlace móvil cuando se transfiere el servicio de una estación base a otra o de una celda a otra; es decir que el servicio de voz, mensajería y navegación que se esté efectuando en ese momento, debe mantenerse con la misma calidad mientras el usuario se traslada de un lugar a otro, variando la celda o estación a la cual este conectado.

En la estación SDOMINGO2 con el plan de modernización desarrollado en este proyecto, se puede garantizar el handover observando las zonas cubiertas por las tres tecnologías y la variación entre los azimuts existentes y proyectados, ya que como se observa en la figura 117 las tres tecnologías lograrán cubrir con los alrededores de la estación base con una buena potencia de transmisión, por lo cual visiblemente no existirían espacios sin cubrir en los cuales vaya a fallar traspaso de celdas o handover.

En la tabla 45 se muestra el resumen de las coberturas alcanzadas por los azimuts de cada tecnología, identificando a cada sector con un número de cuatro dígitos que simule o represente el valor real del cellID o identificador de celda.

**Tabla 45.** *Tabla de coberturas de la estación SDOMINGO2.*

<b>Tecnología</b>	<b>Sector</b>	<b>Cell ID</b>	<b>Azimut</b>
<b>GSM</b>	Sector X	2001	340°
	Sector Y	2002	105°
	Sector Z	2003	250°
	Sector Z exp.	2004	250°
<b>UMTS</b>	Sector X	3001	330°
	Sector Y	3002	115°
	Sector Z	3003	215°
	Sector W	3004	290°
<b>LTE</b>	Sector X	4001	0°
	Sector Y	4002	140°
	Sector Z	4003	270°

**Fuente:** Criterios del diseño.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Se desarrolló el plan de modernización de la estación SDOMINGO2 para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones, en el cual se indica las configuraciones respectivas a realizarse en cada una de sus tecnologías (GSM, UMTS y LTE), además de los equipos y materiales necesarios para la implementación del plan; el cual permitirá que la zona de cobertura se amplíe, cubriendo las áreas cercanas a la estación que actualmente no se benefician de los servicios que ella brinda.

Gracias al análisis de la situación actual de la estación SDOMINGO2, se identificó las tecnologías existentes en ella y las bandas de frecuencia sobre las que trabajan, teniendo como resultado que GSM trabaja en la banda de 850MHz y 1900MHz con equipos Nokia más conocidos como BTSs, los cuales tienen una tecnología un tanto obsoleta para los tiempos actuales; mientras que la tecnología UMTS trabaja únicamente en la banda de los 850MHz con equipos Huawei conocidos como RRUs de un modelo antiguo, que limita futuras proyecciones y actualizaciones en la estación base.

Al realizar los cálculos de potencia para el dimensionamiento de las nuevas RRUs, se pudo determinar el modo de configuración adecuado de dichos equipos para optimizar recursos como el espacio físico en la estación y el incremento del número de TRX, tomando en cuenta los requerimientos del cliente en cuanto a modelos de equipos se refiere.

Con la propuesta de cambio de equipos Nokia (BTSs) de GSM por los nuevos equipos Huawei (RRUs), se logrará obtener una mejor administración de los TRX, dejando abierto el panorama para un futuro crecimiento de la red ya que ahora los TRX serán lógicos.

Al abrir la banda de 1900MHz para UMTS, se tiene mayor potencia en la transmisión hacia el objetivo de cobertura de cada sector, ya que se aumentará el número de TRX de 4 a 6 para cada sector en la nueva banda de frecuencia.

Con la implementación de LTE, los usuarios se beneficiarán de una transmisión de datos móviles más rápida y se alcanzarán zonas de cobertura cercanas a las ya existentes por los azimuts configurados.

El plano en AutoCad de la estación base con los cambios a realizarse, es de mucha ayuda para el momento de la implementación, ya que da una idea clara y específica de los cambios físicos a realizarse en ella; mientras que la simulación en Radio Mobile permite tener una idea del alcance que tendrá cada tecnología en un ambiente real que incluye obstrucciones de visibilidad considerables como montañas.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Es muy importante verificar el estado de los equipos de seguridad del personal antes de realizar una visita técnica o survey en una estación base, sobre todo cuando se realizarán trabajos en altura.

Los equipos de medición como GPS, multímetros, inclinómetros y brújulas deben estar en buen estado para no tener problemas con los resultados de los mismos, especialmente se debe verificar que las brújulas no se encuentren magnetizadas, ya que esto altera los azimuts medidos.

Al momento de realizar el levantamiento planimétrico de una estación base, no se debe dejar pasar por alto ningún detalle en lo que respecta a infraestructura, especialmente al momento de tomar las mediciones respectivas para la ubicación de los elementos existentes.

Cuando sea necesario realizar un cambio de antenas, se debe tener muy en cuenta que el ángulo de radiación de la nueva antena sea equivalente al ángulo de radiación de la antena existente, ya que se debe mantener las condiciones de cobertura iniciales.

Es necesario y de suma importancia tener en cuenta el estado de la estructura donde se ubican las antenas, si esta estructura no está en un buen estado es recomendable aumentar el menor peso posible, instalando en ella únicamente las antenas. Si la estructura está en buen estado se recomienda ubicar las RRUs lo más cercano a las antenas, de preferencia detrás de ellas en lo que se conoce como configuración back to back.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**3GPP** (3rd Generation Partnership Project): Traducido al español como Proyecto Asociación de Tercera Generación, encargado de la estandarización de las tecnologías de tercera generación 3G.

**ALOHA Ranurado:** Protocolo de transmisión de datos en determinados instantes de tiempo o slots.

**CSPDN** (Circuit Switched Public Data Network): En español, red de datos pública conmutada por circuitos.

**EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution): Traducido al español como tasas de Datos Mejoradas para la Evolución del GSM, es el puente entre redes 2G y 3G.

**GPRS** (General Packet Radio System): Es el servicio general de paquetes vía radio, una extensión de GSM.

**Handover:** Traducido al español como traspaso, es el paso o cambio de conectividad de una estación a otra, sin perder la comunicación establecida.

**HSPA** (High Speed Packet Access): Es el acceso de paquetes de alta velocidad.

**IMEI** (International Mobile Station Equipment Identity): Traducido al español como Identidad Internacional de Equipo Móvil, es un código numérico que identifica al equipo móvil a nivel mundial.

**IMSI** (International Mobile Subscriber Identity): Es la identidad internacional del abonado a un móvil, integrado en la tarjeta SIM que puede identificarse a través de redes GSM y UMTS.

**ISDN** (Integrated Services Digital Network): En español, red digital de servicios integrados.

**IuCS:** Es la interfaz entre la RNC y la red de núcleo de conmutación de circuitos en redes UMTS.

**IuPS:** Es la interfaz entre la RNC y la red de núcleo de conmutación de paquetes en redes UMTS.

**OFDM** (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access): En español acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales.

**PSPDN** (Packet Switched Public Data Network): En español, red de datos pública conmutada por paquetes.

**PSTN** (Public Switched Telephone Network): Es una red telefónica pública conmutada, para comunicaciones de voz en tiempo real.

**VHE** (Virtual Home Environment): Es el entorno propio virtual, capacidad otorgada a un usuario de recibir los servicios desde distintos terminales y redes.

**WAP** (Wireless Application Protocol): Es el protocolo de aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas.

**WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access): Traducido al español como acceso múltiple por división de código de banda ancha.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Álvarez, J. M., & Chávez González, L. A. (2010). Estudio y Diseño de Transmisores y Receptores UMTS. Guayaquil - Ecuador.
- Alvarez Paredes, D. C. (2014). *repositorio.utn.edu.ec*. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3771>
- ARCOTEL. (2015, Febrero 13). Resolución ARCOTEL-2015-000100. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Asanza Quezada, A. G., & Cisneros Paladines, E. (2009). *dspace.espol*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/.../Evaluación%20de%20la%20Tendencia%20Tecnol...>
- Calderón, M., & Escandón, J. (2010). *Introducción a WCDMA para UMTS*. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/186/3/Capitulo%202.pdf>.
- CEDEÑO, E. F. (Octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.
- Cerquides, D. R. (Enero 2010). Comunicaciones Móviles 2G y 3G+. Trabajo Personal Diapositivas.
- Chimbo Rodríguez, M. C. (2012). *Análisis a la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convergencia a la Tecnología 4G para Redes de Telefonía Móvil*. Cuenca - Ecuador.
- Dans, E. (jueves 11 de noviembre de 2004). UMTS La ceguera intencionada. *Avance de las Nuevas Tecnologías*.
- Donate Prieto, F. (2012). GPRS. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/fichero/CAP%CDTULO+3+-+FUNDAMENTOS+GSM+Y+UMTS%252F3.4+GPRS.pdf>.
- Fajardo Patrón, D. (2004). *catarina.udlap.mx*. Retrieved from [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/fajardo\\_p\\_d/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/)
- Falcone, F., Huidrobo, J. M., & Millán, R. (2008). *ramonmillan.com*. Retrieved from <http://www.ramonmillan.com/documentos/ciudadaniamovil.pdf>
- García Cogorro, J., Carro, A., Soto, J., Shulte-Bockum, J., Van Doorn, P., & Páez, J. M. (2004). 3G/UMTS Una realidad impaciente. Fundación de la Innovación Bankinter ; [https://www.fundacionbankinter.org/documents/11036/16211/Publicacion+PDF+ES+FTF\\_3G/da82222c-8d3a-417e-984a-d99b680](https://www.fundacionbankinter.org/documents/11036/16211/Publicacion+PDF+ES+FTF_3G/da82222c-8d3a-417e-984a-d99b680)
- González , T., Ortíz, B., & Bonilla, C. (n.d.). *REDES UMTS*. Retrieved from <https://ehumir.files.wordpress.com/2013/04/articulo-redes-umts.pdf>

- GSMA . (2016). *GSMA*. Retrieved from <https://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.gsma.com/about/gsm-technology/gsm&prev=search>
- Guachilema Valencia, I. J., & León Drouet, I. A. (Enero, 2010). *Calidad de Servicio (QoS) de la Red UMTS en la Ciudad de Durán*. Duran - Ecuador: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Hernando Rabanos, J. M. (2004). *COMUNICACIONES MOVILES* (segunda ed.). Universitario Rmon Areces.
- Herradón Diez,, R. (Marzo, 2010). *Comunicaciones Móviles 3G: UMTS*,. <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-ycomunicaciones->.
- Herrera, J. L. (Mayo, 2009). *Tecnologías Celulares de Tercera Generación y su Evolución*. Lima.
- Huawei Technologies Co., L. (08 Enero, 2014). *WCDMA Nodo\_B DBS3900 - Guía de Instalación de Hardward (Mini Shelter)*. Quito - Ecuador.
- Huidobro, J. M. (2013). *acta.es*. Retrieved from ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES: [http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/020001.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf)
- Jaramillo, M. (n.d.). *dspace.espol*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30349/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20Red%20M%C3%B3vil%20con%20Tecnolog%C3%ADa%204G%20LTE.pdf>
- López García, J. (2005). *catarina.udlap.mx*. Retrieved from [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/lopez\\_g\\_j/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/lopez_g_j/)
- Martínez Rodríguez, R. O. (8 Enero de 2004). *Estudio sobre las prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS)*. Madrid - España.
- Millán Tejedor, R. (2000). *RAMONMILLAN.COM*. Retrieved from <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/umts.php>
- Montes de Oca, E., Egel Bello, M., & Rodríguez Medrano, N. (2012). *UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)*.
- Murguet, R. (2004). *Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE*. Cuenca - Ecuador: <http://slideplayer.es/slide/1101555/>.
- Navarro Giovanetti, J. A. (2008). *Evolución de 3G y su Convergencia a 4G en Comunicaciones Móviles*. Valdivia.
- Qualcomm. (May 2006). *WCDMA Network Planning*. 80-W0853-1 Revision B,.
- Ricaurte Zambrano, B. E., & Delgado Arechúa, R. F. (2010). *Diseño de una red UMTS para brindar el servicio de internet en la vía a la costa de la Ciudad de Guayaquil desde el Km. 10 hasta el Km. 25*. Guayaquil - Ecuador.

- Romero Zevallos, M. F. (2009). *repositorio.pucp*. Retrieved from [http://tesis.pucp.edu.pe:8080/xmlui/bitstream/123456789/198/2/ROMERO\\_MIGUEL\\_DISENO\\_RED\\_HSDPA\\_AREQUIIPA.pdf](http://tesis.pucp.edu.pe:8080/xmlui/bitstream/123456789/198/2/ROMERO_MIGUEL_DISENO_RED_HSDPA_AREQUIIPA.pdf)
- Sevilla, E. S.-U. (2010). Diseño y parametrización de una estación de telefonía móvil 2G/3G. Sevilla.
- Technologies, H. (Enero, 2010). WCDMA RAN Fundamental ISSUE 1.0. [www.huawei.com/support](http://www.huawei.com/support).
- Telecomunicaciones, U. (Enero, 2010). Network Planning - Initial Tuning - Optimización. <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Tito Ovalle, A. E. (n.d.). *slideshare*. Retrieved from <http://es.slideshare.net/aetiova1/umts-49113982>
- Vielma, M. (2005). Introducción a las Antenas.