

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**Realización de una herramienta para obtener los niveles de  
campo eléctrico radiado por las estaciones de radiodifusión FM  
en la ciudad de Quito**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**FRANCISCO JAVIER APOLO PACHECO**

pacofrancesco@yahoo.com

**DIRECTOR: ING. MIGUEL HINOJOSA**

mhinojosa@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: ING. XAVIER PÁEZ**

xpaez@supertel.gob.ec

**Quito, Junio 2012**

# CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>X</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>XI</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>XII</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIV</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DRIVE TEST Y REGULACIONES NACIONALES PARA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 SISTEMA DRIVE TEST</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 TIPOS DE DRIVE TEST</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.1 SCANNING</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.2 BENCHMARKING</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2.3 DRIVE TEST SIMPLE</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DRIVE TEST</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.1 EQUIPOS QUE SE UTILIZAN PARA MEDICIÓN DRIVE TEST</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.1.1 COMPUTADOR PORTÁTIL</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3.1.2 ESCÁNER DE FRECUENCIAS DISEÑADO PARA DRIVE TEST</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3.1.3 RECEPTOR GPS</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3.1.4 VEHÍCULO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3.1.5 TELÉFONOS MÓVILES</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3.2 DEFINICIÓN DE RUTAS Y METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA MEDICIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3.4 CARGA DE PARÁMETROS EN LOS EQUIPOS</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3.4.1 TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PARA ESTABLECER UNA LLAMADA</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.4.2 PORCENTAJE DE LLAMADAS LOGRADAS O COMPLETADAS</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.4.3 PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS</b> .....	<b>15</b>
<b>1.3.4.4 INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ÁREA DE COBERTURA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3.4.5 MEDICIONES EN TERRENO Y POST-PROCESAMIENTO</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3.5.1 MEDICIONES EN TERRENO</b> .....	<b>18</b>
<b>1.3.5.2 POST-PROCESAMIENTO</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4 APLICACIONES DEL MODELO DRIVE TEST<sup>20</sup></b> .....	<b>20</b>

<b>1.5</b>	<b>NORMAS Y REGLAMENTOS VIGENTES DE RADIODIFUSION EN ECUADOR.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.1</b>	<b>PAPEL DE LA SUPERTEL EN EL CONTROL DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN</b>	
	<b>33</b>	
<b>1.5.1.1</b>	<b>ÁREA DE COBERTURA.....</b>	<b>34</b>
<b>1.5.1.2</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO.....</b>	<b>34</b>
<b>1.5.1.3</b>	<b>POTENCIA DE OPERACIÓN-PER.....</b>	<b>35</b>
<b>1.5.1.4</b>	<b>ANCHURA DE BANDA .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5.1.5</b>	<b>FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>1.5.1.6</b>	<b>UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>36</b>
	<b>CAPÍTULO 2. MEDICION DE NIVELES DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO Y</b>	
	<b>RECOPIACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1</b>	<b>ONDAS ELECTROMÁGNÉTICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2</b>	<b>PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1</b>	<b>CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA PROPAGACION DE RF .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.1.1</b>	<b>REFRACCIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.1.2</b>	<b>REFLEXIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.1.3</b>	<b>DISPERSIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.1.4</b>	<b>DIFRACCIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1.5</b>	<b>ATENUACIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1.6</b>	<b>ABSORCIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2</b>	<b>PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO<sup>27</sup> .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>PROPAGACION POR ONDA DIRECTA .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b>PROPAGACIÓN POR ONDA TERRESTRE.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.2.3</b>	<b>PROPAGACIÓN POR ONDA REFRACTADA O IONOSFÉRICA.....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.2.4</b>	<b>PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN IONOSFÉRICA.....</b>	<b>47</b>
<b>2.2.2.5</b>	<b>PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN METEÓRICA .....</b>	<b>47</b>
<b>2.2.2.6</b>	<b>PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.2.7</b>	<b>PROPAGACIÓN POR REFLEXIÓN MÁS ALLÁ DE LA ATMOSFERA.....</b>	<b>49</b>
<b>2.2.2.7.1</b>	<b>SATÉLITES PASIVOS.....</b>	<b>50</b>
<b>2.2.2.7.2</b>	<b>SATÉLITES ACTIVOS .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3</b>	<b>RECOMENDACIÓN UIT R.P.1546-2 .....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA RECOMENDACIÓN UIT R.P.1546-2.....</b>	<b>51</b>
<b>2.3.1.1</b>	<b>LAS CURVAS DE PROPAGACIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>2.3.1.2</b>	<b>LA MÁXIMA INTENSIDAD DE CAMPO .....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.1.3</b>	<b>TABULACIONES BASADAS EN COMPUTADOR.....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.1.4</b>	<b>MÉTODO PASO A PASO.....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.1.5</b>	<b>DESIGNACIÓN DE ANTENAS .....</b>	<b>58</b>
<b>2.3.1.6</b>	<b>ALTURA DE ANTENA TRANSMISIÓN BASE .....</b>	<b>58</b>
<b>2.3.1.7</b>	<b>ALTURA DE ANTENA TRANSMISIÓN BASE USADAS PARA CURVAS .....</b>	<b>59</b>

2.3.1.8	VARIABILIDAD DE TIEMPO .....	59
2.3.1.9	MÉTODO DE CAMINOS MIXTOS .....	59
2.3.1.10	ALTURA DE LA ANTENA RECEPTORA O MÓVIL.....	60
2.3.1.11	CORRECCIÓN DEL ÁNGULO DEBIDO A LA EXTENSIÓN DEL TERRENO.....	60
2.3.1.12	VARIABILIDAD DE LA UBICACIÓN .....	60
2.3.1.13	PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN EQUIVALENTE BÁSICA .....	61
2.3.1.14	ÍNDICE DE REFRACTIVO DE VARIABILIDAD ATMOSFÉRICA .....	61
2.3.1.15	COMPATIBILIDAD CON EL MÉTODO DE OKUMURA-HATA .....	61
2.4	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	62
2.4.1	SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS <sup>9</sup> .....	63
2.4.2	TIPOS DE GIS .....	63
2.4.2.1	GIS GENERAL.....	64
2.4.2.2	DESKTOP MAPPING (DM) .....	64
2.4.2.3	SISTEMAS AFINES AL CAD (COMPUTER AIDED DESIGN) .....	65
2.4.3	TIPOS DE PAQUETES DE SOFTWARE GIS.....	65
2.5	INSTALACION DE SOFTWARE PARA LA EXTRACCION DE DATOS .....	66
2.5.1	EQUIPOS UTILIZADOS PARA OBTENER UN MAPA DE NIVELES DE SEÑAL .....	66
2.5.2	INSTALACIÓN DE SOFTWARE.....	66
2.5.2.1	SOFTWARE OASIS .....	66
2.5.2.1.1	INSTALACION DEL SOFTWARE OASIS.....	69
2.5.2.1.2	INSTALACIÓN DEL SOFTWARE NI-VISA.....	71
2.5.2.1.3	INSTALACION DE OASIS AMERICA MAPS .....	74
2.5.2.2	INSTALACION DE GOOGLE EARTH PRO .....	78
2.6	MEDICIONES DE NIVELES DE INTENSIDAD .....	84
2.7	RECOPIACIÓN DE DATOS CON EL SOFTWARE OASIS .....	86
2.7.1.1	CONFIGURACION DE EQUIPOS.....	86
2.7.1.1	CONEXIÓN DE EQUIPOS .....	86
2.7.1.1.1	CONEXIÓN ENTRE ANALIZADOR Y COMPUTADOR .....	87
2.7.1.1.1.1	ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN IP EN EL COMPUTADOR .....	87
2.7.1.1.1.2	ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN IP EN EL ANALIZADOR .....	91
2.7.1.1.2	CONEXIÓN DE LA ANTENA AL COMPUTADOR .....	93
2.7.2	CONFIGURACION DEL SOFTWARE OASIS.....	93
2.8	TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA A CAMPO ELÉCTRICO .....	128
 <b>CAPÍTULO 3. OBTENCIÓN DEL MAPA DE LOS NIVELES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO PRODUCIDO POR LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN FM EN LA CIUDAD DE QUITO</b> .....		 146
3.1	ANÁLISIS PREVIO .....	146
3.1.1	ANÁLISIS PARA USO DE EQUIPO .....	146
3.1.2	ANÁLISIS DE SOFTWARE UTILIZADO .....	147



3.1.3	ANÁLISIS PARA SELECCIÓN DE FRECUENCIAS FM .....	148
3.1.4	ANALISIS PARA SELECCIÓN DEL SECTOR .....	148
3.2	OBTENCION DEL MAPA DE NIVELES DE POTENCIA .....	148
3.3	COBERTURA.....	167
<b>CAPÍTULO 4. PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA CERTIFICAR ÁREAS DE COBERTURA.</b>		<b>174</b>
4.1	EQUIPOS UTILIZADOS.....	175
4.1.1	ANALIZADOR DE ESPECTROS WILTEK 9101 .....	175
4.1.2	ANTENA RECEPTORA GPS GLOBALSAT BU-353 .....	176
4.1.3	COMPUTADOR PORTÁTIL SONY VAIO.....	176
4.1.4	CABLE DE CONEXIÓN DE RED CRUZADO.....	177
4.1.5	VEHÍCULO CHEVROLET BLAZER .....	177
4.2	SOFTWARE .....	178
4.2.1	SOFTWARE DE PRUEBA OASIS.....	178
4.2.2	SOFTWARE GOOGLE EARTH PRO VERSION GRATUITA DE SIETE DIAS.....	178
4.3	ANTENA.....	178
4.3.1	ANTENA TELESCÓPICA OMNIDIRECCIONAL EXTENSIBLE.....	179
4.4	FRECUENCIA .....	180
4.5	FECHA .....	180
4.6	HORA.....	181
4.7	RUTA .....	181
4.8	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO .....	182
4.9	MUESTRAS .....	183
4.9.1	PRESENTACIÓN DE LOS NIVELES DE POTENCIA EN (DBM) .....	186
4.10	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE SEÑAL.....	188
4.10.1	SELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR.....	188
4.10.2	INSTALACIÓN DE PROGRAMA OASIS .....	189
4.10.3	INSTALACIÓN DE PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO .....	189
4.10.4	SELECCIÓN DE LA RUTA EN LA CUAL SE VA A REALIZAR LAS MEDICIONES	189
4.10.5	SELECCIÓN DE FRECUENCIA O RANGO DE FRECUENCIAS .....	190
4.10.6	CONFIGURACIÓN DE PROGRAMA OASIS .....	190
4.10.7	CONFIGURACIÓN DE PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO .....	190
4.10.8	VISUALIZACIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE SEÑAL EN UNA DETERMINADA ZONA DE LA CIUDAD .....	190
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>192</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	192
5.2	RECOMENDACIONES.....	194
REFERENCIAS .....		197
LIBROS Y TESIS .....		197

<b>DIRECCIONES ELECTRÓNICAS.....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>202</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 EQUIPOS QUE SUELEN SER UTILIZADOS EN DRIVE TEST .....	2
FIGURA 1.2 EQUIPO TEMS DE ERICSSON PARA REALIZAR DRIVE TEST.....	2
FIGURA 1.3 CARACTERÍSTICAS SONY VAIO SERIES EB.....	6
FIGURA 1.4 ANRITSU ML8720B.....	8
FIGURA 1.5 BV SYSTEMS – 0040-25A-C .....	8
FIGURA 1.6 RECEPTORES GPS .....	9
FIGURA 1.7 VEHÍCULO PARA DRIVE TEST .....	10
FIGURA 1.8 TELÉFONOS MÓVILES PARA PRUEBAS DE DRIVE TEST .....	11
FIGURA 1.9 RUTA DEFINIDA CON PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN EN LA RED .....	12
FIGURA 1.10 DIAGRAMA DE BLOQUES DE MEDICIÓN .....	13
FIGURA 1.11 PRESENTACIÓN DE UN DRIVE TEST ANTES Y DESPUÉS DE INSTALAR UNA BTS .....	19
FIGURA 1.12 PROCESO DE OPTIMIZACIÓN UTILIZANDO HERRAMIENTAS DRIVE TEST <sup>20</sup> .....	20
FIGURA 1.13 MODELO DE ÁREAS DE COBERTURA <sup>24</sup> .....	34
FIGURA 1.14 UBICACIÓN DE INSTALACIONES <sup>24</sup> .....	37
FIGURA 2.1 ONDA ELECTROMAGNÉTICA .....	39
FIGURA 2.2 DIÁMETRO DE GOTA MAYOR A LA LONGITUD DE ONDA <sup>27</sup> .....	42
FIGURA 2.3 EFECTO DE LA DISTANCIA SOBRE LA ATENUACIÓN .....	43
FIGURA 2.4 PROPAGACIÓN POR ONDA DIRECTA <sup>27</sup> .....	45
FIGURA 2.5 PROPAGACIÓN POR ONDA TERRESTRE .....	46
FIGURA 2.6 PROPAGACIÓN POR ONDA REFRACTADA O IONOSFÉRICA <sup>33</sup> .....	46
FIGURA 2.7 EFECTO DE LA DIFRACCIÓN DE UNA SEÑAL DE RF EN LA IONÓSFERA <sup>34</sup> .....	47
FIGURA 2.8 EFECTO DE LA IONÓSFERA CARGADA POR LOS METEOROS DEL ESPACIO EXTERIOR <sup>27</sup> .....	48
FIGURA 2.9 PROPAGACIÓN DE RF EN LA TROPÓSFERA <sup>27</sup> .....	48
FIGURA 2.10 PROPAGACIÓN DE RF POR MEDIO DE UN SATÉLITE ARTIFICIAL .....	49
FIGURA 2.11 INTERPOLACIÓN BÁSICA PARA UN CAMINO MIXTO <sup>37</sup> .....	60
FIGURA 2.12 VALIDACIÓN DE LA VERSIÓN DEL SOFTWARE OASIS .....	68
FIGURA 2.13 DESCARGA DE SOFTWARE .....	68
FIGURA 2.14 ARCHIVOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL SOFTWARE OASIS.....	69
FIGURA 2.15 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE OASIS .....	69
FIGURA 2.16 PROGRESO DE DESCOMPRESIÓN DE LOS ARCHIVOS DE OASIS .....	69
FIGURA 2.17 RECOMENDACIÓN PARA INSTALACIÓN DE PROGRAMA.....	70
FIGURA 2.18 LOCALIZACIÓN DEL SOFTWARE OASIS.....	70
FIGURA 2.19 NOTIFICACIÓN DE SOFTWARE INSTALADO CORRECTAMENTE .....	70
FIGURA 2.20 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE VISA .....	71
FIGURA 2.21 DESCOMPRESIÓN DE ARCHIVOS VISA.....	71
FIGURA 2.22 PROCESO DE DESCOMPRESIÓN DE ARCHIVOS.....	71
FIGURA 2.23 NÚMERO TOTAL DE ARCHIVOS DESCOMPRIMIDOS.....	71
FIGURA 2.24 RECOMENDACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE NI-VISA .....	72
FIGURA 2.25 LOCALIZACIÓN DEL SOFTWARE PARA LOS DIFERENTES INSTRUMENTOS A USAR.....	72
FIGURA 2.26 HABILITACIÓN DE LOS DIFERENTES PUERTOS PARA LOS DISTINTOS DISPOSITIVOS ...	72
FIGURA 2.27 ACUERDO QUE PERMITE INSTALACIONES AUTOMÁTICAS .....	73
FIGURA 2.28 PROCESO DE INSTALACIÓN DE NOTIFICACIONES CON EL SERVIDOR .....	73
FIGURA 2.29 NOTIFICACIONES DEL PRODUCTO .....	74
FIGURA 2.30 RESUMEN DE INSTALACIÓN DEL SOFTWARE NI-VISA .....	74
FIGURA 2.31 ACUERDO DE LICENCIA .....	75
FIGURA 2.32 NOTIFICACIÓN DE INSTALACIÓN EXITOSA DE SOFTWARE .....	75
FIGURA 2.33 ACTIVACIÓN DE USO DEL SOFTWARE OASIS .....	76
FIGURA 2.34 AUTORIZACIÓN DEL SOFTWARE OASIS .....	77
FIGURE 2.35 ACTIVACIÓN FINAL DEL SOFTWARE OASIS .....	77
FIGURA 2.36 VENTANA DE INICIO DE DESCARGA DE GOOGLE EARTH PRO.....	78
FIGURA 2.37 VERSIÓN DE PRUEBA DE GOOGLE EARTH PRO .....	79
FIGURA 2.38 REGISTRO PARA OBTENER VERSIÓN DE PRUEBA .....	79
FIGURA 2.39 PREPARANDO ASISTENTE PARA INSTALACIÓN .....	80
FIGURA 2.40 ASISTENTE DE INSTALACIÓN PARA GOOGLE EARTH PRO .....	80
FIGURA 2.41 LOCALIZACIÓN DE LA CARPETA DE DESTINO .....	81
FIGURA 2.42 ASISTENTE LISTO PARA INSTALAR EL SOFTWARE GOOGLE EARTH PRO .....	81
FIGURA 2.43 PROCESO DE INSTALACIÓN DEL SOFTWARE GOOGLE EARTH PRO.....	81

FIGURA 2.44 RESULTADO FINAL DE INSTALACIÓN DE GOOGLE EARTH PRO .....	82
FIGURA 2.45 INGRESO DE USUARIO Y CLAVE A SOFTWARE GOOGLE EARTH PRO .....	82
FIGURA 2.46 INGRESO NOMBRE DE USUARIO Y CLAVE DE LICENCIA .....	83
FIGURA 2.47 PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO .....	83
FIGURA 2.48 CAPTURA DE DATOS DE NIVELES DE SEÑAL DESDE 88MHZ A 108MHZ .....	84
FIGURA 2.49 UBICACIÓN DEL ICONO DE ACCESO INALÁMBRICO .....	88
FIGURA 2.50 CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS .....	88
FIGURA 2.51 CONEXIONES DE RED .....	89
FIGURA 2.52 PROPIEDADES DE CONEXIÓN DE ÁREA LOCAL .....	89
FIGURA 2.53 PROPIEDADES: PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 4 (TCP/IPV4) .....	90
FIGURA 2.54 FUNCIONAMIENTO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS WILTEK 9101 .....	91
FIGURA 2.55 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE PUERTO .....	92
FIGURA 2.56 CONEXIÓN ENTRE WILLTEK Y COMPUTADOR .....	92
FIGURA 2.57 CONEXIÓN ENTRE EL COMPUTADOR, EL ANALIZADOR Y LA ANTENA .....	93
FIGURA 2.58 VENTANA PANEL DE CONTROL .....	94
FIGURA 2.59 VENTANA DE RELOJ, IDIOMA Y REGIÓN .....	95
FIGURA 2.60 VENTANA CONFIGURACIÓN REGIONAL Y DE IDIOMA .....	95
FIGURA 2.61 VENTANA PERSONALIZAR FORMATO .....	96
FIGURA 2.62 INICIO SOFTWARE OASIS .....	97
FIGURA 2.63 SELECCIÓN DEL RECEPTOR .....	98
FIGURA 2.64 ADQUISICIÓN DE CONFIGURACIÓN .....	98
FIGURA 2.65 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS A ADQUIRIR .....	99
FIGURA 2.66 SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE FRECUENCIA INICIAL Y FINAL .....	99
FIGURA 2.67 CUADRO DE AJUSTE DE FRECUENCIA INICIAL Y FINAL .....	100
FIGURA 2.68 VALOR EDITADO DE FRECUENCIA INICIAL .....	100
FIGURA 2.69 VALOR EDITADO DE FRECUENCIA FINAL .....	101
FIGURA 2.70 CAMBIO DE ACTUALIZACIÓN DE FRECUENCIA .....	102
FIGURA 2.71 PARÁMETROS PARA MEDICIÓN .....	102
FIGURA 2.72 VENTANA PRINCIPAL .....	103
FIGURA 2.73 CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR GPS .....	104
FIGURA 2.74 ADVERTENCIA DE SUSPENSIÓN DE MEDICIÓN DE DATOS .....	105
FIGURA 2.75 VENTANA PARA CONFIGURAR RECEPTOR DE ESPECTROS .....	106
FIGURA 2.76 ESTADO DEL RECEPTOR ANALIZADOR DE ESPECTROS .....	106
FIGURA 2.77 VENTANA PRINCIPAL .....	107
FIGURA 2.78 VENTANA PRINCIPAL LOCAL .....	107
FIGURA 2.79 VENTANA PARA GUARDAR UN NUEVO ARCHIVO .....	108
FIGURA 2.80 ADVERTENCIA DE SUSPENSIÓN DE MEDICIONES .....	108
FIGURA 2.81 APERTURA DE ARCHIVOS PARA DRIVE TEST .....	109
FIGURA 2.82 CONFIGURACIÓN DE ANÁLISIS DE DRIVE TEST .....	110
FIGURA 2.83 NÚMERO DE MEDICIONES OBTENIDAS .....	110
FIGURA 2.84 PUNTOS OBTENIDOS DURANTE LA MEDICIÓN .....	111
FIGURA 2.85 NOMBRE DE LOS DATOS DEL ARCHIVE DRIVE TEST .....	111
FIGURA 3.1 ACCESO DIRECTO A GOOGLE EARTH PRO .....	149
FIGURA 3.2 VENTANA INICIAL DE GOOGLE EARTH PRO .....	150
FIGURA 3.3 VENTANA DE POSIBLES ARCHIVOS PARA PROCESARLOS .....	150
FIGURA 3.4 CARPETAS CONTENIDAS EN LA CARPETA OASIS USER FILES .....	151
FIGURA 3.5 CARPETA REPORTS DEL SOFTWARE OASIS .....	152
FIGURA 3.6 INFORMACIÓN DE LIMITACIONES DE GOOGLE EARTH PRO VERSIÓN DE PRUEBA .....	153
FIGURA 3.7 PETICIÓN PARA CREACIÓN DE UNA NUEVA PLANTILLA .....	154
FIGURA 3.8 OPCIONES DE PLANTILLA DE ESTILO .....	154
FIGURA 3.9 CONFIGURACIÓN DE NOMBRE DE PLANTILLA DE ESTILO .....	155
FIGURA 3.10 CONFIGURACIÓN DE COLOR DE PLANTILLA DE ESTILO .....	156
FIGURA 3.11 CONFIGURACIÓN DE COLOR NÚMERO DE SEGMENTOS EN PLANTILLA DE ESTILO .....	156
FIGURA 3.12 CONFIGURACIÓN DE COLOR DE INICIO EN PLANTILLA DE ESTILO .....	157
FIGURA 3.13 CONFIGURACIÓN DE COLOR FINAL EN PLANTILLA DE ESTILO .....	158
FIGURA 3.14 CONFIGURACIÓN DE COLOR TOTAL EN PLANTILLA DE ESTILO .....	158
FIGURA 3.15 CONFIGURACIÓN DE ÍCONO DE PLANTILLA DE ESTILO .....	159
FIGURA 3.16 CONFIGURACIÓN DE ALTURA DE PLANTILLA DE ESTILO .....	160
FIGURA 3.17 VENTANA PARA GUARDAR PLANTILLA .....	161
FIGURA 3.18 PRESENTACIÓN DEL MAPA PARA LA FRECUENCIA DE 106.5 MHZ .....	161

FIGURA 3.19 PRESENTACIÓN LEJANA DEL MAPA PARA LA FRECUENCIA 106.5 MHZ.....	162
FIGURA 3.20 PRESENTACIÓN CERCANA DEL MAPA PARA LA FRECUENCIA 106.5 MHZ .....	162
FIGURA 3.21 MAPA LEJANO PARA LA FRECUENCIA 102.1 MHZ .....	164
FIGURA 3.22 MAPA CERCANO PARA LA FRECUENCIA 102.1 MHZ .....	164
FIGURA 3.23 MAPA LEJANO PARA LA FRECUENCIA 89.3 MHZ .....	165
FIGURA 3.24 MAPA CERCANO PARA LA FRECUENCIA 89.3 MHZ .....	165
FIGURA 3.25 MAPA LEJANO PARA LA FRECUENCIA 94.1 MHZ .....	166
FIGURA 3.26 MAPA CERCANO PARA LA FRECUENCIA 94.1 MHZ .....	166
FIGURA 3.27 MAPA LEJANO PARA LA FRECUENCIA 97.7 MHZ .....	167
FIGURA 3.28 MAPA CERCANO PARA LA FRECUENCIA 97.7 MHZ .....	167
FIGURA 3.29 COBERTURA DE LA FRECUENCIA 106.5 MHZ POR ICS TELECOM .....	168
FIGURA 3.30 NIVELES RADIADOS DE LA FRECUENCIA 106.5.....	169
FIGURA 3.31 COBERTURA DE LA FRECUENCIA 89.3 MHZ POR ICS TELECOM .....	170
FIGURA 3.32 NIVELES RADIADOS DE LA FRECUENCIA 89.3 MHZ .....	170
FIGURA 3.33 COBERTURA DE LA FRECUENCIA 94.1 MHZ POR ICS TELECOM .....	171
FIGURA 3.34 NIVELES RADIADOS DE LA FRECUENCIA 94.1 MHZ .....	171
FIGURA 3.35 COBERTURA DE LA FRECUENCIA 97.7 MHZ POR ICS TELECOM .....	172
FIGURA 3.36 NIVELES RADIADOS DE LA FRECUENCIA 97.7 MHZ .....	172
FIGURA 3.37 COBERTURA DE LA FRECUENCIA 102.1 MHZ POR ICS TELECOM .....	173
FIGURA 3.38 NIVELES RADIADOS POR LA FRECUENCIA 102.1 POR EL PROGRAMA OASIS .....	173
FIGURA 4.1 ANALIZADOR DE ESPECTROS WILLTEK 9101.....	175
FIGURA 4.2 ANTENA RECEPTORA GLOBALSAT BU-353 .....	176
FIGURA 4.3 COMPUTADOR PORTÁTIL SONY VAIO.....	176
FIGURA 4.4 CABLE DE RED CRUZADO .....	177
FIGURA 4.5 VEHÍCULO .....	177
FIGURA 4.6 ANTENAS DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS.....	179
FIGURA 4.7 ANTENA TELESCÓPICA OMNIDIRECCIONAL .....	179
FIGURA 4.8 RUTA DE LA MEDICIÓN .....	182
FIGURA 4.9 VALORES DE SEÑALES DE POTENCIA EN (DBM) PARA LAS DIFERENTES FRECUENCIAS.....	187
FIGURA 4.10 REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES BIN EN NIVELES DE POTENCIA EN (DBM).....	188
FIGURA 4.11 VISUALIZACIÓN FINAL DE MAPAS LEJANO Y CERCANO PARA LAS DIFERENTES FRECUENCIAS.....	191

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 PROPIEDADES DEL SISTEMA RECOMENDADO Y DEL COMPUTADOR SONY .....	7
TABLA 1.2 VALORES PERMISIBLES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO FM POTENCIA NORMAL	35
TABLA 1.3 VALORES PERMISIBLES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO FM BAJA POTENCIA .....	35
TABLA 2.1 ATRIBUCIÓN DE SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS .....	41
TABLA 2.2 VALORES DE DISTANCIA EN KM USADOS EN LAS TABLAS DE INTENSIDAD DE CAMPO .....	55
TABLA 2.3 DETALLES DEL COSTO DEL SOFTWARE OASIS .....	67
TABLA 2.4 TABLA DE DATOS MEDIDOS CON EL SOFTWARE WILLTEK 9101 .....	85
TABLA 2.5 DATOS OBTENIDOS PARA LA FRECUENCIA 106.5 MHZ .....	115
TABLA 2.6 DATOS CORRESPONDIENTES A LA FRECUENCIA 102.1 MHZ. ....	119
TABLA 2.7 DATOS CORRESPONDIENTES A LA FRECUENCIA 94.1 MHZ. ....	122
TABLA 2.8 DATOS CORRESPONDIENTES A LA FRECUENCIA 89.3 MHZ. ....	125
TABLA 2.9 DATOS CORRESPONDIENTES A LA FRECUENCIA 97.7 MHZ. ....	128
TABLA 2.10 VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO PARA LA FRECUENCIA 102.1MHZ .....	133
TABLA 2.11 VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO PARA LA FRECUENCIA 106.5MHZ .....	136
TABLA 2.12 VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO PARA LA FRECUENCIA 94.1MHZ .....	139
TABLA 2.13 VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO PARA LA FRECUENCIA 89.3MHZ .....	142
TABLA 2.14 VALORES DE CAMPO ELÉCTRICO PARA LA FRECUENCIA 97.7MHZ .....	145
TABLA 3.1 VALORES REQUERIDOS PARA SIMULACIÓN EN PROGRAMA ICS TELECOM.....	168
TABLA 4.1 PRESENTACIÓN DE LAS 10 PRIMEROS DATOS PARA LA FRECUENCIA 89.3 MHZ .....	183
TABLA 4.2 PRESENTACIÓN DE LAS 10 PRIMEROS DATOS PARA LA FRECUENCIA 94.1 MHZ .....	184
TABLA 4.3 PRESENTACIÓN DE LAS 10 PRIMEROS DATOS PARA LA FRECUENCIA 97.7 MHZ .....	184
TABLA 4.4 PRESENTACIÓN DE LAS 10 PRIMEROS DATOS PARA LA FRECUENCIA 102.1 MHZ .....	185
TABLA 4.5 PRESENTACIÓN DE LAS 10 PRIMEROS DATOS PARA LA FRECUENCIA 106.5 MHZ .....	185
TABLA 4.6 VALORES BIN ASIGNADOS A LAS DIFERENTES FRECUENCIAS UTILIZADAS .....	186

## **DECLARACIÓN**

Yo FRANCISCO JAVIER APOLO PACHECO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi propia autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

FRANCISCO JAVIER APOLO PACHECO

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por FRANCISCO JAVIER APOLO PACHECO, bajo mi supervisión.

**Ing. MIGUEL HINOJOSA  
DIRECTOR DE PROYECTO**



## **DEDICATORIA**

La realización de este proyecto está dedicada a Dios por dirigir y guiar mis pasos y por darme fuerza cuando he estado en mis momentos más difíciles, a mis padres, a mi familia por darme el apoyo necesario, a mis profesores por instruirme, a mis amigos y conocidos que me brindaron su ayuda, también debo agradecer a esta institución por permitirme mi formación como profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

El resultado de este proyecto se lo debo a muchas personas que de una u otra forma contribuyeron con un granito de arena para poder realizarlo, espero poder recordarlos a todos pero si olvido a alguno de ustedes les pido mil disculpas; así agradezco al ser omnipotente que está conmigo siempre en cada día, a Julia PACHECO (mi madre), a Julio APOLO (mi padre quien hubiera disfrutado de este logro) a Julia, Marina y Ángela (mis hermanas) a (Emilia e Isabella) mis sobrinitas, al ingeniero HINOJOSA por su dirección, al ingeniero Xavier PÁEZ quien me ayudó mucho en la SUPERTEL, a la Ingeniera Aleczandra VILLAVICENCIO por la consideración que tuvo conmigo en la SUPERTEL, a Jim WEST por la colaboración con el programa OASIS, a la Escuela Politécnica Nacional donde aprendí muchas cosas, a mis amigos del equipo de atletismo, a Pablo P. Darío T. Luis S. a Marco I. Patricio I. a Francisco M. (el gato) a Paola G. Rolando R. Daniela N. Liseth N. Katy C. Yadira T. Johanna G. Miguel Ángel C. Verónica T. Fulvio M. Mercedes S. Gabriela M. Yael F. Gabriela S. Andrea L. Xavier Ch.

Finalmente, agradezco a todos aquellos quienes creyeron en mí y que de forma sincera, me brindaron de una u otra forma su valiosa colaboración.

## RESUMEN

A continuación se presenta un resumen por cada uno de los capítulos presentes en este proyecto.

### **CAPITULO 1: Introducción al sistema drive test y regulaciones nacionales para radiodifusión analógica**

En el capítulo 1 se indican los temas básicos del método Drive Test, inicialmente se presenta una introducción del método llamado “Drive Test”, tipos, características y aplicaciones. Posteriormente se muestran las normas y reglamentos vigentes de radiodifusión en Ecuador

### **CAPITULO 2: Medición de niveles de campo electromagnético y recopilación de datos**

En este capítulo se presenta como se propagan las ondas y los fenómenos que se presentan en la propagación de las mismas, la recomendación UIT R.P. 1546-2 sus características, Sistemas de información geográfica, instalación de los paquetes de software para el buen funcionamiento de los equipos que se requieren para la medición. Finalmente se presenta los datos de nivel de potencia obtenidos en la medición en un barrio ubicado en la zona norte de Quito.

### **CAPITULO 3: Obtención del mapa de los niveles de campo electromagnético producido por las estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Quito**

En el capítulo 3 se presenta un análisis con respecto al uso de equipos, de software, de selección de frecuencias, de selección del sector en donde se realizó la medición. Se presenta además el mapa de niveles de potencia para algunas estaciones de radiodifusión FM con los datos obtenidos en el capítulo 2 y mediante el uso del programa Google Earth. Finalmente con los datos de potencia se muestran gráficos de cobertura.

## **CAPITULO 4: PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA CERTIFICAR ÁREAS DE COBERTURA**

En el capítulo 4 se presenta un protocolo en el cual se establece que equipos se debe utilizar, cuales son los paquetes de software que se necesitan en este proceso y los pasos que son necesarios realizar para obtener un mapa de niveles de potencia para emisoras de radiodifusión en FM.

## **CAPITULO 5: Conclusiones y Recomendaciones**

En el capítulo 5 se expone las conclusiones y recomendaciones que se generaron a través de la realización de este proyecto.

## PRESENTACIÓN

Con el continuo avance y desarrollo de las tecnologías en servicios de telecomunicaciones, cada día son más y más las señales electromagnéticas que nos rodean, muchas de las veces sabemos que existen, pero no percibimos la radiación que se está emitiendo por parte de los diferentes servicios.

Servicios como la radio, televisión, telefonía celular, etc.; generan radiación. La medición de los niveles de radiación que se origina a través de estos servicios necesita en la mayoría de los casos de varios equipos y de software muy costoso. En otros casos se requiere de mucho tiempo para obtener la medición en varios puntos para luego sacar un promedio en los puntos intermedios a los ya medidos, por estas razones, es necesario de una herramienta que facilite realizar mediciones de una manera fácil, rápida, económica y que permita interpretar los datos de una manera adecuada.

El proyecto “Realización de una herramienta para obtener los niveles de campo eléctrico radiado por las estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Quito”, se presenta con el principal objetivo de generar un mapa con los niveles de potencia generados por las estaciones de radiodifusión FM.

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DRIVE TEST Y REGULACIONES NACIONALES PARA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA**

## **1.1 SISTEMA DRIVE TEST**

Con la constante evolución de la tecnología y el uso masivo de dispositivos electrónicos, los entes regulatorios se ven forzados a utilizar nuevas técnicas para controlar a las empresas que brindan servicios de radiodifusión, de televisión, de telefonía celular y de otros servicios.

Una técnica muy utilizada para verificar la calidad del servicio de telefonía celular es la técnica denominada Drive Test<sup>1</sup>, la cual consiste en una prueba de calidad de una red móvil, esta prueba se realiza mediante un software instalado en una computadora que se dedica a analizar los datos que recibe de un GPS y un teléfono celular en modo de ingeniería, que se encarga de recoger los datos más relevantes de los canales y los eventos generados por la red. Adicionalmente se utiliza un vehículo para recorrer una determinada zona.

En general, las pruebas de Drive Test son realizadas para optimizar la cobertura de una red móvil. Así, se pueden resolver problemas reportados por los usuarios debido a caídas de llamadas en curso en una zona determinada o mejorar la calidad de señal cumpliendo con las normas técnicas y de salud especificadas por los debidos entes regulatorios.

Para realizar las pruebas de Drive Test, se utiliza un equipamiento como se muestra en la figura 1.1 que consta de:

- Un computador portátil con el software para Drive Test
- Fuente de alimentación portátil para automóvil
- Un módulo receptor GPS que proporciona la posición
- Un vehículo

---

<sup>1</sup><http://telefoniamoviles.gio.etsit.upm.es/catedra/2009/03/los-drive-test-como-control-de-emisiones-radioelectricas/>

- Dos terminales móviles: uno en modo ingeniería (field test) y otro en modo normal



**FIGURA 1.1** Equipos que suelen ser utilizados en Drive Test

Los terminales móviles, se utilizan de la siguiente manera. El primer teléfono celular en modo normal, se usa para realizar las llamadas, mientras que el segundo teléfono aprovecha la característica field test (prueba de campo), que está disponible en la mayoría de modelos celulares Nokia y Motorola, para medir varios parámetros y eventos que ocurren cuando el celular está en reposo y durante una llamada<sup>2</sup>.

Existen equipos que integran en un solo equipo el computador y el módulo GPS, así como, soportes para colocar los dispositivos en una parte cómoda del auto, en la figura 1.2 se presenta un ejemplo de estos soportes.



**FIGURA 1.2** Equipo TEMS de Ericsson para realizar Drive Test<sup>3</sup>

<sup>2</sup>"Drive Test GSM/GPRS"; Universidad Católica San Pablo Perú;  
[http://telecom.ucsp.edu.pe/index.php?option=com\\_content&task=view&id=24&Itemid=46](http://telecom.ucsp.edu.pe/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=46)  
<sup>3</sup>Ericsson, "Tems"; <http://www.ericsson.com/tems>

## **1.2 TIPOS DE DRIVE TEST<sup>4</sup>**

La calidad de una red celular, es determinada por el grado de satisfacción del usuario de la red. Para determinar los distintos parámetros de la red, se hace uso de las siguientes tres clases de Drive Test:

- Scanning
- Benchmarking
- Drive Test Simple

### **1.2.1 SCANNING**

Es el Drive Test más simple y consiste en la medición del nivel de potencia de las portadoras que atienden una región. Este tipo de medición se utiliza para determinar las zonas donde se presenta interferencia co-canal e interferencia de canal adyacente. El Scanning se puede desarrollar a cualquier hora del día, ya que no afecta el tráfico generado por los usuarios en la zona. En las ciudades este tipo de medición se debe hacer cuadra a cuadra, en lo posible, con el fin de recolectar la mayor cantidad de muestras, que permitan hacer un análisis correcto del estado de la red

### **1.2.2 BENCHMARKING**

Este tipo de medición es muy usado por los operadores, consiste en comparar el desempeño de la red celular de un operador con sus competidores. Para realizar este tipo de medición se requiere un equipo, que cuente con un terminal para cada operador, estos se deben encontrar en igualdad de condiciones, por lo general se ubican en la parte posterior del vehículo. Los terminales son controlados por un dispositivo que genera llamadas automáticamente hacia unas líneas fijas, las cuales están conectadas a un terminal que responde automáticamente, y envía una grabación de voz la cual, es analizada y calificada por el dispositivo; los datos son almacenados en la unidad del disco duro.

---

<sup>4</sup><ftp://labelec.uniandes.edu.co/Especializaciones/Telecomunicaciones/HERRAMIENTA%20AUTOM.%20XA%20ANALISIS%20CALIDAD%20SERV.%20REDES%20GSM%20BASANDOSE%20EN%20DATOS%20OBTENIDOS%20EN%20DRIVE%20TEST/Documento%20Jorge%20Cardenas.pdf>



### **1.2.3 DRIVE TEST SIMPLE**

Consiste en la verificación de los indicadores de desempeño de la red celular. También se requiere de un teléfono móvil que genere llamadas automáticamente a otro destino, por lo general una línea fija, para que los valores capturados no se vean afectados por un mal desempeño de la región de la red donde, se encuentra el destinatario.

## **1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DRIVE TEST**

El modelo Drive Test consiste, en obtener datos de señal para mejorar la calidad del servicio de telefonía móvil celular y cumplir las normas técnicas y de salud estipuladas en los diferentes estados. La realización de Drive Test amerita algunos pasos como:

- Selección de equipos para Drive Test
- Definición de rutas y metodología de medición
- Carga de parámetros y verificación de los equipos: los equipos y herramientas de medición serán configuradas con indicadores de calidad como:
  - Tiempo promedio de espera para establecer una llamada
  - Porcentaje de llamadas logradas o completadas
  - Porcentaje de llamadas caídas
  - Intensidad de campo en el área de cobertura de la celda, etc.
- Mediciones en terreno y post-procesamiento

### **1.3.1 EQUIPOS QUE SE UTILIZAN PARA MEDICIÓN DRIVE TEST**

Para la realización del método Drive Test se requiere, básicamente de los siguientes dispositivos:

- Computador portátil
- Escáner de frecuencias diseñado para drive test
- Receptor GPS
- Vehículo
- Teléfonos móviles

### **1.3.1.1 COMPUTADOR PORTÁTIL**

El computador portátil en sí, es uno de los dispositivos más importante que se requiere para la realización del modelo Drive Test, por las facilidades que este ofrece se puede enunciar que: es fácil trasladarlo de un lugar a otro, que, con el software, el escáner de frecuencias diseñado para drive test y un receptor GPS se recopila la información requerida, se almacena información, se procesa información, se puede manipular varios programas simultáneamente por citar algunos de las características útiles que este dispositivo aporta.

Las características mínimas<sup>5</sup>, que debe poseer un computador portátil, para poder ejecutar el modelo Drive Test son:

- Equipo procesador Pentium IV de 1.8 GHz
- Windows 2000, Windows XP Professional; Windows Vista, Windows 7
- 256 Megabytes de RAM
- 32 Megabytes de Video en RAM
- 40 Gigabytes de espacio libre en el disco duro

Para obtener resultados óptimos<sup>5</sup>, el sistema recomendado para ejecutar el modelo Drive Test, en un computador portátil debe poseer las siguientes características:

- Equipo procesador Pentium IV de 2.5 GHz
- Windows 2000, Windows XP Professional; Windows Vista, Windows 7
- 512 Megabytes de RAM

---

<sup>5</sup><http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/4/Capitulo%203.pdf>

- 64 Megabytes de Video en RAM
- 80 Gigabytes de espacio libre en el disco duro

Cabe aclarar, que algunos de los computadores portátiles, que existen actualmente en el mercado superan o se acercan mucho a los requerimientos para el sistema recomendado, ya que poseen un sistema Intel core, Intel core 2 duo, Intel core I3, Intel core I5, Intel® Atom por mencionar algunos de los procesadores que los computadores portátiles tienen; superando así las características que poseían los equipos Pentium IV, en el grafico 1.3 se muestra una computadora SONY VAIO, series EB con las respectivas características de procesador, memoria en RAM, memoria de almacenamiento, tamaño, duración de batería, y peso.



**FIGURA 1.3** Características SONY VAIO series EB<sup>6</sup>

Como se puede apreciar, las características de este computador portátil son relativamente mejores, comparadas con las características que se estipulan para conseguir medidas óptimas en el modelo Drive Test, en la tabla 1.1 se muestran las propiedades del sistema recomendado y las características del computador portátil SONY VAIO series EB

<sup>6</sup><http://www.sonymstyle.com/webapp/wcs/store/servlet/CategoryDisplay?catalogId=10551&storeId=10151&langId=1&categoryId=819855292164469998>

<b>Características</b>	<b>Sistema Requerido</b>	<b>SONY VAIO series EB</b>
<b>Tipo de procesador</b>	Intel Pentium IV	Intel Core i5
<b>Procesador</b>	2,5 GHz	2,66 GHz
<b>Capacidad en memoria RAM</b>	512 Megabytes	512 Megabytes
<b>Capacidad en disco duro</b>	80 Gigabytes	Máx. 640 Gigabytes

**TABLA 1.1** Propiedades del sistema recomendado y del computador SONY

### **1.3.1.2 ESCÁNER DE FRECUENCIAS DISEÑADO PARA DRIVE TEST**

Los escáners de frecuencia están diseñados para medir la radiación y el nivel de potencia, que se emite en un rango de frecuencias en un intervalo determinado de tiempo, de acuerdo a la configuración y a las limitaciones que el equipo presenta

Este equipo se conecta al computador para poder manipular los datos medidos por el escáner de frecuencias y estos datos con el software proporcionado por el mismo escáner de frecuencias permite almacenar estos datos medidos, que luego son manipulados como se requiera.

Entre algunas de las marcas reconocidas especializadas en equipos escáner de frecuencias tenemos las siguientes:

- Anritsu
- Andrew
- Agilent
- Ascom
- BV Systems
- CP Towers
- Ericsson
- ETSA
- LMW Electronics

Las figuras 1.4 y 1.5 muestran modelos de escáners de frecuencias comúnmente usados en el método de Drive Test.



**FIGURA 1.4** Anritsu ML8720B<sup>7</sup>



**FIGURA 1.5** BV Systems – 0040-25A-C<sup>8</sup>

Los escáners de frecuencias que se pueden adquirir actualmente en el mercado, cuentan con algunos beneficios que permiten realizar mediciones con mayor facilidad, exactitud, no requieren de difíciles y complicados sistemas de operación y tampoco necesitan de un curso avanzado para poder operar los equipos. Una característica de mucha ayuda en los nuevos modelos de escáners de frecuencias es la propiedad que se refiere al barrido de frecuencias, en la cual se puede presentar mediciones más puntuales en comparación con algunos de los modelos anteriores de escáners de frecuencias, los rangos en los que se realizan las mediciones presentan muchos más puntos de análisis, en un determinado rango de frecuencias para las respectivas mediciones, por citar un ejemplo en un rango de frecuencias de 450 MHz a 460 MHz de barrido se podían obtener datos en pasos de 200 KHz en equipos actuales, en ese mismo rango de frecuencias se puede obtener datos en pasos de 200 KHz, 50 KHz y de 25 KHz.

### 1.3.1.3 RECEPTOR GPS

El receptor de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) por sus siglas en inglés, permite localizar uno o varios puntos geográficos, en un lugar donde una empresa de telefonía móvil celular brinda cobertura y se hayan reportado problemas técnicos o de salud con el servicio móvil telefónico celular.

El uso del receptor GPS con los datos del escáner de frecuencias nos ayudan a construir un mapa de niveles de potencia. El receptor GPS indica el dato de

<sup>7</sup>[http://tm.livingston.es/p\\_anritsu/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/anritsu-ml8720b/](http://tm.livingston.es/p_anritsu/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/anritsu-ml8720b/)

<sup>8</sup><http://tm.livingstong.es/p-bv-systems/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/bv-systems-004025ac/>

posición geográfica, mientras que el escáner de frecuencias nos indica el nivel de potencia en ese punto.

El tipo de receptor GPS que se puede utilizar para el proceso de Drive Test depende de la compatibilidad que este posee con el escáner de frecuencias o con el computador, la mayoría de los receptores tienen como una de sus propiedades la conexión con otros dispositivos. La figura 1.6 muestra algunos de los receptores GPS, que son comúnmente utilizados en el proceso de Drive Test.



**FIGURA 1.6** Receptores GPS<sup>9</sup>

Los receptores GPS pueden intercambiar información con el computador mediante conexión por cables o mediante acceso inalámbrico.

#### **1.3.1.4 VEHÍCULO**

Para cubrir una zona determinada y poder trasladar los equipos que se necesitan en el proceso de obtener los datos en el sistema Drive Test; es necesario de un vehículo. En la mayoría de casos se utiliza un auto como el de la figura 1.7, por la

<sup>9</sup>[http://www.ecuadorgps.com/index.php?option=com\\_content&task=blogsection&id=10&Itemid=10](http://www.ecuadorgps.com/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=10&Itemid=10)

facilidad que se tiene para transportar los equipos y manipular los equipos en el interior del mismo.



**FIGURA 1.7 Vehículo para Drive Test<sup>10</sup>**

### **1.3.1.5 TELÉFONOS MÓVILES**

Los teléfonos móviles cumplen una función importante en el proceso de Drive Test. El uso de los teléfonos para un proceso de Drive Test tradicional se lleva a cabo de la siguiente manera. El teléfono en modo de ingeniería se conecta con el computador portátil y mediante una configuración adecuada del teléfono y del computador se empiezan a realizar llamadas cada cierto intervalo de tiempo, hacia uno o varios teléfonos en determinadas ruta donde se han reportado problemas en la red de telefonía móvil celular. Las llamadas se realizan para cerciorarse de un problema reportado y de hecho verificar si ese problema existe. Los datos que el teléfono recibe y envía se almacenan en el computador. La figura 1.8 muestra algunos tipos de teléfonos que suelen usarse en este proceso.

---

<sup>10</sup> <http://guayaquil.olx.com.ec/alquilo-autos-camionetas-4x4-furgonetas-iid-47520565>



**FIGURA 1.8** Teléfonos móviles para pruebas de Drive Test<sup>11</sup>

Con la información almacenada en el computador se hace un post procesamiento. Y se muestran los datos en gráficas en las que se puede interpretar los problemas, que se deben dar solución por parte del ente encargado de la red de telefonía móvil celular.

### **1.3.2 DEFINICIÓN DE RUTAS Y METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN**

Para definir una ruta en la que se va a realizar las respectivas mediciones de Drive Test, se debe hacer un estudio previo en base a los reportes de los usuarios, o porque de alguna manera se haya detectado un problema en la red de telefonía móvil en un determinado sitio. También se debe tomar en cuenta del mejor camino que se debe recorrer para no tener excesos de redundancia de datos medidos.

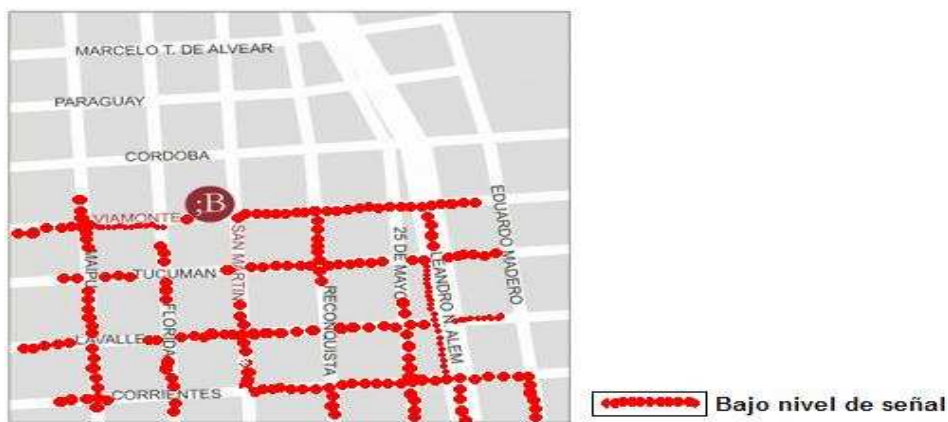
El Drive Test se realiza en horas laborales, es decir de 8:00 de la mañana a 5:00 de la tarde, durante días hábiles para obtener una percepción de la calidad del servicio en horas en las que la red celular es más exigida, en este lapso se puede también localizar otra clase de problemas en la red de telefonía móvil celular de la operadora evaluada, en la figura 1.9 podemos observar un mapa, donde se ha señalado con puntos de color rojo los lugares que previamente han sido reportados con problemas de comunicación, este conjunto de puntos de color rojo han determinado una ruta o una zona que presenta problemas de caídas de llamadas o de baja señal. Sin embargo el ente regulador y la operadora a ser

---

<sup>11</sup><http://www.ecuadorciencia.org/noticias.asp?id=9528&fc=20100920>



evaluada deben llegar a un acuerdo para fijar la hora y el día en que se va a realizar el Drive Test.



**FIGURA 1.9** Ruta definida con problemas de comunicación en la red<sup>12</sup>

Las rutas de medición se acordarán entre ambas partes (Regulador-Operador) y se realizarán como mínimo en las áreas de servicio autorizadas. Las Partes acordarán previamente las rutas a seguir en los “Drive Test”<sup>13</sup>.

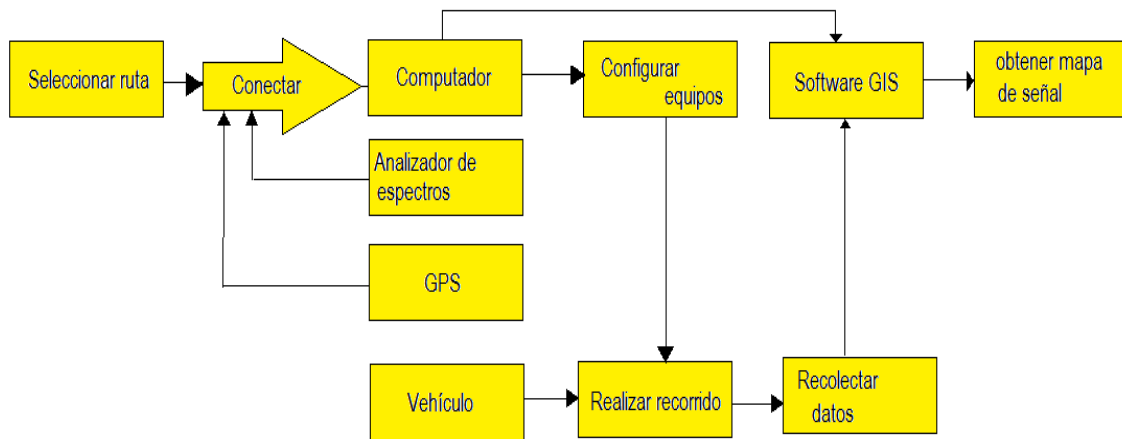
El Órgano Regulador coordinará y programará con los Operadores de Telefonía Celular, por lo menos con quince (15) días calendarios de anticipación, la realización de mediciones de campo o “Drive Test”<sup>13</sup>

### 1.3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA MEDICIÓN

La medición de niveles de señal de potencia mediante la técnica Drive Test, se la puede representar brevemente en el siguiente diagrama de bloques que se muestra en la figura 1.10

<sup>12</sup>[http://www.festivalbeckett.com.ar/?page\\_id=8](http://www.festivalbeckett.com.ar/?page_id=8)

<sup>13</sup>“Guía de Referencia PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE CAMPO (DRIVE TEST)”, COMITÉ DE NORMALIZACION, Tegucigalpa, Honduras 2008



**FIGURA 1.10** Diagrama de bloques de medición

Con lo que respecta a la metodología de medición, se la realiza en base a parámetros estipulados por la empresa responsable de brindar el servicio de telefonía móvil celular y de acuerdo a las políticas y normas que rigen en el país, donde se esté operando el servicio.

#### **1.3.4 CARGA DE PARÁMETROS EN LOS EQUIPOS**

La configuración de equipos, se debe hacer a base de indicadores de calidad. Todos los dispositivos escáner de frecuencias, computador portátil, GPS y teléfonos celulares se deben adaptar, de una manera que todos los dispositivos funcionen simultáneamente y permitan almacenar información en el computador portátil, para que luego estos datos sean procesados y presentados.

Los datos más importantes que se deben tomar en cuenta en las pruebas de Drive Test son:

- Tiempo promedio de espera para establecer una llamada
- Porcentaje de llamadas logradas o completadas
- Porcentaje de llamadas caídas
- Intensidad de campo en el área de cobertura de la celda

#### **1.3.4.1 TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PARA ESTABLECER UNA LLAMADA<sup>14</sup>**

Los datos recolectados para el proceso de Drive Test son de alrededor de mil muestras durante el periodo de medición, con un nivel de confianza de 97% y un margen de error de 3%, entendiéndose por errores a cualquier tipo de situación externa como: desconexión del teléfono móvil celular, problemas de software y cualquier otro evento que afecte el proceso de medición.

El tiempo promedio de espera para establecer una llamada en el sistema Drive Test, es aproximadamente de 90 segundos para cada llamada que se establezca, con un intervalo entre llamada y llamada de 10 segundos.

Los recorridos en el vehículo, se realizan a una velocidad promedio de 45 Km/h en ciudades y hasta 80 Km/h en autopista, corredores o carreteras de alta velocidad. Cuando se superan estos valores de velocidad, suele ocurrir que en una llamada establecida la comunicación sea entrecortada o la comunicación no puede ser finalizada. Y en el caso de un intento de llamada lo más probable es que no se conecte con el terminal final

#### **1.3.4.2 PORCENTAJE DE LLAMADAS LOGRADAS O COMPLETADAS<sup>15</sup>**

Se denominan llamadas logradas o completadas al valor en porcentaje, que se obtiene de la relación entre el número de llamadas realizadas y el número de intentos de llamadas. Para el cálculo de este valor se hace uso de la siguiente fórmula:

$$\%A = \frac{A}{T} \times 100$$

**ECUACIÓN 1.1** Porcentaje de llamadas completadas

%A= Porcentaje de llamadas completadas.

---

<sup>14</sup>“Guía de Referencia PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE CAMPO (DRIVE TEST)”, COMITÉ DE NORMALIZACION, Tegucigalpa, Honduras 2008

<sup>15</sup>“CALIDAD DE LAS OPERADORAS CELULARES EN CUENCA”, ROBLES DURAZNO Iván y SARMIENTO DURÁN Germán, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Electrónica 2007, <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/4/Capitulo%203.pdf>

A= Número de llamadas completadas de acuerdo con el tipo de llamada, en el mes.

T= Número total de intentos de llamadas marcadas en el mes.

De acuerdo a la norma de calidad de Telecomunicaciones, se debe cumplir con un porcentaje de llamadas completadas igual o mayor a 90%.

Se consideran llamadas completadas en los siguientes casos:

- El usuario que recibe una llamada o cliente contesta
- El terminal llamado está ocupado. En este caso el destino adecuado es el tono de ocupado o la casilla de voz del abonado
- El terminal llamado está apagado o se encuentra fuera del área de servicio. En este caso el destino adecuado, es el anuncio grabado correspondiente o casilla de voz
- El terminal móvil llamado, recibe la llamada pero no contesta y se encamina hacia la casilla de voz
- El usuario inicial ha marcado un número que no existe. El destino es el anuncio grabado correspondiente
- El terminal móvil se encuentra con el servicio restringido por falta de pago o a petición del abonado. En este caso el destino adecuado, es el anuncio grabado correspondiente o la casilla de voz

### **1.3.4.3 PORCENTAJE DE LLAMADAS CAÍDAS**

Se define porcentaje de llamadas caídas, al porcentaje de llamadas caídas, con respecto al número total de llamadas establecidas, que luego de establecer la conexión se pierden o no pueden mantenerse en ese estado de conexión por causas atribuibles a la red en evaluación<sup>16</sup>.

Para el cumplimiento de la norma se manejan las siguientes zonas:

---

<sup>16</sup><http://www.supertel.gob.ec/index.php/Ultimas-noticias/supertel-detecto-llamadas-caids-en-pruebas-de-telefonía-movil-en-quito.html>

**Zona A:** Aquella con radio bases adyacentes en todo el perímetro de su área de servicio

**Zona B:** Aquella con radio bases adyacentes las cuales no cubren el perímetro total en su área de servicio.

**Zona C:** Aquellas sin radio bases adyacentes

Las radio bases adyacentes, son aquellas cuyos parámetros de operación garantizan la continuidad en la llamada.

El cálculo del porcentaje de llamadas caídas, se obtiene mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\%C = \frac{C}{T} \times 100$$

**ECUACIÓN 1.2** Porcentaje de llamadas caídas

%C= Porcentaje de llamadas caídas

C= Llamadas caídas

T= Total de llamadas establecidas

Los valores permitidos de porcentaje de caídas de llamadas de acuerdo a la norma son:

Para celdas en la zona A menor o igual a 2 %

Para celdas en la zona B menor o igual a 5%

Para celdas en la zona C menor o igual a 7%

#### **1.3.4.4 INTENSIDAD DE CAMPO EN EL ÁREA DE COBERTURA<sup>17</sup>**

En los sistemas de radiocomunicaciones móviles debe asegurarse, en el límite de la zona de cobertura, un valor mediano de campo E.

En los sistemas de radiocomunicaciones analógicas, E se obtiene a partir del campo mínimo necesario, que es en función de la sensibilidad del receptor,

---

<sup>17</sup>“TELECOMUNICACIONES MÓVILES”, Serie Mundo Electrónico, 2ª edición, editorial Marcombo BOIXAREU EDITORES, Barcelona 1998, [http://books.google.com.ec/books?id=ztTpTayFeSUC&pg=PT264&lpg=PT264&dq=Intensidad+de+campo+en+el+%C3%A1rea+de+cobertura+de+la+celda&source=bl&ots=JF8l0dSOS1&sig=v48UCPCYMrhvLctskmreEKyYHU&hl=es&ei=\\_bXqTP2gLoL7lweOv5yiCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8&ved=0CD8Q6AEwBw#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.ec/books?id=ztTpTayFeSUC&pg=PT264&lpg=PT264&dq=Intensidad+de+campo+en+el+%C3%A1rea+de+cobertura+de+la+celda&source=bl&ots=JF8l0dSOS1&sig=v48UCPCYMrhvLctskmreEKyYHU&hl=es&ei=_bXqTP2gLoL7lweOv5yiCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CD8Q6AEwBw#v=onepage&q&f=true)

aplicando luego las correcciones para tener en cuenta las degradaciones por ruido/multitrayecto y la variabilidad estadística del campo con las ubicaciones y con el tiempo.

Para los sistemas digitales se obtiene la relación energía por bit/densidad espectral del ruido,  $E_b/N_0$ , correspondiente a la calidad de tasa de errores (BER) deseada, para las condiciones en el medio: desviación típica con emplazamientos, en el caso de desvanecimiento log-normal o frecuencia Doppler para desvanecimiento Rayleigh mediante curvas como las de Miki y Hata. Posteriormente se transforma  $E_b$  en valor mediano de campo.

Las potencias efectivas radiadas (P.E.R.) o potencia de operación, no excederán de aquellas que se requieran para cubrir los valores máximos autorizados de intensidad de campo, en el área de cobertura autorizada. Para sus características y cercanía a zonas pobladas, las estaciones de baja potencia tendrán un P.E.R. de 250 vatios máximo. Para el nivel de intensidad de campo, se obtiene un valor promedio mediante un muestreo de al menos cinco puntos referenciales, medidos a 10 metros sobre el nivel del suelo<sup>18</sup>.

Generalmente el nivel de intensidad de campo promedio debe estar alrededor de:

- En el borde del área de cobertura principal mayor o igual a 54 dB $\mu$ V/m
- En el borde del área de cobertura secundaria o de protección menor o igual 30 dB $\mu$ V/m
- En otras zonas geográficas menor a 30 dB $\mu$ V/m

En estaciones de baja potencia y de servicio comunal:

- En el borde de área de cobertura principal menor o igual a 43 dB $\mu$ V/m
- En otras zonas geográficas menor 30 dB $\mu$ V/m

---

<sup>18</sup>[http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=786](http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=786)

#### **1.3.4.5 MEDICIONES EN TERRENO Y POST-PROCESAMIENTO**

Las mediciones en terreno y post-procesamiento representan la parte final en el sistema Drive Test. En esta fase se detallan los resultados obtenidos en el proceso, posteriormente de existir se tomarán las respectivas medidas para brindar un mejor servicio.

Después de haber elegido el equipo que se utilizará en las mediciones de Drive Test, definir la ruta en la cual se van a realizar las mediciones y tomar en cuenta los parámetros que se deben cumplir en las respectivas zonas. Se realiza las mediciones en la ruta que se ha delimitado anteriormente y finalmente se realiza un procesamiento de los datos.

#### **1.3.5.1 MEDICIONES EN TERRENO**

La medición en terreno se refiere al monitoreo de los parámetros. Para ello se deben tener listos, los equipos que recopilarán los datos necesarios en Drive Test.

El vehículo hará el recorrido por una ruta ya definida, en la cual se han detectado algunos problemas de comunicación, a una velocidad no mayor de 45 Km/h, mientras que por otro lado los teléfonos realizan llamadas o intentos de llamadas cada cierto intervalo de tiempo ya determinado y todos los datos que se generen durante el intervalo de medición, serán almacenados en el computador portátil, para posteriormente realizar el respectivo procesamiento de los datos y presentar los resultados en un mapa con los niveles de potencia que se obtuvieron en la medición.

#### **1.3.5.2 POST-PROCESAMIENTO<sup>19</sup>**

El Post-Procesamiento consiste, en la elaboración de tablas, estadísticas y mapas que presentan la información que ha sido recolectada mediante los recorridos realizados en el drive test<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup><http://www.slideshare.net/chestrellita/jornadas-esmeraldas-servicio-mvil-avanzado>

<sup>20</sup><http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/672/1/1181.pdf>

Con los datos recopilados en las mediciones en terreno, y mediante algunos programas (software) se obtienen tablas de datos en Microsoft Excel, a estas tablas se le aplica una macros para generar archivos (.kml). Los archivos (.kml) se los convierte a mapas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para su presentación final.

En un Sistema de Información Geográfica (GIS), se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van, dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georeferencial. La mayor utilidad de un Sistema de Información Geográfica (GIS), está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos, que generan aún más información para el análisis<sup>21</sup>.

Los mapas que se presentan, con ayuda del Sistema de Información Geográfica (GIS), como resultados finales son similares a los que se muestran en la figura 1.11 y son el resultado de colocar un mapa sobre otro, es decir en el mapa de una ciudad, de una parroquia o de un barrio se le sobrepone otro mapa, que representa las mediciones realizadas, como los puntos de las llamadas caídas o falta de cobertura por la operadora.



**FIGURA 1.11** Presentación de un drive test antes y después de instalar una BTS<sup>22</sup>

<sup>21</sup>[http://www.emagister.com/cursos-gratis/frame.cfm?id\\_centro=43204110021466565570676950524550&id\\_curso=37437070041970686556505356684550&id\\_user=3174442100120100748656685349536&id\\_segmento=3&id\\_categ=475&id\\_busqueda=655676](http://www.emagister.com/cursos-gratis/frame.cfm?id_centro=43204110021466565570676950524550&id_curso=37437070041970686556505356684550&id_user=3174442100120100748656685349536&id_segmento=3&id_categ=475&id_busqueda=655676)

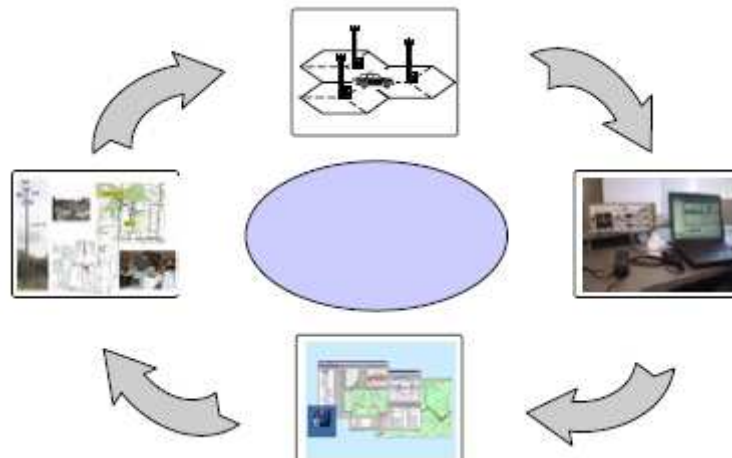
<sup>22</sup><http://tesis.pucp.edu.pe/files/PUCP000000001074/Optimizaci%F3n%20de%20la%20zona%20centro-norte%20de%20la%20red%20GSM%20de%20un%20operador%20m%F3vil%20en%20lima%20a%20nivel%20radio.pdf>



## 1.4 APLICACIONES DEL MODELO DRIVE TEST<sup>20</sup>

El empleo de pruebas Drive Test, es una de las mejores formas de establecer la cobertura RF real, los niveles y fuentes de interferencia que están presentes en la Red. Permite al operador hacer una optimización más eficiente de la red, como también a un ente regulador verificar el cumplimiento de las normas de la calidad del servicio, exigidos en la legislación.

Una forma de optimización de la red, se puede observar en la figura 1.12, donde se optimiza la red a través de la aplicación de Drive Test, para luego tomar las respectivas medidas y mejorar la calidad de la red.



**FIGURA 1.12** Proceso de optimización utilizando herramientas Drive Test<sup>20</sup>

Dentro del proceso de optimización de redes, se tienen los siguientes problemas a ser resueltos:

- Fallas de Acceso Excesivas
- Caídas de Llamadas Excesivas
- Interferencia en el enlace forward
- Velocidad de Handoff lenta

- Manejar un óptimo tamaño de la ventana de búsqueda de canales pilotos para los procesos de handoff

El uso de la herramienta Drive Test, permite en base a sus resultados también disminuir la emisión de potencia y de ser necesario quitar antenas, para disminuir la radiación y garantizar los niveles estipulados según organismos de salud, y los entes reguladores pertinentes.

Esta aplicación, usada generalmente para mejorar la calidad percibida por los usuarios de telefonía móvil, puede ser traspasada al ámbito de las comunicaciones móviles sostenibles. Esto se podría hacer si cruzamos un listado de llamadas desde una ubicación con los datos obtenidos en un Drive Test, con el objetivo de reducir emisiones allí donde el uso es menor, o incluso retirando antenas en lugares donde pueda existir una redundancia de las mismas.

Si ponemos un ejemplo práctico, podríamos pensar en un recinto educativo, que debería mantener unos niveles de radiación muy bajos en todo su perímetro. Pues con este Drive Test, podríamos hacer un mapa de emisiones que podría ayudarnos a optimizar la red móvil de la zona, para minimizar el impacto de la misma.

## **1.5 NORMAS Y REGLAMENTOS VIGENTES DE RADIODIFUSION EN ECUADOR<sup>23</sup>**

Las normas de radiodifusión y televisión en el Ecuador, están regidas por un ente especial el CONATEL y este, está encargado de expedir reglamentos técnicos complementarios y demás regulaciones de esta naturaleza.

El Concejo Nacional de Radiodifusión y Televisión en sesión efectuada el 5 de noviembre de 1999, después de considerar distintos criterios, se realizaron algunas modificaciones gramaticales, para incorporar correcciones en términos que estén en armonía con el léxico de la UIT o exclusión de disposiciones de derecho que constan en la ley y que involuntariamente se han incorporado en la

---

<sup>23</sup>[http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=600:sector-de-radio-y-televisión&catid=253=normas&Itemid=249](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=600:sector-de-radio-y-televisión&catid=253=normas&Itemid=249)

Norma Técnica; y, en uso de las atribuciones legales que le corresponden expidió la Norma Técnica Reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica.

#### 1. OBJETIVO:

Establecer el marco técnico que permita la asignación de canales o frecuencias radioeléctricas en el espacio suprayacente del territorio ecuatoriano, minimizando las interferencias, de tal forma que se facilite la operación de los canales y se racionalice la utilización del espacio, de conformidad con la Constitución, recomendaciones de la UIT y realidad nacional.

Formular planes para la adjudicación de canales y sobre el reordenamiento de emisoras en el espectro radioeléctrico, que sean coherentes y consecuentes con la presente norma técnica y con sus anexos.

#### 2. DEFINICIONES:

Además de las definiciones y términos técnicos que constan en la Ley de Radiodifusión y Televisión, su reforma, Reglamento General y Glosarios de la UIT., tómesese en cuenta las que constan a continuación:

2.1. ESTACIÓN MATRIZ: Aquella que genera la programación en forma estable y permanente; que señalan la ubicación del estudio, es el domicilio legal del concesionario, que están ubicadas en la ciudad o población autorizada a servir como área de cobertura principal.

2.2. ESTACIÓN REPETIDORA: La que repite programación para un sistema de radiodifusión debidamente conformado.

Puede utilizar igual o diferente frecuencia en la misma u otra zona de acuerdo con el contrato.

2.3. ESTACIONES DE BAJA POTENCIA: Aquellas de potencia mínima, utilizadas para cubrir las cabeceras cantonales o sectores de baja población, cuya

frecuencia pueda ser reutilizada por diferente concesionario, en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica, conforme a la presente Norma Técnica.

2.4. FRECUENCIAS AUXILIARES: DE ENLACE FIJO O MÓVIL: Son aquellas, que permiten circuitos de contribución entre los estudios, distribución primaria a transmisores y recolección de información mediante enlaces terrestres, satelitales y otros, destinados a la transmisión de programación o comunicación.

2.5. COMITE TÉCNICO PERMANENTE: Grupo de personas designadas por el CONATEL, encargadas de entregar evaluaciones, recomendaciones técnicas y sugerencias o proyectos de reforma a los reglamentos y normas técnicas de acuerdo a los términos y políticas que determine la respectiva resolución.

2.6. ADJUDICACIÓN: Determinación técnica, temporal y condicionada para que el uso de un canal que conforme un plan, sea utilizado por una o varias personas en un servicio de radiocomunicación terrenal.

2.7. ASIGNACIÓN: Autorización que da una administración para que un concesionario o estación radioeléctrica utilice un determinado canal a frecuencia en condiciones específicas, técnicas y oficiales.

2.8. ZONA GEOGRÁFICA: Superficie terrestre asociada con una estación en la cual, en condiciones técnicas determinadas puede establecerse una radiocomunicación respetando la protección establecida.

### 3. BANDA DE FRECUENCIAS:

Parte del espectro radioeléctrico destinado para emisión de señales de audio y video, que se define por dos límites específicos, por su frecuencia central, anchura, de banda asociada y toda indicación equivalente. Para el servicio de radiodifusión de frecuencia modulada analógica, se establece la banda de frecuencias de 88 a 108 MHz, aprobada en el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión.

3.1. BANDA PARA FRECUENCIAS AUXILIARES: Las destinadas para enlaces de los servicios fijo y móvil, definidas en el numeral 2.4. anterior.

#### 4. CANALIZACIÓN DE LA BANDA DE FM:

Se establecen 100 canales con una separación de 200 KHz, numerados del 1 al 100, iniciando el canal 1 en 88.1 MHz (Anexo No. 1).

#### 5. GRUPOS DE FRECUENCIAS:

Se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional.

Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias. Ver Anexo.

La separación entre frecuencias del grupo es de 1.200 KHz.

Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes), destinados a servir a una misma zona geográfica, deberá observarse una separación mínima de 400 KHz entre cada estación de la zona.

#### 6. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS:

La distribución de frecuencias, se realizará por zonas geográficas, de tal manera que se minimice la interferencia de co-canales y canales adyacentes. Las zonas pueden corresponder a: conjunto de cantones de una provincia, provincias completas, integración de una provincia con cantones de otra provincia o unión de provincias.

Las zonas geográficas se identifican con una letra del alfabeto y corresponden a lo establecido en los anexos No. 3A y 3B del anexo 1. Esto no modifica las limitaciones o derecho sobre frecuencias que por provincias establece la ley para cada concesionario, pues esta norma trata únicamente los requerimientos técnicos.

## 7. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FRECUENCIAS O CANALES:

Aquella que garantiza que los valores de intensidad de campo establecidos en la norma se cumplan por parte de las estaciones sin que ocurran interferencias.

## 8. ÁREA DE SERVICIO:

Circunscripción geográfica, en la cual una estación irradia su señal en los términos y características técnicas contractuales, observando la relación de protección y las condiciones de explotación.

8.1. **ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL:** Ciudad o poblado, específicos, cubiertos por irradiación de una señal de FM, con características detalladas en el respectivo contrato de concesión.

8.2. **ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA O DE PROTECCIÓN:** La que corresponde a los alrededores de la población señalada, como área de cobertura principal, que no puede ni debe rebasar los límites de la respectiva zona geográfica.

No se requerirá de nueva concesión, cuando dentro de una misma provincia, se reutiliza la frecuencia concedida para mejorar el servicio en el área de cobertura secundaria.

8.3. **ÁREA DE COBERTURA AUTORIZADA:** Superficie que comprende el área de cobertura principal, más el área de cobertura secundaria de protección. Las áreas de cobertura que se hallen definidas, podrán ampliarse en la misma zona geográfica a favor del mismo concesionario, mediante la reutilización de las frecuencias.

## 9. NOMENCLATURA UTILIZADA PARA DEFINIR E IDENTIFICAR LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA ZONA:

- Letra inicial F = Frecuencia Modulada.
- Segunda letra = La asignada a cada zona geográfica.

En tercer lugar, el número ordinal que corresponda en forma ascendente.

#### 10. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS:

El CONATEL, asignará en condiciones específicas las frecuencias, previo informe técnico de la SUPERTEL, emitido en base a los parámetros de la presente norma técnica, observando la disponibilidad de canales y el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias.

Todo concesionario podrá reutilizar un co-canal en una misma zona geográfica, para servir su provincia con repetidoras. El intercambio de frecuencias entre concesionarios o cambio por otra frecuencia disponible, de acuerdo con la norma técnica, es factible previa solicitud y autorización del CONATEL.

Todo concesionario puede solicitar al CONATEL, el cambio de la frecuencia que le corresponde a cualquier otra que hallare disponible, siempre y cuando se observe lo establecido en la presente norma.

10.1. ESTACIONES DE BAJA POTENCIA: Aquellas con un máximo de potencia de 250 w, autorizadas para servir en cualquier población de cada zona geográfica, que permiten reutilizar su frecuencia para la irradiación de señales a otros cantones de la misma zona, sin que su señal se propague o rebase los límites de la cobertura autorizada.

10.2. FRECUENCIAS AUXILIARES: se asignarán las definidas en el numeral 2.4. Pueden ser reutilizadas por el mismo concesionario, con sujeción al estudio técnico de enlaces para la misma provincia y zona.

#### 11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Los parámetros técnicos de la instalación de una estación, así como sus emisiones deben estar de acuerdo con la presente norma y observar:

11.1. ANCHO DE BANDA: De 220 KHz para estéreo y 180 KHz para monofónica, con una tolerancia de hasta un 5%.

11.2. FRECUENCIAS DE BANDA BASE PARA AUDIO: Desde 50 Hz hasta 15Khz.

11.3. SEPARACIÓN ENTRE PORTADORAS: Será determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica.

11.4. PORCENTAJE DE MODULACIÓN: Sin exceder los siguientes valores en las crestas de recurrencia frecuente:

Para sistemas monofónicos o estereofónicos, únicamente 100%.

Si éstos utilizan una sub-portadora: 95%.

Si utilizan dos a más sub-portadoras: 100%.

11.5. POTENCIA DE OPERACIÓN O POTENCIA EFECTIVA RADIADA (P.E.R.): Los valores a considerarse, corresponden a la potencia efectiva radiada. La intensidad de campo necesaria para cumplir con la norma, es el valor determinado para los requerimientos de potencia.

11.5.1. POTENCIAS MÁXIMAS: Las potencias efectivas radiadas, no excederán de aquellas que se requieran para cubrir los valores máximos autorizados de intensidad de campo en el área de cobertura autorizada.

Por sus características y cercanía a zonas pobladas, las estaciones de baja potencia tendrán un P.E.R. de 250 vatios máximo.

11.6. INTENSIDAD DE CAMPO: Valores promedios a 10 metros sobre el nivel del suelo mediante un muestreo de por lo menos cinco puntos referenciales.

- En general: En el borde del área de cobertura principal  $> \text{ó} = 54 \text{ dB } [\mu\text{V/m}]$ .

En el borde del área de cobertura secundaria o de protección  $< \text{ó} = 30 \text{ dB } [\mu\text{V/m}]$ .

A otras zonas geográficas:  $<30 \text{ [dB}\mu\text{V/m]}$ .



- Estaciones de baja potencia y de servicio comunal:

En el borde de área de cobertura principal  $\leq 43$  dB [ $\mu$ V/m].

En otras zonas geográficas  $\leq 30$  dB [ $\mu$ V/m].

#### 11.7. RELACIONES DE PROTECCIÓN SEÑAL DESEADA/SEÑAL NO DESEADA: Separación entre Sistema

Sistema portadoras deseada estereofónico monofónico

0 KHz (co-canal) 37 dBu 28 dBu

200 KHz 7 6

400 KHz - 20 - 20

600 KHz - 30 - 30 dBu

11.8. TOLERANCIA DE FRECUENCIA: La máxima variación de frecuencia admisible para la portadora principal será de  $\pm 2$  KHz.

11.9. DISTORSIÓN ARMÓNICA: La distorsión armónica total de audiofrecuencia, desde las terminales de entrada de audio del transmisor, hasta la salida del mismo, no debe exceder del 0.5% con una modulación del 100% para frecuencias entre 50 y 15.000 Hz.

11.10. ESTABILIDAD DE LA POTENCIA DE SALIDA: Se instalarán los dispositivos adecuados para compensar las variaciones excesivas de la tensión de línea u otras causas y no debe ser menor al 95%.

11.11. PROTECCIONES CONTRA INTERFERENCIAS: Será responsabilidad del concesionario que genere interferencias, incorporar a su sistema los equipos, implementos o accesorios indispensables para atenuar en por lo menos 80 dB las señales interferentes.

11.12. NIVELES DE EMISIÓN NO ESENCIALES: deben atenuarse con un mínimo de 80 dB por debajo de la potencia media del ancho de banda autorizado y con una modulación del 100%.

## 12. SISTEMA DE TRANSMISIÓN:

La modificación o sustitución de los equipos, de un sistema de transmisión, será permitida siempre y cuando no se alteren las características originales.

12.1. TRANSMISOR: El diseño del equipo transmisor debe ajustarse a los parámetros técnicos y a las características autorizadas. Deberá contar con instrumentos de medición básicos.

12.2. LINEA DE TRANSMISIÓN: La línea que se utilice para alimentar la antena debe ser guía de onda o cable coaxial, con características de impedancia que permitan un acoplamiento adecuado entre el transmisor y la antena, con el fin de minimizar las pérdidas de potencia.

12.3. ANTENA: Podrán ser de polarización horizontal, circular o elíptica; darán lugar a patrones de radiación y estarán orientadas para irradiar a sectores poblacionales de acuerdo a los requerimientos y autorizaciones establecidas en el contrato.

Las torres que soporten las antenas podrán ser compartidas con otros concesionarios u otros servicios, siempre y cuando cumplan con sus respectivas normas y parámetros técnicos.

12.4. EQUIPOS DE ESTUDIO: El concesionario tiene libertad para: configurar los equipos y sistemas de estudio, de acuerdo a sus necesidades y para instalar o modificar los estudios en todo aquello necesario para el funcionamiento de la estación.

12.5. ENLACES: Los equipos de enlace se ajustarán a los parámetros técnicos que garanticen la comunicación sin provocar interferencias. Las frecuencias auxiliares para enlace requieren autorización expresa. La utilización de todo tipo de enlace impone el cumplimiento de las obligaciones previstas en el pliego tarifario.

Los enlaces que no utilizan frecuencias radioeléctricas pueden ser utilizados, siempre y cuando el concesionario informe y notifique lo correspondiente al CONATEL.

### 13. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN:

#### 13.1. LOS TRANSMISORES:

13.1.1. EN GENERAL: Fuera del área urbana, que no provoquen saturación en los sistemas de recepción de televisión, y podrán ubicarse en áreas físicas compartidas con otros concesionarios de igual o diferente servicio, inclusive de telecomunicaciones. Los transmisores podrán instalarse dentro de las ciudades exclusivamente cuando existan áreas geográficas aisladas que no estén pobladas y tengan una altura que supere en 60 metros a la altura promedio de la zona urbana.

13.1.2. TRANSMISORES DE BAJA POTENCIA: Se ubicarán en áreas periféricas de la población a servir y el sistema radiante estará a una altura máxima de 36 metros sobre la altura promedio de la superficie de la población servida.

### 14. INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES:

Se harán de acuerdo a los parámetros técnicos definidos en el contrato de concesión.

La instalación puede ser compartida con otras estaciones y servicios similares.

14.1. DE LOS TRANSMISORES: Se instalarán y operarán de conformidad con lo estipulado en el contrato de concesión, de acuerdo a las normas internacionales, incorporando niveles de seguridad adecuados. En el exterior del área física que aloja el transmisor y en la torre que soporta el sistema radiante debe existir la respectiva identificación de acuerdo al indicativo señalado en el contrato. Dicha identificación tendrá un formato mínimo de 1000 centímetros cuadrados.

Los transmisores en sitios colindantes a instalaciones de fuerzas armadas requieren autorización expresa, excepto en aquellos lugares donde ya existen otras instalaciones en todo caso, el concesionario dará oportuno aviso al CONATEL antes de realizar la instalación.

La ubicación de transmisores en sitios contiguos a lugares con instalaciones para equipos de radio ayuda u otros de aeronavegación previo pronunciamiento del CONATEL, requiere en primer lugar autorización de la Dirección de Aviación Civil, con fundamento en el análisis y estudio de los técnicos de dicha entidad. Las torres para sistemas radiantes de frecuencia modulada, no pueden ser instaladas en el cono de aproximación de pistas de aterrizaje, salvo autorización expresa de la Dirección de Aviación Civil u organismo competente. Las torres para sistemas radiantes requieren balizamiento diurno, y nocturno.

14.2. ESTUDIO PRINCIPAL: Es el ambiente y área física cubierta y funcional; parte de la edificación correspondiente al domicilio legal de la estación matriz; y sitio desde el cual se origina la programación diaria de la estación. El estudio principal podrá recibir y difundir programación mediante frecuencias auxiliares y cualquier otro tipo de enlace debidamente autorizado por el CONATEL.

Un sistema automatizado e independiente, instalado en el sitio donde se encuentre funcionando el transmisor, no constituye estudio principal, pues se altera la esencia del contrato.

14.3. ESTUDIOS SECUNDARIOS: Aquellos localizados fuera del área de cobertura principal, que pueden ubicarse en la misma o diferente zona geográfica; serán de carácter permanente o temporal y destinados para programación específica, podrán acceder a enlaces para la transmisión o utilizar cualquier otro enlace que no requiera autorización expresa. Las direcciones y ubicación de los sitios deberán notificarse oportunamente al CONATEL.

14.4. ESTUDIOS MÓVILES: Los que fundamentalmente tienen como origen de la programación, vehículos o sitios especiales del territorio nacional o del exterior,

tienen programación de carácter ocasional y utilizan como enlaces frecuencias auxiliares, terrestres, satelitales u otros sistemas.

#### 15. INCUMPLIMIENTO Y SANCIONES:

15.1. Constituye infracción técnica tipo IV del Reglamento a la Ley de Radiodifusión y Televisión, el incumplimiento de las disposiciones impartidas respecto del reordenamiento de frecuencias y del respectivo plan.

15.2. En el caso de que se verifiquen y comprueben interferencias por incumplimiento de las normas técnicas, impondrá como sanción la suspensión de las emisiones hasta que se realicen las correcciones.

#### 16. DISPOSICIONES GENERALES:

16.1. El plan y asignación de canales o frecuencias constante en los anexos FM, son parte sustancial de la presente norma técnica. El número de canales o frecuencias asignadas en cada grupo para cada zona geográfica no podrá ser modificado, salvo imponderables técnicos comprobados y aprobados por el CONATEL.

#### 17. DISPOSICIONES TRANSITORIAS:

17.1. El Plan de reubicación de frecuencias FM que llegare a aprobarse por parte del CONATEL, será parte sustancial de la presente norma técnica y se ejecutará en un plazo de 90 días, con participación de la SUPERTEL.

17.2. Efectuada la reubicación de frecuencias con sujeción al Plan de Adjudicación de Canales y Anexos FM, las interferencias por excesos de potencia o patrones de radiación no definidos para la zona a cubrir, se solucionarán estableciendo potencias efectivas radiadas máximas, desde los cerros donde están ubicados los transmisores. La resolución que al respecto emita el CONATEL será razonada y tendrá carácter obligatorio para los concesionarios.

17.3. Las modificaciones en los parámetros técnicos en las concesiones afectados por la presente norma, incluyendo el cambio de frecuencia, serán dispuestas mediante resolución por el CONATEL, registradas por la Superintendencia de Telecomunicaciones y notificadas oficialmente al concesionario para que proceda a la respectiva modificación del contrato, conforme lo dispone el último inciso del Art. 27 en vigencia de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

#### 18. PREVALENCIA:

La presente Norma Técnica para Radiodifusión en Frecuencia Modulada actual prevalece por sobre cualquier otra disposición o resolución presente o pasada, consecuentemente queda derogado todo aquello que se le oponga de manera general o expresa.

#### 19. VIGENCIA:

A partir de la publicación en el Registro Oficial. Dado y firmado en Quito, en la sala de sesiones del CONATEL, a veinticinco de marzo de mil novecientos noventa y nueve.

#### **1.5.1 PAPEL DE LA SUPERTEL EN EL CONTROL DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN<sup>24</sup>**

La Superintendencia de Telecomunicaciones controla principalmente a las estaciones de radiodifusión y televisión los siguientes parámetros técnicos:

- Área de cobertura
- Intensidad de campo eléctrico
- Potencia de Operación - PER
- Anchura de banda
- Frecuencia de operación
- Ubicación de las instalaciones

---

<sup>24</sup><http://www.supertel.gob.ec/index.php/Ultimas-noticias/principales-parametros-tecnicos-controlados-a-las-estaciones-de-radiodifusion-y-television-del-pais.html>

De acuerdo a la normativa vigente, el incumplimiento de los mismos provoca juzgamientos administrativos por parte del Organismo Técnico de Control.

### 1.5.1.1 ÁREA DE COBERTURA

El área de cobertura se presenta en dos áreas un área de cobertura principal y otra área de cobertura secundaria, la figura 1.13 muestra un modelo de áreas de cobertura

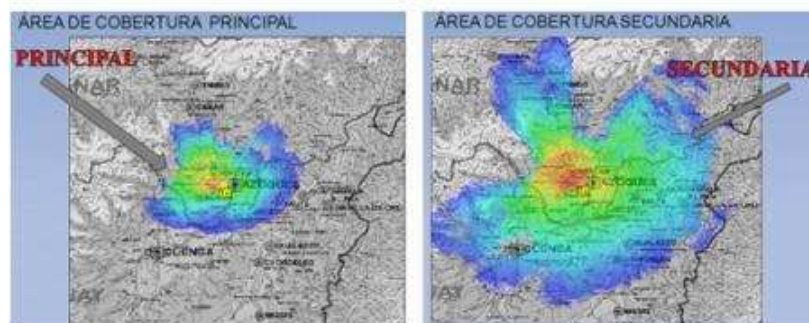


FIGURA 1.13 Modelo de áreas de cobertura<sup>24</sup>

El área de cobertura principal se refiere a una ciudad o poblados específicos, cubiertos por irradiación de una señal, con características detalladas en el respectivo contrato de concesión.

Mientras que el área de cobertura secundaria corresponde a los alrededores de la población señalada como área de cobertura principal, que no puede ni debe rebasar los límites de la respectiva zona geográfica.

### 1.5.1.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Para el control de intensidad de campo eléctrico en radiodifusión sonora FM, la Superintendencia de Telecomunicaciones controla dos parámetros principales:

- Radiodifusión sonora FM Potencia normal
- Radiodifusión sonora FM Baja potencia

En la tabla 1.2 se muestran los valores permisibles de intensidad de campo eléctrico en radiodifusión sonora FM Potencia normal.

**FM Potencia normal:**

Área de cobertura	Intensidad de campo
Principal	$\geq 54$ dBuV/m
Secundaria	$\geq 30$ dBuV/m y $< 54$ dBuV/m
Otras zonas geográficas	$< 30$ dBuV/m

**TABLA 1.2** Valores permisibles de intensidad de campo eléctrico FM Potencia normal<sup>24</sup>

En la tabla 1.3, se muestran los valores permisibles de intensidad de campo eléctrico en radiodifusión sonora FM Baja potencia.

**FM Baja potencia:**

Área de cobertura	Intensidad de campo
Principal	$\geq 43$ dBuV/m
Secundaria	$\geq 30$ dBuV/m y $< 43$ dBuV/m
Otras cabeceras cantonales o sectores de baja población	$< 30$ dBuV/m

**TABLA 1.3** Valores permisibles de intensidad de campo eléctrico FM Baja potencia<sup>24</sup>

### 1.5.1.3 POTENCIA DE OPERACIÓN-PER

La Potencia de Operación o Potencia Efectiva Radiada (PER), no excederá de aquellas potencias que se requieren para cubrir los valores máximos autorizados de intensidad de campo en el área de cobertura autorizada.

La Potencia Efectiva Radiada (PER): Es la potencia radiada en una dirección dada, debido a la potencia suministrada por el transmisor, la ganancia de la antena y las pérdidas.

Con Resolución No. 072-04-CONATEL-2010 de 12 de marzo de 2010, se estableció el procedimiento para determinar la PER en el sitio de transmisión, de la siguiente manera:

- Se verifica la potencia nominal de operación del transmisor
- Se consideran pérdidas en cables y conectores, Eje: para FM máximo es 1.5 dB



- Se establece la ganancia (dBd) del sistema radiante, de acuerdo a catálogos, datos del técnico o aplicando la relación matemática correspondiente

La Superintendencia de Telecomunicaciones establecerá la PER teóricamente equivalente para todas las estaciones y procederá a su notificación, para lo cual:

- Se determinará la potencia del transmisor, de acuerdo al contrato, o estudio de ingeniería
- De determinada la ganancia del sistema y las pérdidas de acuerdo al estudio de ingeniería, inspecciones o el procedimiento anterior
- Se establecerá la PER aplicando la fórmula anteriormente indicada
- Una vez determinada la PER, se evaluarán los máximos y mínimos a fin de que cumplan con la norma técnica y la calidad del servicio en el área autorizada

#### **1.5.1.4 ANCHURA DE BANDA**

El ancho de banda que se requiere para radiodifusión FM es de:

- 180 KHz para señal FM monofónica
- 220 KHz para señal FM estéreo con tolerancia de hasta un 5% (máximo 231 KHz)

#### **1.5.1.5 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN**

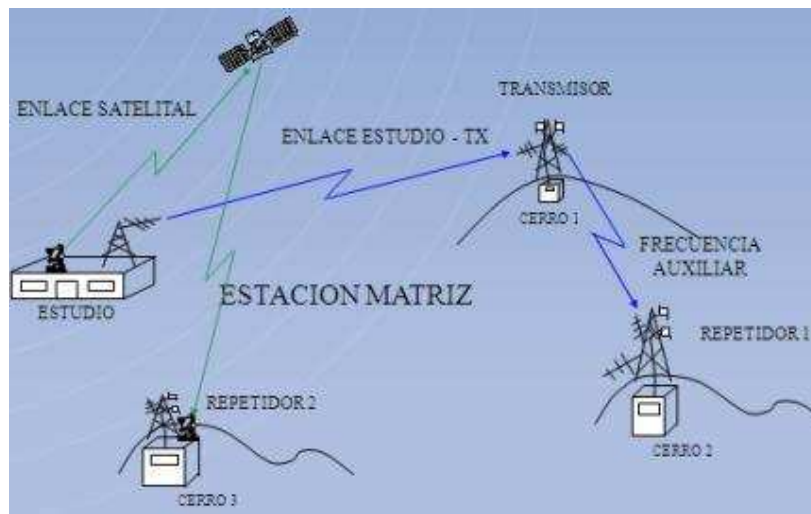
Las frecuencias de operación para radiodifusión FM están comprendidas entre los 88 MHz y los 108 MHz con una separación entre emisoras de 1.2 MHz.

#### **1.5.1.6 UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES**

La Superintendencia de Telecomunicaciones también controla la ubicación de las siguientes instalaciones:

- Estudios
- Transmisores
- Puntos de enlace

La figura 1.14 presenta un modelo de ubicación de instalaciones



**FIGURA 1.14** Ubicación de instalaciones<sup>24</sup>

## **CAPÍTULO 2. MEDICION DE NIVELES DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO Y RECOPIACIÓN DE DATOS**

La propagación de ondas electromagnéticas ha permitido el desarrollo de varias tecnologías en el área de telecomunicaciones. La radiodifusión analógica, televisión analógica, transmisión satelital, telefonía móvil celular, enlaces de microondas, Bluetooth, WiFi son, entre otras, tecnologías que han surgido en base a la propagación de ondas electromagnéticas a lo largo del transcurso del tiempo, algunas se han mantenido por mucho tiempo y otras han sido reemplazadas por tecnologías que mostraron algún toque de innovación.

La radiodifusión que actualmente se conoce, es el resultado de varios años de investigación y el desarrollo de varios artefactos electrónicos, entre ellos citamos el desarrollo de las leyes de Maxwell, el equipo que desarrolló Henrich Hertz para generar y detectar ondas electromagnéticas, el telégrafo inalámbrico de Marconi, la estación generadora de Dave Riley fueron entre otros los acontecimientos que dieron lugar a que en la noche del 24 de diciembre de 1906, Reginald Aubrey Fessenden lograra transmitir por primera vez la señal de voz en Michigan. La llegada de la primera guerra mundial evolucionó la radiodifusión, el gobierno de los Estados Unidos tomó el control total de esta y la utilizó para fines bélicos, luego de la guerra el gobierno federal entregó la radiodifusión para fines comerciales.

La primera estación de radiodifusión en Ecuador operó en la ciudad de Riobamba en junio de 1929, en Quito la primera estación de radiodifusión fue HCJB en 1931 y en Guayaquil la radio el Telégrafo en 1935. Para todas estas emisoras de radiodifusión no existían leyes, que regularan la radiodifusión únicamente se le asignaba una identificación a Sudamérica se le asignaba la letra S y a Ecuador la letra E.

La dirección Nacional de Frecuencias del IETEL se encargaba del control del espectro electromagnético. En agosto de 1992 se creó la Ley Especial de

Telecomunicaciones y se estableció la Superintendencia de Telecomunicaciones para la gestión, control y administración del espectro radioeléctrico<sup>25</sup>.

En 1995 se decretó la Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión donde se dispone que el Concejo Nacional de Radiodifusión y Televisión regule y administre los servicios de radiodifusión<sup>25</sup>.

Hoy en día existen tres organismos encargados de la regulación de las telecomunicaciones y un ente encargado de la regulación de la radiodifusión y televisión. Los organismos encargados de la regulación de las telecomunicaciones son: SENATEL, CONATEL y SUPERTEL<sup>25</sup>

## 2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas son el resultado de la oscilación de una carga eléctrica, las ondas electromagnéticas presentan una perturbación simultánea de los campos eléctricos y magnéticos existentes en una misma región como se puede apreciar en la figura 2.1. Las ondas originadas por los campos eléctricos y magnéticos son de carácter transversal, encontrándose en fase, pero estando las vibraciones accionadas en planos perpendiculares entre sí.

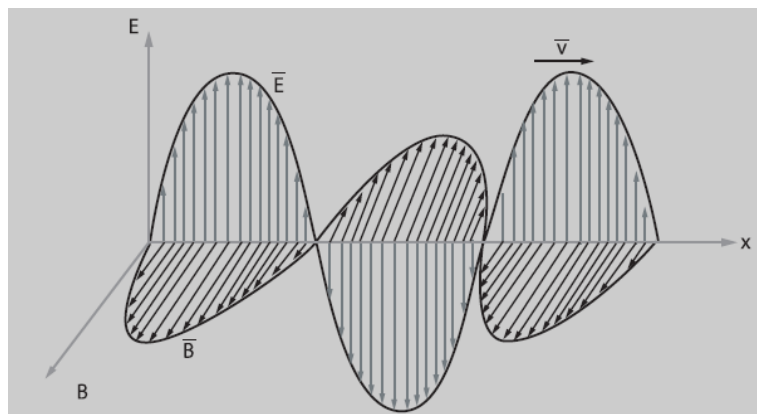


FIGURA 2.1 Onda electromagnética<sup>26</sup>

<sup>25</sup>Héctor ERAZO "ESTUDIO Y ANALISIS DE LA TECNOLOGIA DE REDES DE FRECUENCIA ÚNICA Y SU APLICACIÓN EN LA RADIODIFUSIÓN EN LAS BANDAS DE AM Y FM PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE QUITO"

<sup>26</sup> <http://raulcaroy.iespana.es/FISICA/49%20ondas%20electromagneticas%20i.pdf>

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse, es decir estas ondas pueden propagarse en el espacio como la luz visible, las ondas de radio, de televisión y de telefonía. Esta propiedad en las ondas electromagnéticas ha logrado que hoy sea el soporte actual de las telecomunicaciones y el complejo funcionamiento del mundo actual.

## **2.2 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS<sup>27</sup>**

Las ondas electromagnéticas, como ya se conoce poseen una componente magnética y una componente eléctrica y como tales están expuestas a ciertos fenómenos los cuales son capaces de modificar el patrón de propagación de las ondas.

En condiciones especiales y con una atmósfera uniforme, las ondas electromagnéticas u ondas de radio tienden a desplazarse en línea recta, esto quiere decir que siempre que haya una línea de vista entre el emisor y el receptor, este tipo de comunicación será bastante efectiva, pero si se requiere de una comunicación de un punto a otro, el cual se encuentra más allá del horizonte o no se puede tener una línea de vista directa, debido a que existen edificios muy altos, existen árboles que impiden que exista esta línea de vista, o no es posible colocar antenas en la posición que se comuniquen directamente, se debe tomar en cuenta las distintas condiciones de propagación y las adecuadas frecuencias para conseguir una correcta comunicación.

La propagación de las ondas electromagnéticas en la atmósfera ocurre en función de la frecuencia. Atendiendo a la forma de propagación de la onda electromagnética pueden clasificarse por la atenuación de la onda o por servicio de radiocomunicación que realiza. El Registro Internacional de Frecuencias del Reglamento de la UIT muestra en la tabla 2.1 las bandas de frecuencia y los distintos servicios de radiocomunicaciones que se le han atribuido. Las bandas de frecuencias están distribuidas también de acuerdo a la forma en que se propagan como se explica más adelante.

---

<sup>27</sup> [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo1.pdf)

Banda de frecuencias	Nombre de la banda	Tipo de servicio
3 – 30 kHz	VLF	Faros de Navegación
30 – 300 kHz	LF	Difusión LF y Radio en onda larga
300 – 3000 kHz	MF	Radio AM, Radionavegación
3 – 30 MHz	HF	Radio CB, Aficionados, Comunicaciones radio y Difusión HF
30 – 300 MHz	VHF	Radio FM, Televisión (VHF), Servicios de Urgencia, Aficionados
300 – 3000 MHz	UHF	Televisión (UHF), Telefonía Móvil, Aficionados, Paging Televisión (UHF), Telefonía Móvil, Aficionados, Paging
3 – 30 GHz	SHF	Microondas, Comunicaciones por Satélite, Radar, Enlaces punto a punto en microondas
30 – 300 GHz	EHF	Radar, Radio, Astronomía, Enlaces cortos en microondas

**TABLA 2.1** Atribución de servicios de radiocomunicaciones de las bandas de frecuencias<sup>28</sup>

## 2.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA PROPAGACION DE RF

Antes de explicar los tipos de propagación es muy importante en las comunicaciones de radio o a grandes distancias, tomar en cuenta ciertos fenómenos como:

- Refracción
- Reflexión
- Dispersión
- Difracción
- Atenuación
- Absorción

### 2.2.1.1 REFRACCIÓN

Las ondas de radio están expuestas a sufrir una desviación en su trayectoria cuando atraviesan de un medio a otro con densidad distinta, en comunicaciones este efecto sucede cuando las ondas electromagnéticas atraviesan las distintas capas de la atmósfera variando su trayectoria en un cierto ángulo. La desviación de la trayectoria es proporcional al índice de refractividad el cual está dado por la ecuación 2.1

<sup>28</sup> [http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/coit\\_emr\\_98700a8f.pdf](http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/coit_emr_98700a8f.pdf)

$$IR = \frac{Vp}{Vm}$$

**ECUACIÓN 2.1** Índice de refractividad<sup>27</sup>

IR = Índice de refractividad

Vp = Velocidad de propagación en espacio libre

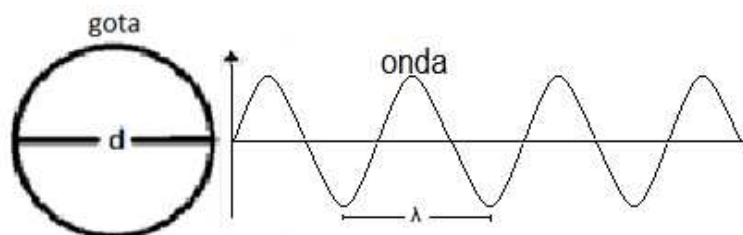
Vm = Velocidad de propagación en el medio

### 2.2.1.2 REFLEXIÓN

Las ondas de radio atraviesan las diversas capas de la atmósfera, desde la tropósfera hasta la ionósfera y si los índices de refractividad de cada una de estas capas son muy diferentes. Estos distintos índices pueden llegar a producir reflexión total, siendo las frecuencias de VHF y superiores las más propensas a esta desviación de trayectoria.

### 2.2.1.3 DISPERSIÓN

El efecto de la dispersión ocurre cuando las ondas de radio atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas en aéreas suficientemente grandes. En comunicaciones de radio es importante mencionar que la dispersión de la señal generada por lluvia depende de la comparación del tamaño de la longitud de onda de la señal y el diámetro d de la gota de lluvia es menor a la longitud de onda, la atenuación será pequeña, pero esta se acrecentará si el diámetro de la gota supera la longitud de onda de la señal. La figura 2.2 muestra un esquema en donde la longitud de onda es menor al diámetro de la gota de lluvia. Este gráfico muestra la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la gota de lluvia. Generalmente la refracción se produce solamente a determinados ángulos. Este efecto es similar al que le ocurre a la luz intentando atravesar la niebla.



**FIGURA 2.2** diámetro de gota mayor a la longitud de onda<sup>27</sup>

#### 2.2.1.4 DIFRACCIÓN

Se puede entender a la difracción como el esparcimiento de las ondas en los límites de una superficie, esto quiere decir que para que exista la difracción tiene que haber un obstáculo, así como este fenómeno permite que parte de la señal llegue al otro lado del objeto. Este fenómeno es de gran utilidad para las zonas de sombra de señal que pueden ser producidas por grandes edificios o montañas.

#### 2.2.1.5 ATENUACIÓN

A medida que una onda se aleja de la fuente generadora de ondas, el campo eléctrico continuo que irradia la fuente se dispersa, esto quiere decir que, las ondas se alejan cada vez más entre sí, y, en consecuencia, la cantidad de ondas por unidad de área es menor, esto no quiere decir que se pierda o se disipe la potencia radiada por el hecho de que la onda se aleja de la fuente, sino que la onda se extiende o se disperse sobre un área mayor y por tal razón disminuye la densidad de potencia con la distancia y esto equivale a una pérdida de potencia<sup>29</sup>

El efecto de atenuación de una línea de campo sigue la gráfica que se muestra en la figura 2.3, en donde se puede apreciar que la amplitud de la señal se desvanece a medida que la onda va propagándose por el medio y a medida que se aleja del emisor.

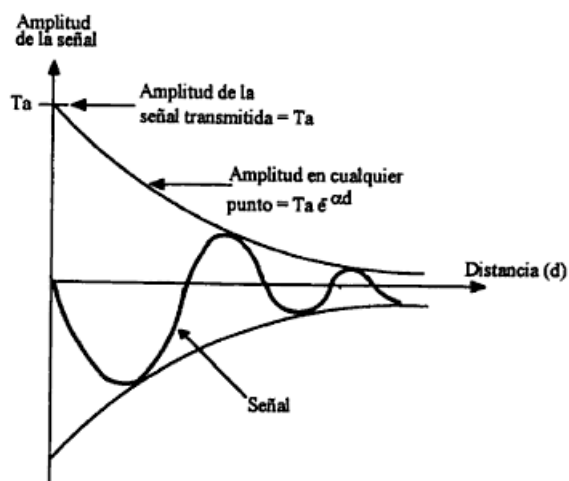


FIGURA 2.3 Efecto de la distancia sobre la atenuación<sup>30</sup>

<sup>29</sup>Chulde Klever, (2010), "Estudio e instalación de enlaces microonda en banda libre entre Quito y Latacunga para transmisión de datos e internet para la empresa Ecuonline S.A.", Quito, 2010.

<sup>30</sup> HERRERA "INTRODUCCION A LAS TELECOMUNICACIONES MODERNAS", primera edición, LIMUSA, México, 2004



### 2.2.1.6 ABSORCIÓN

La atmósfera terrestre no es un vacío, está formada por átomos y moléculas de diversas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Algunos de esos elementos pueden absorber las ondas electromagnéticas. La absorción de las radiofrecuencias en una atmósfera normal depende de su frecuencia y es relativamente insignificante a menos de unos 10 GHz<sup>31</sup>.

### 2.2.2 PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO<sup>27</sup>

Las ondas son una perturbación que se origina en un circuito eléctrico, parte de su energía se convierte en radiación electromagnética, la cual se propaga a través de una antena y se propagan en el medio que lo rodea, hasta alcanzar otra antena. El nivel de energía de la señal decrece muy rápido dependiendo de la distancia y otros factores<sup>32</sup>.

La propagación se dan entre dos antenas, una antena transmisora que es en la cual se origina la señal y otra antena receptora que es la que recibe la señal. La propagación es el resultado de transmitir la señal desde la antena transmisora hacia la antena receptora.

La propagación de ondas se da gracias a los fenómenos de reflexión, refracción, difracción y dispersión, las comunicaciones inalámbricas se pueden realizar a grandes distancias. A continuación se muestran las distintas formas de comunicación que existen gracias a estos fenómenos<sup>27</sup>.

- Propagación por onda directa
- Propagación por onda terrestre
- Propagación por onda refractada o ionósfera
- Propagación por difracción ionosférica
- Propagación por difracción meteórica

---

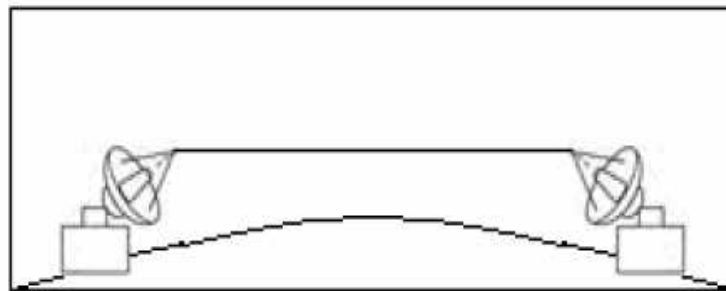
<sup>31</sup> TOMASI “ SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS”, cuarta edición, Prentice Hall, México, 2003

<sup>32</sup> <http://www.slideshare.net/walter13333/propagacin-de-las-ondas-de-radio>

- Propagación troposférica
- Propagación por reflexión más allá de la atmosfera

### 2.2.2.1 PROPAGACION POR ONDA DIRECTA

En este tipo de propagación es necesario que exista una línea de vista entre el transmisor y el receptor. En este tipo de comunicación se utilizan frecuencias por encima de los 50 MHz. Esto se debe a que las frecuencias altas se ven menos afectadas por los fenómenos atmosféricos, además que no requiere de antenas grandes para tener una transmisión efectiva de gran directividad, lo que provoca la confiabilidad de que la información llegue a otro lado del transmisor, este tipo de propagación se utiliza para la televisión y la radio FM. La figura 2.4 muestra un ejemplo de propagación por onda directa.

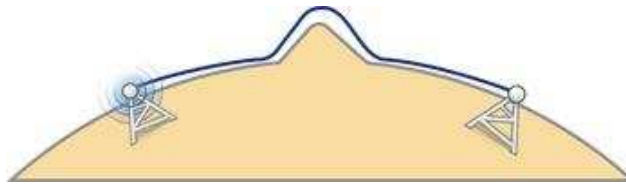


**FIGURA 2.4** Propagación por onda directa<sup>27</sup>

### 2.2.2.2 PROPAGACIÓN POR ONDA TERRESTRE

Este tipo de propagación es posible gracias a la difracción. Las ondas de radio siguen la curvatura de la tierra por la cual la señal de RF es capaz de alcanzar grandes distancias, antes de que la señal sea absorbida por la tierra. Gracias al efecto de la difracción la señal puede sortear edificios y montañas. La figura 2.5 muestra el efecto que tiene la difracción sobre las señales de RF.

La propagación por onda terrestre, solo es útil para frecuencias inferiores a los Mega Hertz, siendo esta una de las mejores formas de transmitir una señal de RF de baja frecuencia a largas distancias. Este tipo de propagación es comúnmente usada por las radiodifusiones de media onda y de onda larga.

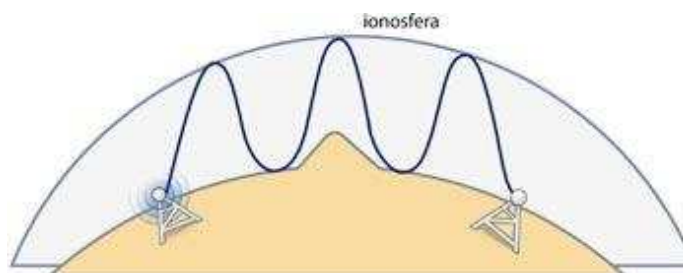


**FIGURA 2.5** Propagación por onda terrestre<sup>33</sup>

La propagación por onda de superficie opera principalmente en las bandas de LF y MF (30 KHz a 3 MHz). A estas frecuencias las antenas no están eléctricamente elevadas y generalmente no existe visión directa. El campo responsable de la comunicación es el radiado por la antena en presencia de la tierra<sup>34</sup>.

### 2.2.2.3 PROPAGACIÓN POR ONDA REFRACTADA O IONOSFÉRICA

Ésta propagación es una de las más importantes que hemos visto. Aquí influye la atmósfera como reflector y esto a su vez ocurre en la ionósfera. La ionósfera es una de las capas de la atmósfera que se encuentra entre los 40 Km y 320 Km y está formada por aire altamente ionizado por la radiación solar. Cuando esta se encuentra eléctricamente cargada hace que la señal comience a cambiar en un cierto ángulo, esto lo hace sucesivamente hasta que se realiza una reflexión total y la señal regresa a tierra. La figura 2.6 muestra como la señal se refracta en la ionósfera para hacerla llegar al receptor.



**FIGURA 2.6** Propagación por onda refractada o ionosférica<sup>33</sup>

Este tipo de propagación puede ser capaz de conectar dos puntos, los cuales no tienen línea de vista y se puede transmitir a una distancia de hasta 4000 km. Si

<sup>33</sup> <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=14>

<sup>34</sup> <http://es.scribd.com/doc/13724587/Propagacion-por-onda-de-superficie-Cap11>

las condiciones de la atmósfera fueran adecuadas se podría conectar un punto a cualquier otro lado del planeta esto se da porque la señal refractada de la ionósfera también puede ser reflejada por la tierra o por el agua.

Es importante mencionar que la propagación ionosférica está determinada por la frecuencia utilizada y por el nivel de ionización de la atmósfera. Si se tiene una frecuencia grande la refracción sufrida por la misma ionósfera será menor. Se cuenta con una frecuencia establecida a utilizar a distintas horas del día para poder realizar la comunicación ionosférica, esto se conoce como Frecuencia Útil Máxima (FUM). Esto es útil para las comunicaciones satelitales ya que si se utiliza una frecuencia mayor a la FUM, no se reflejará en la atmósfera y se disparará al espacio.

#### 2.2.2.4 PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN IONOSFÉRICA

Este tipo de propagación se produce cuando las ondas emitidas son superiores a los 30 MHz, debido a su frecuencia la señal no será reflejada por la ionósfera, pero si será difractada, por lo que una pequeña parte de la señal llegará a tierra y solo podrá ser captada por un receptor especialmente sensible. Es por esto que este tipo de transmisión se utiliza muy poco debido a su baja eficiencia. La figura 2.7 muestra el efecto de la difracción de una señal por la ionósfera

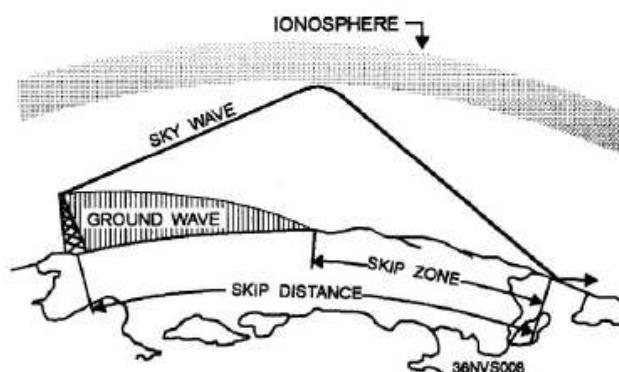
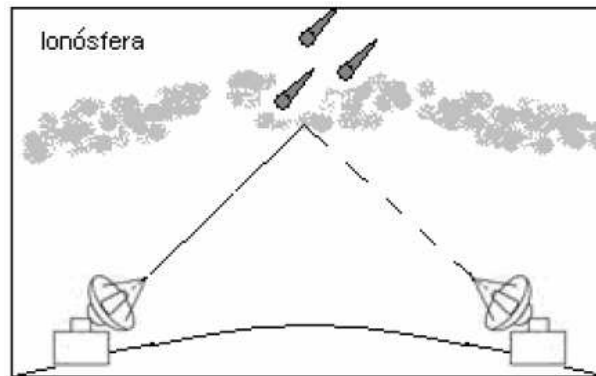


FIGURA 2.7 Efecto de la difracción de una señal de RF en la ionósfera<sup>34</sup>

#### 2.2.2.5 PROPAGACIÓN POR DIFRACCIÓN METEÓRICA

Este tipo de propagación tiene el mismo efecto de propagación que el fenómeno de difracción ionosférica, pero aquí la ionósfera se alimenta por el frotamiento de

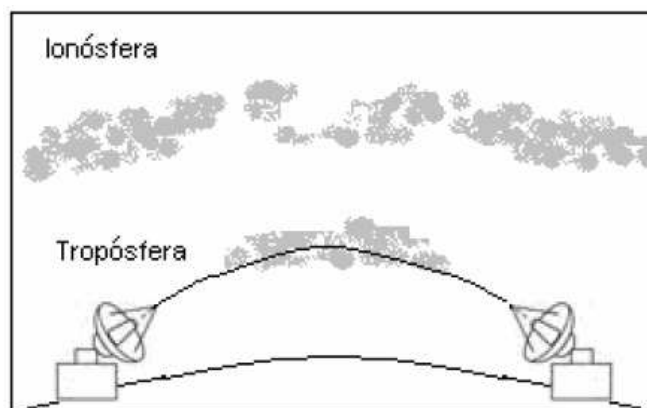
los meteoritos que vienen a gran velocidad del exterior. Este tipo de transmisión se utiliza para comunicaciones a corta distancia y solo funciona a horas y condiciones precisas. La figura 2.8 muestra el efecto que tienen los meteoros en la ionósfera para que pueda existir difracción de la señal.



**FIGURA 2.8** Efecto de la ionósfera cargada por los meteoros del espacio exterior<sup>27</sup>

#### 2.2.2.6 PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA

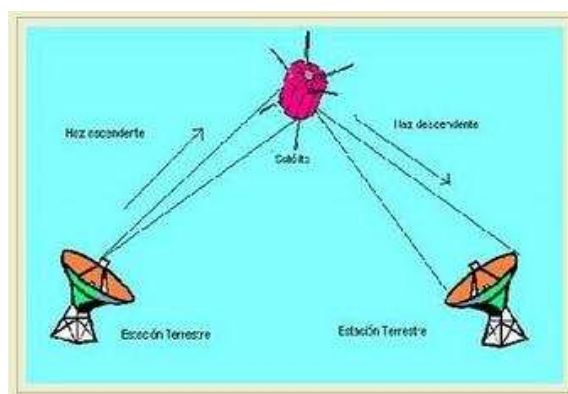
La capa troposférica se encuentra entre los 11 Km y los 16 Km. En esta capa se forman las nubes y la temperatura desciende rápidamente debido a la altura. Cuando se produce la inversión del gradiente de temperatura, se genera los denominados canales de ionización, los cuales son ideales para que las ondas de radio puedan viajar, este tipo de propagación es útil para frecuencias de VHF y UHF. La figura 2.9, muestra el efecto que tiene la capa troposférica en las señales de RF a altas frecuencias.



**FIGURA 2.9** Propagación de RF en la tropósfera<sup>27</sup>

### 2.2.2.7 PROPAGACIÓN POR REFLEXIÓN MÁS ALLÁ DE LA ATMÓSFERA

Existen dos tipos de reflexión, la primera es la propagación por reflexión en la luna, la cual utiliza al satélite natural como reflector, para que este tipo de propagación funcione es necesario que la luna se pueda ver entre las dos estaciones tanto transmisora como receptora, además de que se utiliza frecuencias de VHF y UHF para poder cruzar la atmósfera. La segunda forma de propagación es la que utilizan los satélites artificiales como reflector y funciona bajo el mismo efecto que la primera. La figura 2.10, muestra el funcionamiento básico de una transmisión más allá de la atmósfera.



**FIGURA 2.10** Propagación de RF por medio de un satélite artificial<sup>35</sup>

Existen dos tipos de satélites artificiales:

- Satélites pasivos
- Satélites activos

Las frecuencias utilizadas en los sistemas satelitales se encuentran en el orden de 1GHz a 30GHz, la razón de utilizar este rango de frecuencias es para que las señales emitidas sean capaces de cruzar la atmósfera hacia el satélite y de regreso a la Tierra. Este tipo de enlaces no requieren de una línea de vista entre la estación transmisora y la estación receptora, para poder comunicarse una estación con otra es necesario crear el enlace por medio de un satélite, de modo que el receptor sea capaz de recibir la señal del emisor.

<sup>35</sup><http://alleynethompson.blogspot.com/>

### **2.2.2.7.1 SATÉLITES PASIVOS**

Estos satélites se encuentran en órbita alrededor de la Tierra y sirven como espejos, reflejando la onda de radio y regresándola a la Tierra.

### **2.2.2.7.2 SATÉLITES ACTIVOS**

Estos satélites funcionan igual que los satélites pasivos, pero la diferencia es que estos reciben la señal y la amplifican para mandarla de regreso a la Tierra.

## **2.3 RECOMENDACIÓN UIT R.P.1546-2**

La recomendación UIT R.P.1546-2 proporciona una predicción para servicios terrestres entre un punto y una determinada área en el rango de frecuencia de 30 MHz a 300 MHz. Específicamente es un método paso a paso para predecir campos eléctricos en VHF y UHF el enlace de radio terrestre basado en un punto y área, proporciona curvas de propagación de acuerdo a datos medidos. La última actualización fue en agosto del 2005, esta proporciona un nuevo enfoque para estimar la intensidad de campo en trayectos mixtos, es decir caminos de radio sobre la tierra y el mar. Sin embargo, la recomendación no se refiere a los enlaces de radio parciales sobre agua dulce como lagos o ríos. Se ha acordado en la planificación del contexto internacional que los trayectos mixtos serán tratados como enlaces de tierra, así por ejemplo el mar Victoria en África o el río Amazonas podrían ser considerados como si fueran trayectos por tierra. Esta consideración puede dar lugar a una sobreestimación de pérdida de trayecto en situaciones, donde se presentan grandes obstáculos o donde se presenten grandes cantidades de agua dulce entre transmisor y receptor. Como consecuencia directa los niveles de interferencia pueden ser subestimadas en algunos escenarios<sup>36</sup>.

La Asamblea de Radiocomunicaciones ITU considera que:

- a) Es necesario dar una orientación a los ingenieros en la planeación de servicios de radiocomunicación terrestre en las bandas de VHF y UHF.

---

<sup>36</sup><http://.cpdee.ufmg.br/~fernando/artigos/momag06b.pdf>

- b) Las estaciones que trabajen en los mismos canales de frecuencia o en frecuencias adyacentes, deben tener una mínima distancia de separación geográfica requerida para evitar interferencias inaceptables debido a largas distancias de propagación troposférica, es un punto de gran importancia.
- c) Las curvas que aparecen en los Anexos 1, 2 y 3 están basadas en análisis estáticos de datos experimentales.

### **2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RECOMENDACIÓN UIT R.P.1546-2<sup>37</sup>**

La recomendación UIT R.P.1546-2 presenta las siguientes propiedades:

- Las curvas de propagación
- La máxima intensidad de campo
- Tabulaciones basadas en computador
- Método paso a paso
- Designación de antenas
- Altura de antena transmisión base
- Altura de antena transmisión base usadas en las curvas
- Variabilidad de tiempo
- Método de caminos mixtos
- Altura de la antena Recepción o móvil
- Corrección del ángulo debido a la holgura del terreno
- Variabilidad de la ubicación
- Pérdida de transmisión equivalente básica
- Índice de refractivo de variabilidad atmosférica
- Compatibilidad con el método de Okumura-Hata

#### **2.3.1.1 LAS CURVAS DE PROPAGACIÓN**

Las curvas de propagación se muestran en el anexo 1, 2 y 3. Representan los valores de intensidad de campo para 1 [KW] de potencia radiada efectiva a frecuencias nominales de 100, 600 y 2000 MHz respectivamente como una función de varios parámetros: algunas curvas se refieren a trayectos terrestres,

---

<sup>37</sup><http://www.catr.cn/radar/itur/201007/P020100714443687115054.pdf>



otras se refieren a trayectos marítimos. La interpolación o extrapolación de algunos valores obtenidos para algunos valores de frecuencia nominal podría ser usada para obtener valores de intensidad de campo para algunos valores requeridos de frecuencia. En el caso de frecuencias menores a 100 MHz o mayores de 2000 MHz la interpolación puede ser reemplazada por una extrapolación entre dos valores cercanos de frecuencias nominales. Se puede usar otros métodos de interpolación o extrapolación.

En trayectos terrestres y para trayectos marítimos, donde la frecuencia requerida es mayor a 100 MHz, la intensidad de campo  $E$  requerida podría ser calculada usando la ecuación 2.2

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log (f / f_{inf}) / \log (f_{sup} / f_{inf}) \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$$

**ECUACIÓN 2.2** Ecuación para calcular la intensidad de campo<sup>37</sup>

Dónde:

$f$  = Frecuencia requerida para la predicción expresada en MHz

$f_{inf}$  = Frecuencia nominal baja, 100 MHz si la  $f$  es menor a 600 MHz y 600 MHz para otros valores

$f_{sup}$  = Frecuencia nominal alta, 600 MHz si la  $f$  es menor a 600 MHz y 2000 MHz para otros valores

$E_{inf}$  = Valor de intensidad de campo para  $f_{inf}$

$E_{sup}$  = Valor de intensidad de campo para  $f_{sup}$

Los datos de medidas de curvas están basados en condiciones climáticas relacionadas con regiones cálidas y frías por ejemplo el Mar Mediterráneo y el Mar del Norte. Las curvas para trayectos terrestres fueron obtenidas con datos adquiridos en Europa y América del Norte. Y las curvas para trayectos marítimos fueron obtenidas con datos medidos en el Mar Mediterráneo y el Mar del Norte. Extensos estudios revelan que las condiciones de propagación pueden ser diferentes en aéreas de súper refractividad o en lugares como mares calientes.

Esta recomendación no es específica para una polarización particular.

### 2.3.1.2 LA MÁXIMA INTENSIDAD DE CAMPO

Las curvas tienen límites superiores sobre los valores posibles de intensidad de campo, las cuales se las puede obtener bajo ciertas condiciones

Un valor de intensidad de campo puede, no exceder el valor máximo  $E_{m\acute{a}x}$  este valor está dado por la ecuación 2.3

$$\begin{aligned} E_{m\acute{a}x} &= E_{fs} \text{ [dB] (V/m) para trayectos terrestres} \\ E_{m\acute{a}x} &= E_{fs} + E_{se} \text{ [dB] (V/m) para trayectos marítimos} \end{aligned}$$

**ECUACION 2.3** Valor de intensidad de campo cuando no exceden el valor máximo<sup>37</sup>

Donde  $E_{fs}$  es la intensidad de campo eléctrico para 1 [Kw] de potencia radiada efectiva (pre) dada por la ecuación 2.4

$$E_{fs} = 106.9 - 20 \log(d) \text{ [dB } (\mu\text{V/m)}]$$

**ECUACION 2.4** Intensidad de campo eléctrico para 1[Kw] de potencia radiada efectiva<sup>37</sup>

Y  $E_{se}$  es una mejora para las curvas por mar dadas en la ecuación dada por la ecuación 2.5

$$E_{se} = 2.38 [1 - \exp(-d/8.94)] \log(50/t) \text{ dB}$$

**ECUACION 2.5** Intensidad mejorada para curvas de mar<sup>37</sup>

Dónde:

d = distancia en kilómetros

t = porcentaje de tiempo

### 2.3.1.3 TABULACIONES BASADAS EN COMPUTADOR

Las curvas de las medidas de intensidad de campo realizadas se representan en gráficos de acuerdo a la recomendación UIT R.P.1546-2. Estos datos pueden ser mostrados con herramientas computacionales basadas en las intensidades de campos tabuladas, los datos tabulados están disponibles por medio del grupo de radiocomunicaciones.

#### 2.3.1.4 MÉTODO PASO A PASO

A continuación se detalla el método paso a paso.

**Paso 1:** Determinar el tipo de trayecto de propagación, este puede ser terrestre, por agua fría o por agua caliente. Si el trayecto es mixto entonces se determina los tipos de trayecto en los cuales se toma en cuenta los tipos de propagación.

**Paso 2:** Para un porcentaje de tiempo dado (en el rango de 1% a 50%) se determinan dos porcentajes de tiempo nominal.

- Para un porcentaje de tiempo deseado entre 1 y 10, los valores nominales porcentuales para el valor más bajo y para el valor más alto son 1 y 10 respectivamente.
- Para un porcentaje de tiempo deseado entre 10 y 50, los valores nominales porcentuales para el valor más bajo y para el valor más alto son 10 y 50 respectivamente.

Si el porcentaje de tiempo requerido es igual a 1%, 10% o 50%, este valor podría ser considerado como el valor nominal porcentual de tiempo más bajo y el proceso de interpolación del paso 10 no se requiere.

**Paso 3:** Para cualquier frecuencia deseada (en el rango entre 30 MHz a 3000MHz) se determinan dos frecuencias nominales como se muestra a continuación:

- Para frecuencias menores a 600 MHz, los valores de frecuencia nominal son 600 MHz para un valor alto y 100 MHz para un valor bajo.
- Para frecuencias mayores a 600 MHz, los valores de frecuencia nominal son 2000 MHz para un valor alto y 600 MHz para un valor bajo.

Si el valor deseado de frecuencia es igual a 100 MHz, 600 MHz o 2000 MHz, este valor podría ser visto como el valor nominal de frecuencia más bajo y un proceso de interpolación o extrapolación, del paso 9 no es necesario.

**Paso 4:** Determina las distancias nominales superiores o inferiores de acuerdo a la tabla 2.2 cercanas a la distancia requerida. Si la distancia requerida coincide con un valor en la tabla 2.2 este podría ser tomado en cuenta como el valor de distancia inferior nominal.

1	14	55	140	375	700
2	15	60	150	400	725
3	16	65	160	425	750
4	17	70	170	450	775
5	18	75	180	475	800
6	19	80	190	500	825
7	20	85	200	525	850
8	25	90	225	550	875
9	30	95	250	575	900
10	35	100	275	600	925
11	40	110	300	625	950
12	45	120	325	650	975
13	50	130	350	675	1 000

**TABLA 2.2** Valores de distancia en Km usados en las tablas de intensidad de campo<sup>37</sup>

**Paso 5:** Para el primer tipo de propagación se sigue los pasos desde el paso 6 al paso 11.

**Paso 6:** Para el porcentaje de tiempo nominal inferior se sigue los pasos desde el paso 7 al paso 10.

**Paso 7:** Para la frecuencia nominal inferior se sigue los pasos desde el paso 8 al paso 9.

**Paso 8** Se obtiene la intensidad de campo excedida en 50% de la localización de una antena móvil receptora a la altura de actividad representativa. R, por encima del suelo la distancia requerida y la altura de la antena base transmisora sigue los siguientes puntos:

**Paso 8.1:** Para la altura transmisora base  $h_1$  igual o mayor a 10 m se sigue los pasos 8.1.1 a 8.1.6

**Paso 8.1.1** Determinar los valores de la altura nominal  $h_1$  superior e inferior de acuerdo al método de altura de una antena base transmisora  $h_1$ , en el rango de 10 m a 3000 m. Si el valor coincide con alguno de los valores nominales 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 o 1200 m se le debe tomar en cuenta como un valor inferior nominal de  $h_1$ .

**Paso 8.1.2:** Para el valor nominal inferior de  $h_1$  se sigue los pasos 8.1.3 a 8.1.5

**Paso 8.1.3:** Para el valor nominal inferior de distancia se sigue el paso 8.1.4

**Paso 8.1.4:** Se obtiene la intensidad de campo excedida en 50% de la localización de una antena móvil receptora a la altura de actividad representativa.  $R$ , para los valores requeridos de distancia,  $d$  y la altura de la antena base transmisora  $h_1$ .

**Paso 8.1.5:** Si la distancia requerida no coincide con la distancia nominal inferior, se repite el Paso 8.1.4 para la distancia nominal superior y la interpolación de dos intensidades de campo eléctrico se usa el método de interpolación de intensidad de campo como función de la distancia que se muestra en el Anexo 2.

**Paso 8.1.6:** Si la altura  $h_1$  requerida de la antena base transmisora, no coincide con ninguno de los valores nominales, se repiten los pasos desde el paso 8.1.3 a 8.1.5 y la interpolación y extrapolación para  $h_1$  usando los métodos respectivos.

**Paso 8.2** Para una antena base transmisora de altura  $h_1$  menor de 10 m se determina la intensidad de campo para la altura y distancia requerida, usando los respectivos métodos asignados.

**Paso 9** Si la frecuencia requerida no coincide con la frecuencia nominal inferior, se repite el paso 8, para la frecuencia nominal superior y se interpola o extrapola las intensidades de campo usando los métodos asignados para este paso.

**Paso 10** Si el porcentaje de tiempo requerido no coincide con el porcentaje nominal inferior de tiempo, se repiten los pasos desde el paso 7 hasta el paso 9, para el porcentaje nominal superior y la interpolación de las intensidades de campo usando los métodos correspondientes.

**Paso 11** Si la predicción es para un camino mixto, se requiere el uso de los pasos 6 al 10 y los trayectos para cada tipo de propagación. También se debe tomar en cuenta que en las diferentes secciones de trayecto existen dos tipos de clasificación del mar frío o caliente.

**Paso 12** Corrección de la intensidad de campo para una antena móvil receptora de altura  $h_2$ .

**Paso 13** Si es aplicable, se reduce la intensidad de campo al añadir la corrección de la intensidad para un trayecto en un pequeño sector urbano o suburbano.

**Paso 14** Si la información sobre un terreno con ángulo claro es recibida por el trayecto de una antena móvil receptora adyacente, se corrige la intensidad de campo para ese terreno.

**Paso 15** Si la intensidad de campo de una antena receptora móvil cercana a tierra excede el porcentaje de localización, otro de 50% es requerido para corregir la intensidad de campo.

**Paso 16** Si el cálculo para un trayecto mixto ha sido hecho para un porcentaje menor a 50%, en este será necesario calcular la intensidad de campo máxima para una interpolación lineal entre todos los valores terrestres y marinos, este valor está dado por la ecuación 2.6

$$E_{\max} = E_{fs} + d_s E_{se}/d_{\text{total}} \quad \text{dB } (\mu\text{V/m})$$

**ECUACIÓN 2.6** Interpolación para obtener la intensidad de campo máxima<sup>37</sup>

Dónde:

$E_{fs}$ : Intensidad de campo en el espacio libre

$E_{se}$ : Mejora para los pequeños porcentajes de tiempo para un trayecto por mar

$d_s$ : distancia total del trayecto por mar en (Km)

$d_{total}$ : distancia total del trayecto mixto en (Km)

**Paso 17** Si se requiere convertir la intensidad de campo a su equivalente básico con pérdidas de transmisión en el trayecto se utiliza la ecuación 2.7

$$L_b = 139 - E + 20 \log f \quad \text{dB}$$

**ECUACIÓN 2.7** Pérdidas de transmisión básica<sup>37</sup>

Dónde:

$L_b$ : Pérdidas de transmisión básica

E: Intensidad de campo (dB ( $\mu\text{V/m}$ )) para 1 KW de potencia equivalente radiada

f: frecuencia (MHz)

### 2.3.1.5 DESIGNACIÓN DE ANTENAS

En esta recomendación el término “antena base/transmisora” es usada para tratar los dos conceptos de antena transmisora, es usado en el servicio de emisión y el concepto de antena estación base como en los servicios terrestres móviles. De igual manera el término “antena móvil receptora” es usada para tratar el concepto de una antena receptora y los servicios de emisión. Y una antena móvil es usada en los servicios móviles terrestres.

### 2.3.1.6 ALTURA DE ANTENA TRANSMISIÓN BASE

El método toma en cuenta la altura efectiva de la antena base/transmisora, sobre un terreno con una distancia promedio de 3 a 15 kilómetros en la dirección de la antena receptora. Para trayectos terrestres más cortos de 15 Km, donde la información está disponible, también se toma en cuenta la altura de la antena base/transmisora sobre la altura de la antena de desajuste representativa, es decir la cobertura de tierra en la localización de la estación base transmisora.

### 2.3.1.7 ALTURA DE ANTENA TRANSMISIÓN BASE USADAS PARA CURVAS

Los gráficos de intensidad de campo versus curva de distancia se muestran en los anexos 1, 2 y 3 del Anexo 1; y los valores asociados con la tabulación están dados para valores de altura de antena de 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 y 1200.

### 2.3.1.8 VARIABILIDAD DE TIEMPO

Las curvas de propagación representan los valores de intensidad de campo excedidos en un 50%, 10% y 1% de tiempo. Esta recomendación no es válida para valores de intensidad de campo que exceden los porcentajes de tiempo o estén fuera del rango de 1% a 50%.

### 2.3.1.9 MÉTODO DE CAMINOS MIXTOS

En el caso donde el trayecto de radio esta sobre trayectos de tierra y mar, la intensidad de campo podría ser estimada de acuerdo a la ecuación 2.8

$$E = (1-A) E_{\text{land}}(d_{\text{total}}) + A E_{\text{sea}}(d_{\text{total}})$$

**ECUACION 2.8** Intensidad de campo en un trayecto mixto<sup>37</sup>

Dónde:

E: Intensidad de campo en una trayectoria mixta

A: factor de interpolación en un trayecto mixto

$E_{\text{land}}$ : Intensidad de campo en un trayecto terrestre

$d_{\text{total}}$ : longitud total del trayecto

$E_{\text{sea}}$ : Intensidad de campo en trayecto marítimo

El factor de interpolación en un trayecto mixto está dado por la ecuación 2.9

$$A = A_0(F_{\text{sea}})$$

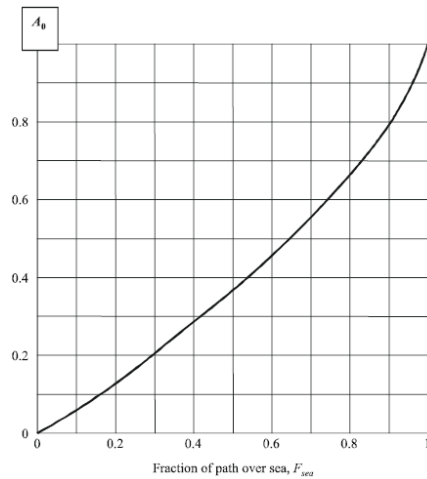
**ECUACION 2.9** Factor de interpolación en un trayecto mixto<sup>37</sup>

Dónde:

A: factor de interpolación en un trayecto mixto

$A_0(F_{\text{sea}})$ : Factor de interpolación básico de acuerdo a la figura 2.11





**FIGURA 2.11** Interpolación básica para un camino mixto<sup>37</sup>

### 2.3.1.10 ALTURA DE LA ANTENA RECEPTORA O MÓVIL

Para trayectos terrestres las curvas dan valores de intensidad de campo para la altura de antenas receptoras o móviles sobre el nivel del suelo, parecidos a los representados por las curvas de cobertura en una determinada localización para antenas receptoras o móviles. El valor mínimo para la representación de una antena de cobertura es 10 m. Para trayectos marítimos las curvas de intensidad de campo dan valores para una antena de 10 m. Para tener valores de alturas diferentes, de antenas representativas para una curva, se debe aplicar una corrección de acuerdo al medio ambiente de la antena receptora o móvil.

### 2.3.1.11 CORRECCIÓN DEL ÁNGULO DEBIDO A LA EXTENSIÓN DEL TERRENO

Para trayectos terrestres, se puede alcanzar una mejor precisión de la predicción de intensidad de campo, tomando en cuenta el terreno cercano de antenas receptoras móviles, si esta está disponible por medio de orografía del terreno. Cuando un cálculo para un trayecto mixto ha sido hecho, esta corrección debería ser incluida si la antena receptora móvil es adyacente a una sección de trayecto terrestre.

### 2.3.1.12 VARIABILIDAD DE LA UBICACIÓN

La curva de propagación representa el valor de intensidad de campo excedido en un 50% localizada en un área 500 m<sup>2</sup> a la redonda.

### 2.3.1.13 PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN EQUIVALENTE BÁSICA

La pérdida de transmisión equivalente básica para una intensidad de campo está dada por la ecuación 2.10

$$L_b = 139 - E + 20 \log f$$

**ECUACION 2.10** Pérdida de transmisión equivalente básica<sup>37</sup>

Dónde:

$L_b$ : Pérdida de transmisión básica (dB)

E: Intensidad de campo dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) para 1 KW de potencia radiada equivalente

f: frecuencia (MHz)

### 2.3.1.14 ÍNDICE DE REFRACTIVO DE VARIABILIDAD ATMOSFÉRICA

Se conoce que la media de intensidad de campo y su variabilidad sobre el tiempo cambia de acuerdo a la región climática. Las curvas mostradas en los anexos 1, 2 y 3 están basadas en medidas de diferentes temperaturas climáticas.

Para intensidades de campo en regiones del mundo donde el gradiente vertical de refracción atmosférica no es significativamente diferente, puede ser anunciado con exactitud.

### 2.3.1.15 COMPATIBILIDAD CON EL MÉTODO DE OKUMURA-HATA

El método Okumura-Hata está dado por la ecuación 2.13:

$$E = 69,82 - 6,16 \log f + 13,82 \log H_1 + a(H_2) - (44,9 - 6,55 \log H_1)(\log d)^b$$

**ECUACION 2.13** Intensidad de campo con el método Okumura-Hata<sup>37</sup>

Dónde:

E: Intensidad de campo (dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )) para 1 KW de potencia radiada equivalente

f: frecuencia (MHz)

$H_1$ : Altura de la antena estación base efectiva desde el suelo en el rango de 30 a 200 m

H<sub>2</sub>: Altura de antena estación móvil desde el piso en el rango de 1 a 10 m

d: distancia en Km

$$a(H_2) = (1.1 \log f - 0.7) H_2 - (1.56 \log f - 0.8)$$

$$b = 1 \quad \text{para } d \leq 20 \text{ Km}$$

$$b = 1 + (0.14 + 0.000187 f + 0.00107 H_1') (\log [0.05 d])^{0.8} \quad \text{para } d > 20 \text{ Km}$$

Dónde:

$$H_1' = H_1 / \sqrt{1 + 0.000007 H_1^2}$$

La recomendación produce resultados similares al método Okumura-Hata para distancias hasta de 10 Km; H<sub>2</sub> = 1.5 m

## 2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA<sup>38</sup>

Los sistemas de información geográfica son sistemas de hardware, software, datos, personas, organizaciones e instituciones arregladas de manera que coleccionen, almacenen, analicen y descarten información en áreas sobre la Tierra<sup>39</sup>

La mayor utilidad de un sistema de información geográfica está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis. Dentro de las funciones básicas de un Sistema de Información Geográfica podemos describir la captura de la información, esta se

<sup>38</sup> [http://www.wmagister.com/cursos-gratis/frame.cmf?id\\_centro=4320411002146656557067695052455&id\\_curso=37437070041970686556505356684550&id\\_user=31744421001201007486566685349536&id\\_segmento=3&id\\_categ=475&id\\_busqueda=655676](http://www.wmagister.com/cursos-gratis/frame.cmf?id_centro=4320411002146656557067695052455&id_curso=37437070041970686556505356684550&id_user=31744421001201007486566685349536&id_segmento=3&id_categ=475&id_busqueda=655676)

<sup>39</sup> [http://books.google.com.ec/books?id=XLCCdIdVNkC&pg=PA12&dq=gis+geographic+information+system&hl=es&ei=Q7zRTsLrKMGtgQfQg82vDQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCQ#v=onepage&q=gis%20geographic%20information%20system&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=XLCCdIdVNkC&pg=PA12&dq=gis+geographic+information+system&hl=es&ei=Q7zRTsLrKMGtgQfQg82vDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCQ#v=onepage&q=gis%20geographic%20information%20system&f=false)

logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos Aero fotogramétricos, entre otros.

#### **2.4.1 SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS<sup>39</sup>**

Un sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia usado para localizar y medir elementos geográficos. Para representar el mundo real, se utiliza un sistema de coordenadas en el cual la localización de un elemento está dada por las magnitudes de latitud y longitud en unidades de grados, minutos y segundos.

La longitud varía de 0 a 180 grados en el hemisferio Este y de 0 a -180 grados en el hemisferio Oeste de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas meridianos

La latitud varía de 0 a 90 grados en el hemisferio norte y de 0 a -90 grados en el hemisferio sur de acuerdo con las líneas imaginarias denominadas paralelos o líneas ecuatoriales. El origen de este sistema de coordenadas queda determinado en el punto donde se encuentra la línea ecuatorial y el meridiano de Greenwich.

Las coordenadas cartesianas son generalmente usadas para representar una superficie plana. Los puntos se representan en términos de las distancias que separan a dicho punto de los ejes de coordenadas.

#### **2.4.2 TIPOS DE GIS<sup>40</sup>**

Según el ámbito de aplicación se puede distinguir tres tipos de programas:

- GIS General
- Desktop Mapping (DM)
- Sistemas afines al CAD

---

<sup>40</sup>[http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/indata/v02\\_n2/sistemas.htm#TIPOS](http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n2/sistemas.htm#TIPOS)

#### **2.4.2.1 GIS GENERAL**

Es un gran sistema informático que gestiona completamente una base de datos geográficos, es usada en diferentes áreas de una institución generalmente todas ellas interconectadas vía red.

Las principales funciones son:

- La construcción de datos geográficos asociados con base de datos alfanuméricas.
- El análisis de los mapas estructurados en combinación con bases de datos asociados.
- Elaboración de aplicaciones a medida

Las limitaciones son generalmente los costos y el tiempo en la recolección de la información, así como la elaboración del software a medida, su implantación es gradual.

Para su desarrollo es necesaria la concurrencia de programadores y profesionales relacionados con el tema a desarrollar.

#### **2.4.2.2 DESKTOP MAPPING (DM)**

Llamadas también Cartografía de Escritorio, con aplicaciones sencillas de costo moderado que permite la visualización y análisis de datos con componente especial para sistemas de microordenadores, vienen a ser herramientas de explotación de datos que generan un GIS. Es usado en áreas de marketing, ventas, distribución y reparto, telecomunicaciones, propiedad inmobiliaria, etc.

Un DM es una herramienta que se integra en un escritorio informático, de igual manera que procesadores de texto, hojas de cálculo, etc. Su propósito es permitir el análisis y visualización de bases de datos que contienen información especial.

No es apto para la creación de nuevos mapas ni poder crear nuevos temas combinando datos existentes para análisis de superposición. No se cuenta con

funciones avanzadas de manipulación de la topología ni de modelado cartográfico.

#### **2.4.2.3 SISTEMAS AFINES AL CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)**

Algunos programas relacionados con los sistemas asistidos por computador CAD han evolucionado y se han convertido en cierta manera en programas GIS aplicados también denominados CAD Mapping System (CMS), normalmente estos sistemas son los resultados de enlazar en sistema CAD y un RDBMS (Relacional Data Base Management System-Sistema de Gestión de Base de Datos Relacional) de manera que se puedan incorporar variables de localización.

#### **2.4.3 TIPOS DE PAQUETES DE SOFTWARE GIS<sup>41</sup>**

Existen muchos tipos de paquetes de software relacionados con GIS (Geographical Information Software) de los cuales si no se citan todos, se ha tomado en cuenta los más importantes

- SuperGIS
- MapWindow GIS
- LizardTech's GeoExpress8
- Scribble Maps Pro
- Maptitude Geographical information System Software 5.0
- Google Earth
- Google Earth Pro
- Quantum GIS
- ESRI
- Intergraph
- Mapinfo
- Bentley Systems
- Autodesk
- Smallworld

---

<sup>41</sup><http://software.geocomm.com/>

## **2.5 INSTALACION DE SOFTWARE PARA LA EXTRACCION DE DATOS**

El software necesario para la realización de este proyecto depende de las capacidades de los equipos y los dispositivos, como también de la compatibilidad que existe entre los mismos.

### **2.5.1 EQUIPOS UTILIZADOS PARA OBTENER UN MAPA DE NIVELES DE SEÑAL**

Los equipos que se utilizaron en la creación de un mapa de niveles de señal son los siguientes:

- Analizador de espectros Willtek 9101
- Computador portátil Sony VAIO
- Antena Receptor GPS BU-353
- Vehículo

### **2.5.2 INSTALACIÓN DE SOFTWARE**

Los equipos de medición para la obtención requerida de los datos, tienen compatibilidad con algunos programas computacionales pero por las facilidades de manipulación de software se concluyó en utilizar los siguientes programas:

- Software OASIS
- Google Earth Pro

El software OASIS se eligió por la facilidad para intercambiar información con los equipos, la compatibilidad y los resultados que este programa genera, mientras que el software Google Earth Pro se utiliza por su difundido uso, por la facilidad de interacción con el usuario, porque tiene la opción para exportar datos.

#### **2.5.2.1 SOFTWARE OASIS**

La empresa KAELUS adquirió la empresa SUMMITEK desarrolladora del software OASIS, este programa permite visualizar de una manera más amigable datos de equipos analizadores de espectros como el Agilent, Röhde & Schwarz, HP 859x,

Willtek 9101, Willtek 9102, Anritsu Handheld Series, entre otros. Con la ayuda de GIS se puede visualizar la información en forma de mapas de señal. Antes de instalar el software OASIS, es necesario tener instalado por lo menos las versiones de Windows Vista o Windows 7 que son compatibles con este software.

El software original Oasis tiene los costos que se detallan a continuación en la tabla 2.3

<b>OASIS</b>	<b>OASIS Measurement &amp; Analysis</b>	<b>\$ 3,950.00</b>
<b>OA-FCC</b>	<b>FCC Database</b>	<b>-</b>
<b>OA-Mapping</b>	<b>Mapping</b>	<b>\$ 500.00</b>
<b>OA-Emitter MGR</b>	<b>Emiter Manager</b>	<b>-</b>
<b>OA-Interference</b>	<b>Interference Tools</b>	<b>-</b>
<b>OA-Drive Mapping</b>	<b>Test Displays Drive Test results on OASIS Map</b>	<b>\$ 500.00</b>
<b>OA-Scheduling</b>	<b>Scheduling Utility</b>	<b>-</b>
		<b>\$ 4,950.00</b>

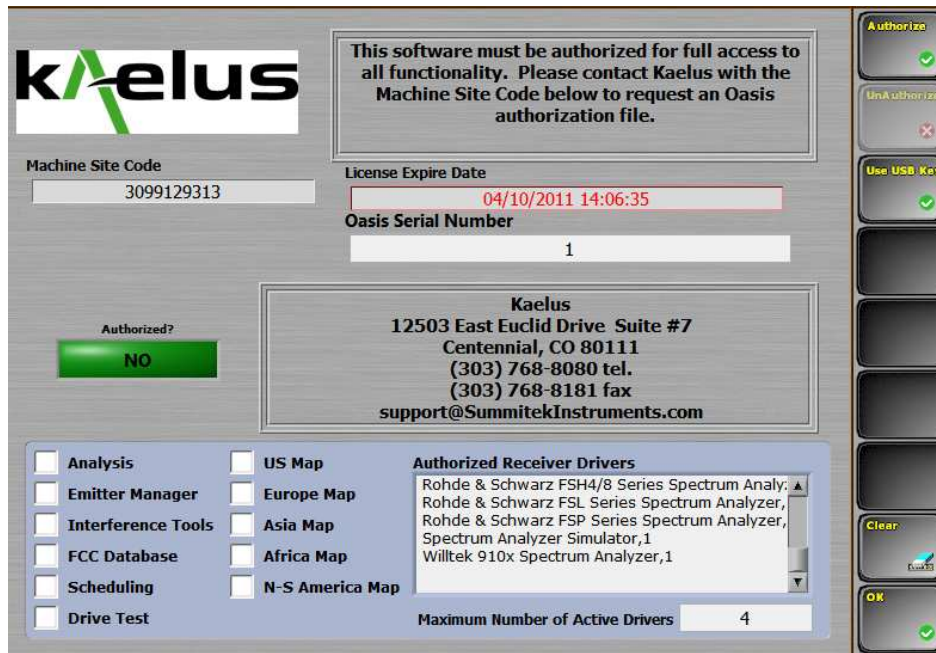
  

<b>OA-SW/DB Update</b>	<b>Annual Software Maintenance Contract</b>	<b>18% of system price</b>
		<b>\$ 891.00</b>
	<b>Total</b>	<b>\$ 5,841.00</b>

**TABLA 2.3** Detalles del costo del software OASIS

En conclusión el costo del programa OASIS esta alrededor de \$5841 dólares. Para los resultados obtenidos se hizo uso de un demo del software OASIS, el cual tenía una duración de quince días y la fecha de expiración de la licencia otorgada por parte de la empresa KAELUS, expiraba el día 4 de octubre de 2011 a las 14 horas 06 minutos y 35 segundos hora local. La figura 2.12 presenta una ventana donde se muestra la fecha de expiración de la licencia del programa.





**FIGURA 2.12** Validación de la versión del software OASIS

La instalación del software de prueba OASIS se desarrolló de la siguiente manera:

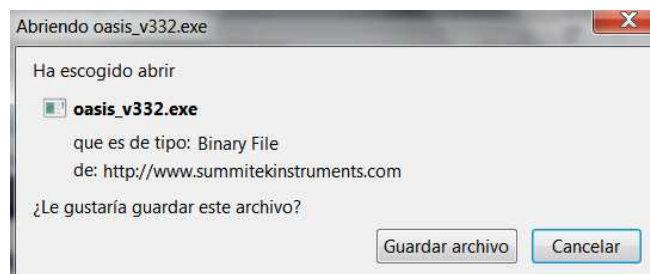
Mediante el uso de internet se descarga el software de las siguientes direcciones:

[http://www.summitekinstruments.com/oasis/download/?dl=OASIS33/oasis\\_v332.exe](http://www.summitekinstruments.com/oasis/download/?dl=OASIS33/oasis_v332.exe)

<http://www.summitekinstruments.com/oasis/download/?dl=OASIS33/visa.exe>

[http://www.summitekinstruments.com/oasis/download/?dl=OASIS33/america\\_maps.exe](http://www.summitekinstruments.com/oasis/download/?dl=OASIS33/america_maps.exe)

En los tres casos aparece una ventana como la que se indica en la figura 2.13, se elige la opción guardar archivo para los tres casos.



**FIGURA 2.13** Descarga de software

Se abre la carpeta de descargas y se hace doble clic en los archivos que se guardaron anteriormente. La figura 2.14, muestra los archivos guardados en la carpeta Descargas.

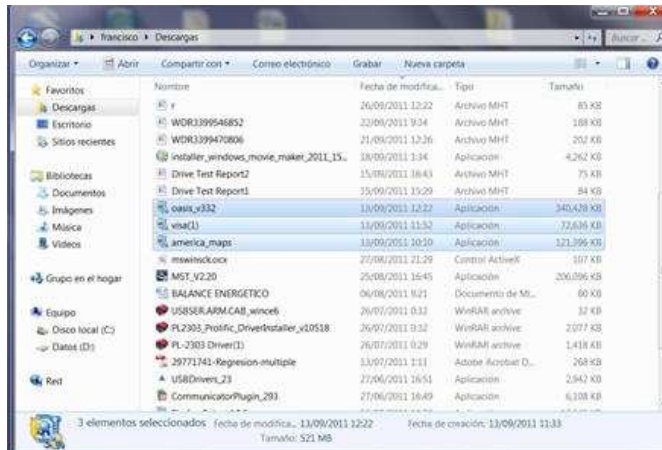


FIGURA 2.14 Archivos necesarios para la instalación del software OASIS

### 2.5.2.1.1 INSTALACION DEL SOFTWARE OASIS

Se ejecuta el archivo oasis\_v332. Después de hacer doble clic aparece una ventana como la que se indica en la figura 2.15, hacemos clic en la opción Setup y se presenta una nueva ventana como la de la figura 2.16, donde indica el progreso de los archivos que se descomprimen.

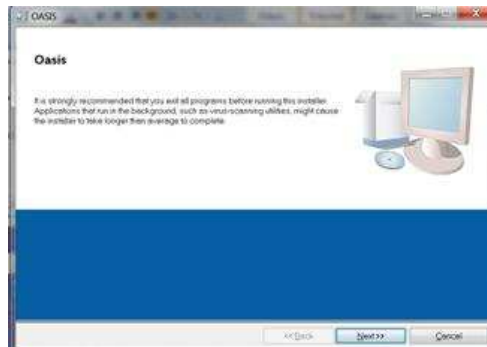


FIGURA 2.15 Configuración del software OASIS



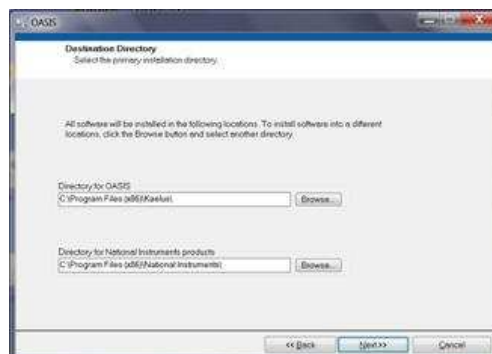
FIGURA 2.16 Progreso de descompresión de los archivos de OASIS

Se abrirá una ventana como la de la figura 2.17, donde se genera un aviso que se deben cerrar todos los programas que estén abiertos, para facilitar la instalación de este software, después se hace clic en Next (Siguiete) para reanudar con la instalación.



**FIGURA 2.17** Recomendación para instalación de programa

La ventana que se exhibirá a continuación es similar a la que se presenta en la figura 2.18, en esta ventana se puede elegir en donde se guardará el programa o se puede dejar por defecto en el disco C en archivos y programas. En este caso se ha dejado por defecto en el disco C, luego se hace clic en la opción Next (Siguiete)



**FIGURA 2.18** Localización del software OASIS

Una vez asignado una dirección para el software, se muestra una nueva ventana como la que se indica en la figura 2.19, donde se indica que el programa se ha instalado correctamente, por último se hace clic en el botón Finish (Finalizar) y el programa estará casi listo para ser usado.



**FIGURA 2.19** Notificación de software instalado correctamente

### 2.5.2.1.2 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE NI-VISA

En la carpeta Descargas buscamos el archivo Visa y hacemos doble clic en este archivo, se mostrará una ventana como la de la figura 2.20, donde se muestra la opción para ejecutar este archivo damos clic en el botón setup y aparece una ventana igual la de la figura 2.21, donde se muestra el progreso de como se descomprimen los archivos.



FIGURA 2.20 Configuración del software VISA



FIGURA 2.21 Descompresión de archivos VISA

Una nueva ventana aparece igual a la de la figura 2.22, la cual muestra el proceso de descompresión de archivos VISA, cuando el proceso termina aparece una ventana más pequeña como la de la figura 2.23, que indica el número total de archivos que fueron descomprimidos.



FIGURA 2.22 Proceso de descompresión de archivos

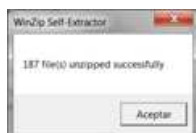


FIGURA 2.23 Número total de archivos descomprimidos

En la ventana que aparece se muestra el número total de archivos descomprimidos se hace clic en Aceptar y aparece una ventana igual a la de la figura 2.24, donde se sugiere que se cierre todos los programas para poder realizar correctamente la instalación.



**FIGURA 2.24** Recomendación para la instalación de NI-VISA

Luego en la figura 2.24, se hace clic en Next (Siguiete) y aparece una ventana como la que se indica en la figura 2.25



**FIGURA 2.25** Localización del software para los diferentes instrumentos a usar

En la ventana de la figura 2.25, se hace clic en el botón Next>> (Siguiete) y este botón nos lleva a una nueva ventana como la que se muestra en la figura 2.26, en esta ventana se indica los puertos que se habilitan para el uso de los diferentes dispositivos.



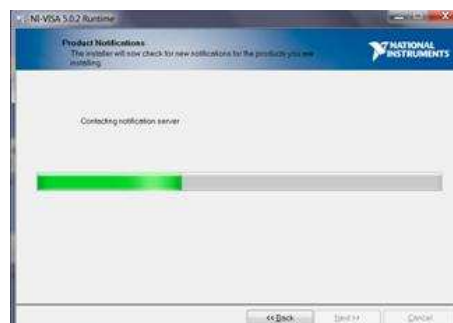
**FIGURA 2.26** Habilitación de los diferentes puertos para los distintos dispositivos

En la ventana de la figura 2.26 se hace clic en el botón Next>> (Siguiente), ahora se presenta una nueva ventana similar a la de la figura 2.27, la cual se refiere a una política de privacidad, se debe hacer clic en el cuadrado donde se hace la pregunta para que se permita hacer instalaciones automáticas. Al hacer clic en el cuadro se habilita el botón inferior Next>> (Siguiente) y es en este botón donde se hace clic.



**FIGURA 2.27** Acuerdo que permite instalaciones automáticas

La ventana igual a la de la figura 2.28, presenta el proceso de carga de las herramientas que son requeridas para los distintos dispositivos que pueden ser utilizados en el computador, cuando el proceso haya llegado a su fin se hace clic en Next>> (Siguiente).



**FIGURA 2.28** Proceso de instalación de notificaciones con el servidor

Una vez que se descargaron todos los archivos y después de hacer clic en Next>> (Siguiente) aparece una ventana como la de la figura 2.29 que indica algunas notificaciones que deben realizarse, en caso de que no existan notificaciones aparece un mensaje “There are no notifications for your product” (No hay notificaciones para su producto). Se hace clic en Next>> (Siguiente) y se espera la siguiente ventana.



**FIGURA 2.29** Notificaciones del producto

La última ventana que aparece en la instalación de NI-VISA es parecida a la de la figura 2.30, donde se indica el resultado final de la instalación, si la instalación se realizó correctamente aparece el mensaje “Your software has been installed successfully” (Su software ha sido instalado exitosamente), finalmente hacemos clic en el botón Finish (Finalizar).

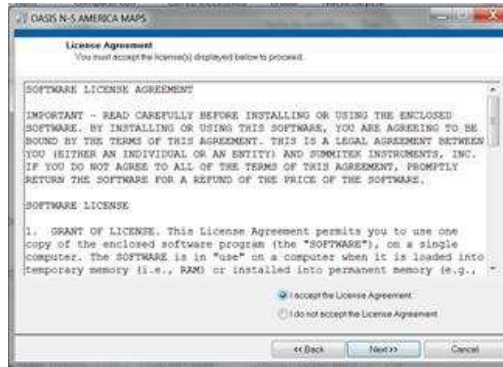


**FIGURA 2.30** Resumen de instalación del software NI-VISA

### 2.5.2.1.3 INSTALACION DE OASIS AMERICA MAPS

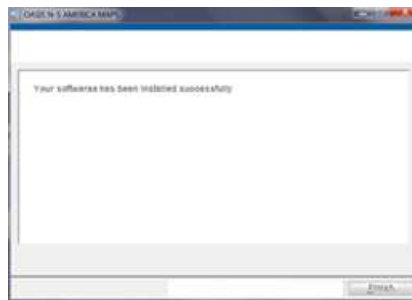
La instalación de este software es opcional, ya que estos mapas que se instalan en el computador son mapas de Estados Unidos.

Cuando se ejecuta el software Oasis America Maps aparece una ventana similar a la de la figura 2.31, que es un acuerdo de licencia, en esta ventana se hace clic en “I accept the License Agreement” (Acepto los acuerdos de licencia), para que se habilite el botón Next>> (Siguiente) en el cual se hace clic.



**FIGURA 2.31** Acuerdo de licencia

Se crea una ventana como la que se muestra en la figura 2.32, que presenta el mensaje “Your software has been installed successfully” (Su software se ha instalado exitosamente).



**FIGURA 2.32** Notificación de instalación exitosa de software

Luego de haber instalado los tres programas se abre la ventana correspondiente al software OASIS y aparece una ventana similar a la que se muestra en la figura 2.33, en la ventana pequeña que aparece dentro de la ventana principal con fondo negro y letras de color amarillo se presenta el siguiente mensaje “OASIS is not authorized. What would you like to do?” (OASIS no está autorizado ¿Qué le gustaría hacer?), de los tres botones que están en la ventana pequeña se elige el botón “Activate OASIS” (Activar OASIS), el cual se encuentra ubicado en la parte inferior derecha de la ventana antes mencionada.



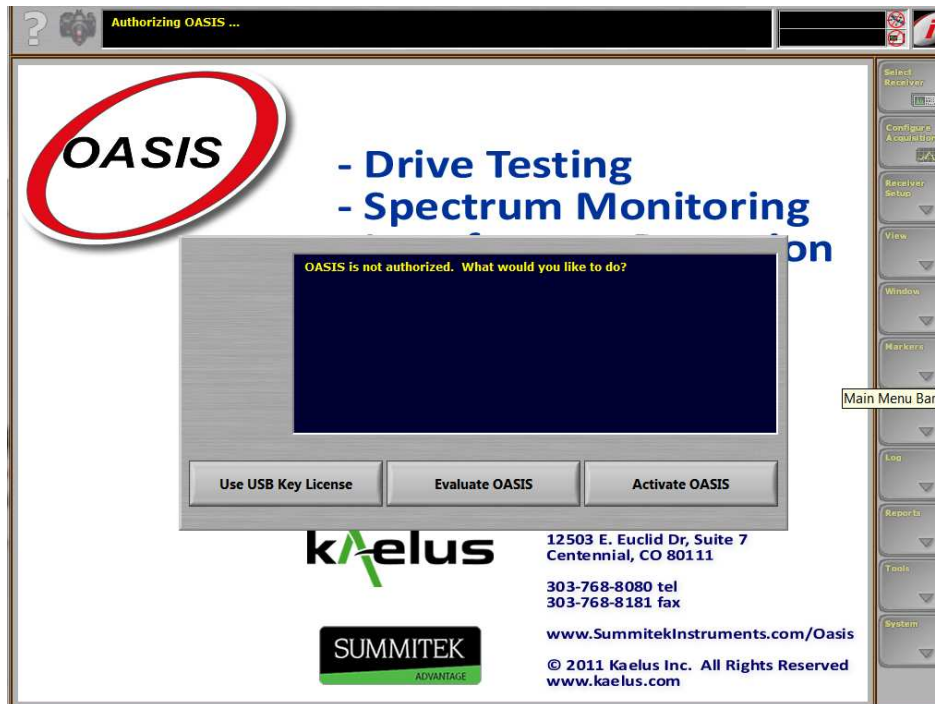


FIGURA 2.33 Activación de uso del software OASIS

Las acciones antes realizadas nos llevan a una nueva ventana parecida a la de la figura 2.34, donde se pide que se ingrese el código del sitio de la máquina, este código es único y se obtiene mediante el programa OASIS en función de la dirección MAC del computador, para el caso actual fue asignado el código 3099129313 y este número es requerido por la empresa KAELUS para generar una clave de autorización. Es muy importante enviar el código a la empresa KAELUS. Mediante un mensaje de correo electrónico se envía el código que se genera en el computador y la empresa KAELUS responde el mensaje de correo y envía un archivo el cual permite la activación del programa OASIS y este permite hacer uso de todas las funciones que este programa permite realizar.

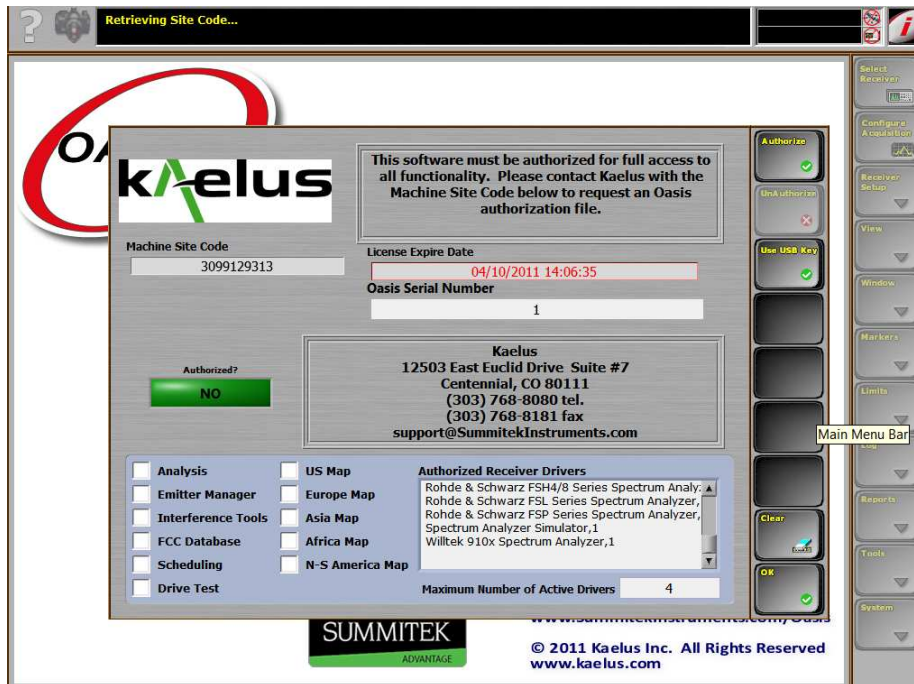


FIGURA 2.34 Autorización del software OASIS

Se presiona el botón Authorize (Autorizar) el cual abre una carpeta de archivos, se debe buscar el archivo proporcionado por la empresa KAEELUS cuando se envió el código asignado, se hace doble clic en este archivo y aparece una ventana similar a la que se indica en la figura 2.35, finalmente se hace clic en el botón OK y el software OASIS está listo para ser utilizado.

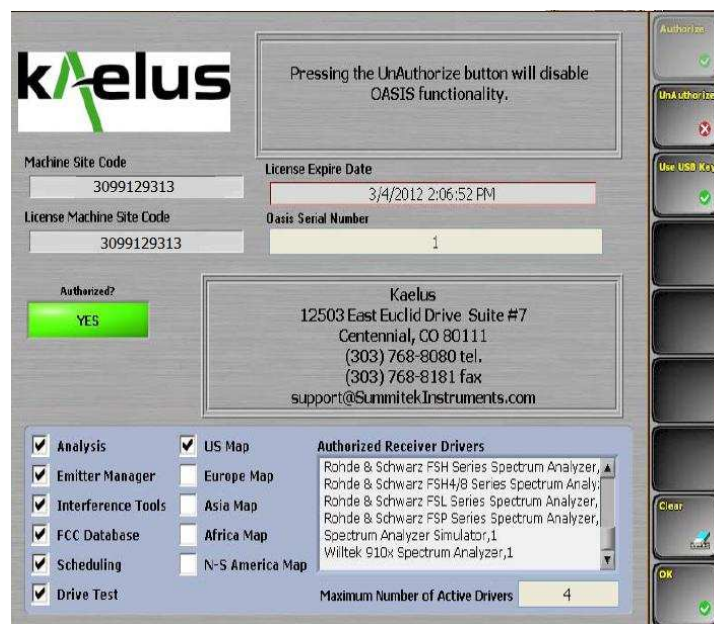


FIGURE 2.35 Activación final del software OASIS

## 2.5.2.2 INSTALACION DE GOOGLE EARTH PRO

Para obtener los mapas de niveles de potencia es necesario de un GIS (Geographical Informations System- Sistema de Información Geográfica), en este caso se ha optado por Google Earth Pro y una de las razones fundamentales para usar este software es la compatibilidad que posee con el software OASIS.

La instalación de Google Earth Pro comienza ingresando a la dirección url

[http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm\\_campaign=es&utm\\_medium=ha&utm\\_source=es-ha-sk-eargen&utm\\_term=google%20earth](http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth)

La ventana que se muestra al ingresar a la dirección antes indicada es igual a la de la figura 2.36 en esta ventana se hace clic en Google Earth Pro en la parte inferior del letrero celeste.

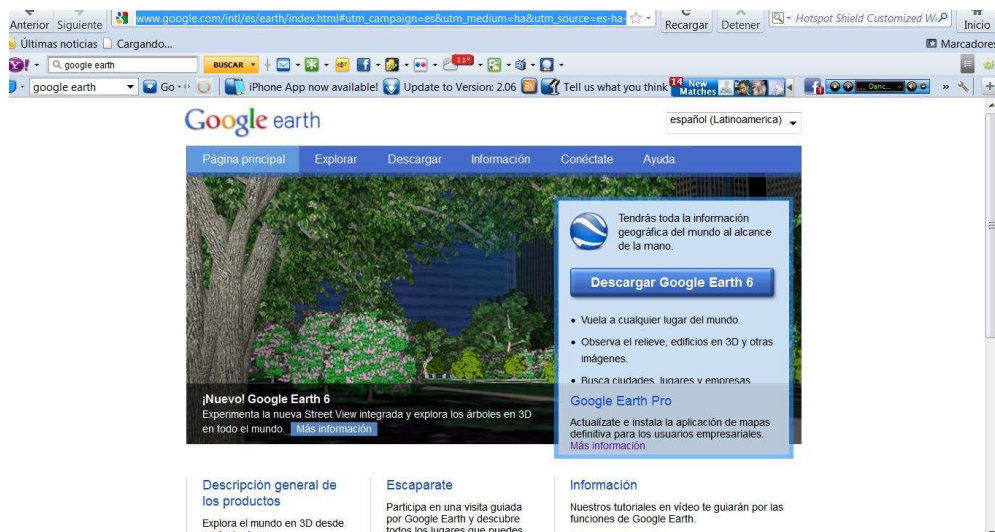


FIGURA 2.36 Ventana de inicio de descarga de Google Earth Pro

La siguiente ventana que aparece es similar a la de la figura 2.37, en esta ventana se hace clic en la opción Pruébalo gratis que está ubicada en la parte inferior de la ventana.

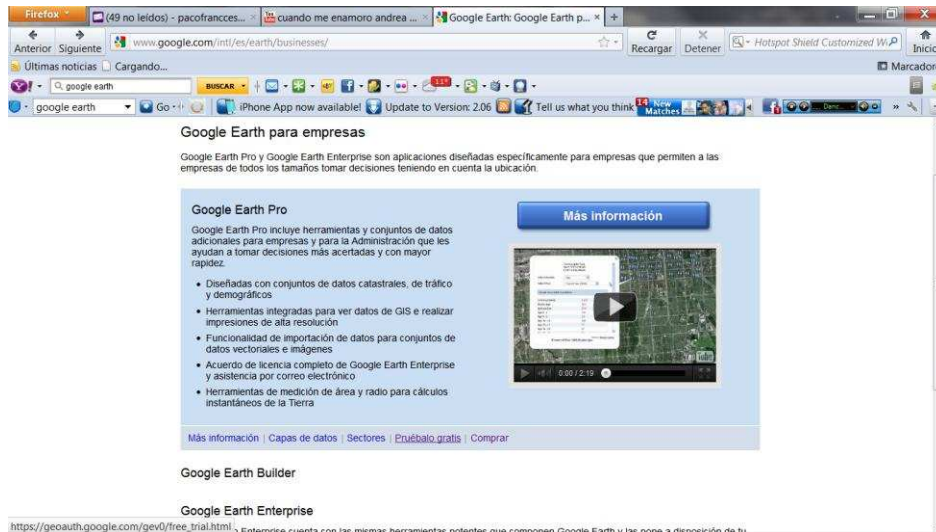


FIGURA 2.37 Versión de prueba de Google Earth Pro

Al ingresar a la versión de prueba se muestra una nueva ventana semejante a la de la figura 2.38 que es un formulario el cual debe llenarse con los datos personales y el correo electrónico, a esta dirección de correo electrónico será enviada una clave de acceso a Google Earth Pro

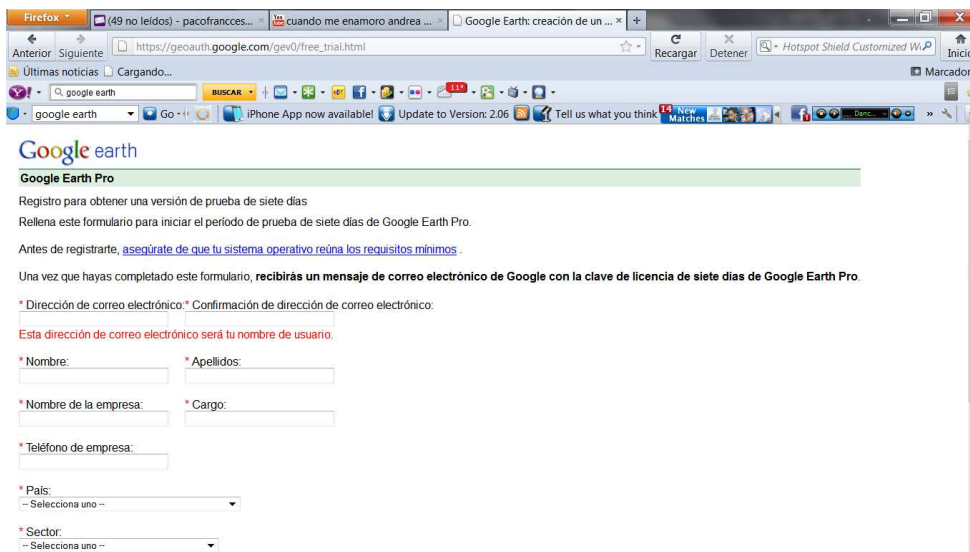


FIGURA 2.38 Registro para obtener versión de prueba

Una vez lleno el registro se hace clic en Registrar y luego se descarga el programa Google Earth Pro de la siguiente dirección url:

<http://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>

Se busca el archivo Google Earth Pro en la carpeta que se almacenó al momento de descargar, luego se ejecuta este archivo y aparece una ventana como la de la figura 2.39, que indica que el computador se está preparando para la instalación.



**FIGURA 2.39** Preparando Asistente para instalación

Una vez que se carga el asistente para instalación se abre la ventana similar a la de la figura 2.40 que da la bienvenida al asistente de instalación para Google Earth Pro.



**FIGURA 2.40** Asistente de instalación para Google Earth Pro

En la ventana anterior se hace clic en Siguiente y una nueva ventana aparece parecida a la de la figura 2.41, en la cual se indica la carpeta de destino, por defecto se ubica en la carpeta C en archivos de programa, si se desea cambiar se hace clic en el botón Cambiar y se elige la carpeta de destino.



**FIGURA 2.41** Localización de la carpeta de destino

Al presionar siguiente en la figura 2.41 se muestra otra ventana semejante a la de la figura 2.42, donde se indica que el asistente está listo para instalar el software.



**FIGURA 2.42** Asistente listo para instalar el software Google Earth Pro

Se hace clic en el botón Instalar y otra ventana se muestra igual a la de la figura 2.43, la que exhibe como se va desarrollando el proceso de instalación.



**FIGURA 2.43** Proceso de instalación del software Google Earth Pro



Cuando se completa el proceso de instalación se genera otra ventana similar a la de la figura 2.44, en la que se presenta que la instalación del software ha concluido exitosamente, se hace clic en el botón Finalizar y la ventana se cierra



FIGURA 2.44 Resultado final de instalación de Google Earth Pro

Al abrir el software Google Earth Pro aparece una ventana igual a la de la figura 2.45, en esta ventana aparece dos cuadros de texto en el uno está nombre de usuario y en el otro clave de licencia. En el cuadro de texto de nombre de usuario se debe colocar la dirección de email y en el cuadro de texto de clave de licencia, se debe colocar la clave que es enviada por Google Earth a la dirección de correo que se puso en la petición anteriormente registrada.

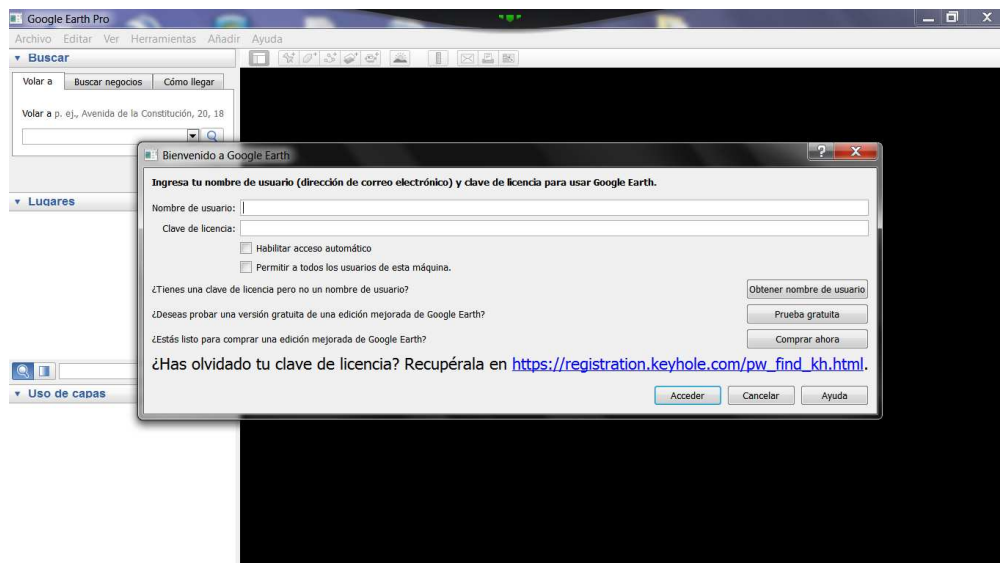


FIGURA 2.45 Ingreso de usuario y clave a software Google Earth Pro

Para el caso de este proyecto se hizo uso del nombre de usuario “pacofrancesco@yahoo.com” y la clave de licencia “JCPMVHMCMSF3MG” tal como se muestra en la figura 2.46

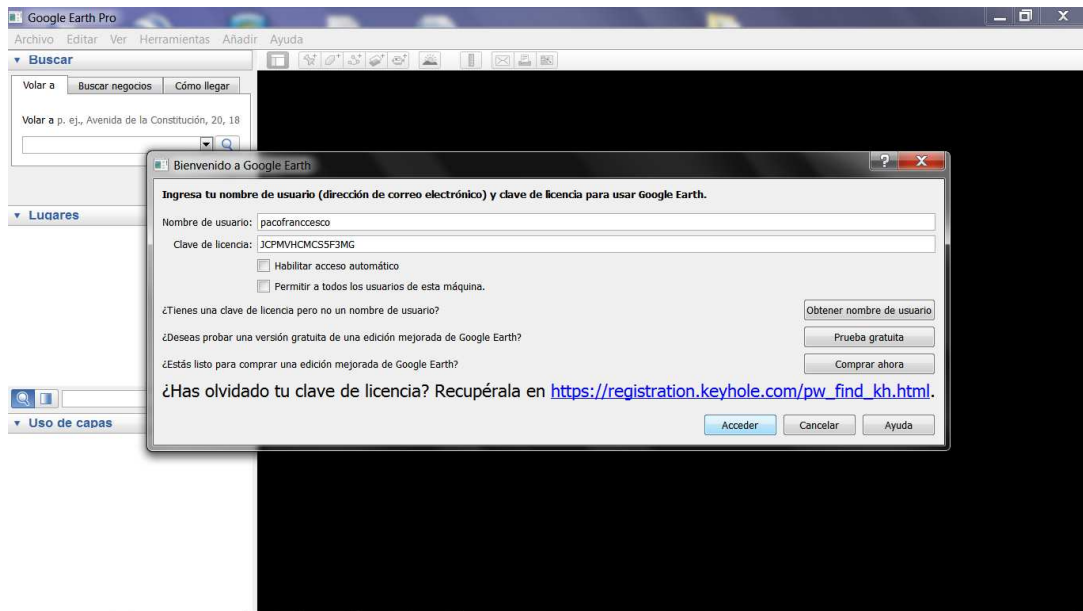


FIGURA 2.46 Ingreso nombre de usuario y clave de licencia

Se ingresa el nombre de usuario y la clave de licencia. Después se hace clic en acceder y el programa por fin está listo para ser usado, la ventana que se muestra es igual a la de la figura 2.47

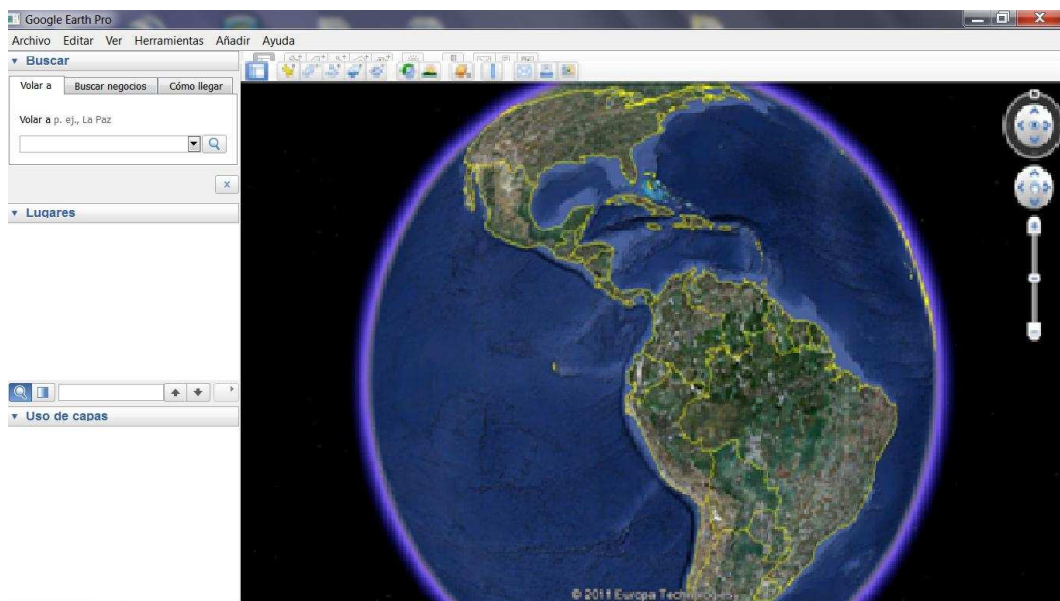


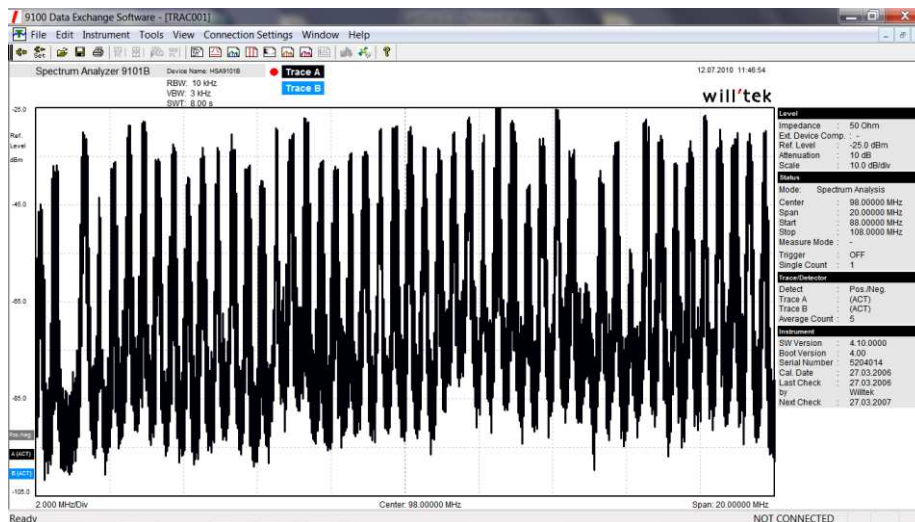
FIGURA 2.47 Programa Google Earth Pro



## 2.6 MEDICIONES DE NIVELES DE INTENSIDAD

El equipo Willtek 9101 posee un software propio con el cual se puede visualizar en el computador los gráficos del nivel de señal o como datos.

Con la ayuda del software del analizador de espectros Willtek 91.01 se realizó algunas mediciones de Niveles de Señal en las frecuencias otorgadas para las emisoras FM. Antes de realizar las mediciones se configuró el dispositivo para que mida las señales desde la frecuencia 88 MHz a 108 MHz, también debe configurarse un lapso de tiempo para cada medición, los resultados que se muestran a manera de gráfico, son mostrados durante cada lapso de tiempo que se configuró previamente. Para que esta explicación quede más clara se presenta el siguiente ejemplo: El analizador se configura de la siguiente manera Frecuencia inicial = 88MHz, Frecuencia final = 108MHz y tiempo= 5s. Cada 5s se mostrará una ventana similar a la de la figura 2.48, en la que se muestra como captura el software Willtek 9101 los datos desde la frecuencia 88MHz hasta 108 MHz.



**FIGURA 2.48** Captura de datos de niveles de señal desde 88MHz a 108MHz

Las líneas que se observan en el gráfico representan la señal de potencia, de izquierda a derecha están los valores de frecuencia desde 88MHz a 108MHz.

Los datos también se pueden presentar de forma numérica, el software del analizador de espectros Willtek 9101 posee una opción en la que se puede exportar los datos en formato ASCII, la cual se puede visualizar con el programa

EXCEL, los datos en este formato se indican de la siguiente forma: la frecuencia en [Hz], el nivel mínimo de señal de potencia en [dBm] y el nivel máximo de señal de potencia en [dBm] como se presenta en la tabla 2.4.

[Trace A]		
Frequency[Hz]	Min Level[dBm]	Max Level[dBm]
88000000	-92,8	-55,9
88040000	-88,7	-46,3
88080000	-72,6	-44,8
88120000	-83,1	-45,9
88160000	-95,3	-57,5
88200000	-101,8	-60,3
88240000	-97,8	-81,7
88280000	-100,3	-83,1
88320000	-97,6	-80,7
88360000	-98,600	-69,400
88400000	-96,300	-39,600
88440000	-88,100	-36,900
88480000	-87,100	-38,100
88520000	-85,500	-36,800
88560000	-91,300	-38,000
88600000	-93,700	-68,800
.....		
107720000	-60,600	-30,100
107760000	-78,600	-29,700
107800000	-85,200	-45,400
107840000	-95,000	-48,200
107880000	-96,500	-70,300
107920000	-96,200	-78,800
107960000	-97,000	-81,200
108000000	-98,000	-81,100

**TABLA 2.4** Tabla de datos medidos con el software Willtek 9101

Los datos que se obtuvieron en las diferentes mediciones mostraron que en barrios que están ubicados al Noroccidente de Quito existen niveles bajos de recepción de señal.

## **2.7 RECOPIACIÓN DE DATOS CON EL SOFTWARE OASIS**

Mediante el software OASIS se recopiló los datos necesarios para hacer el mapa de niveles de señal.

El lugar seleccionado para la recolección de datos fue el sector industrial norte de Quito, el barrio que se recorrió se llama La Castellana, este lugar fue elegido por varios factores, de los cuales se puede citar, por la cantidad de personas que circulan, residen y trabajan en este sector, además se puede decir que en las empresas y en los vehículos que circulan por este sector tienen la costumbre de escuchar radio, con respecto a las frecuencias. Actualmente en Quito funcionan 50 emisoras en la banda de frecuencia FM, de todas estas emisoras se tomó una muestra correspondiente al 10 % del total de las emisoras que operan en la ciudad de Quito y que corresponden a cinco emisoras.

### **2.7.1.1 CONFIGURACION DE EQUIPOS**

Los equipos que se utilizan para la recolección de datos son:

- Computador personal SONY VAIO
- Analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101
- Antena receptora GLOBAL SAT GPS BU-353
- Vehículo

### **2.7.1.1 CONEXIÓN DE EQUIPOS**

Antes de conectar los equipos primero se debe configurar el analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101 y el computador personal, la conexión entre el computador y el analizador se realiza mediante cable cruzado luego se asigna direcciones de una misma red al analizador de espectros y al computador.

### **2.7.1.1.1 CONEXIÓN ENTRE ANALIZADOR Y COMPUTADOR**

Para iniciar la conexión entre estos dispositivos se crea una red la cual requiere de dos direcciones, esta red se debe a la necesidad de comunicación entre el analizador y el computador. Se utiliza una red privada simple ya que la conexión es directa y se hace uso únicamente de dos direcciones.

El diseño de la red no implica un diseño muy elaborado ya que solo son dos dispositivos los que se conectan y no se considera necesario salvaguardar direcciones de red para más dispositivos ni que la red va a crecer a futuro y tampoco de aspectos de seguridad en la red.

De acuerdo al análisis anterior se considera realizar un enlace punto a punto con conexión directa entre los dispositivos que intervienen en dicho. En este enlace se usa las siguientes direcciones IP:

192.168.1.20 para el computador y

192.168.1.21 para el analizador de espectros.

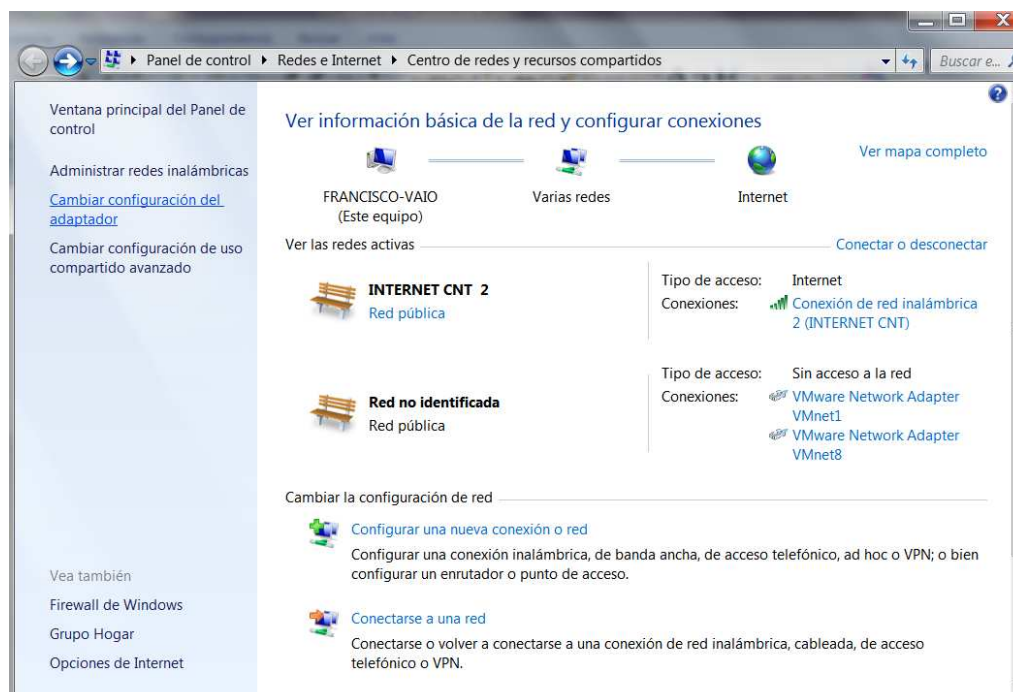
#### **2.7.1.1.1.1 ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN IP EN EL COMPUTADOR**

Para asignar la dirección IP en el computador se hace clic derecho en la parte inferior de la pantalla en la barra de inicio sobre el ícono de acceso inalámbrico. La figura 2.49 muestra la ubicación del ícono de acceso inalámbrico encerrado en un círculo de color rojo, luego se elige la opción Abrir el Centro de redes y recursos compartidos



**FIGURA 2.49** Ubicación del icono de acceso inalámbrico

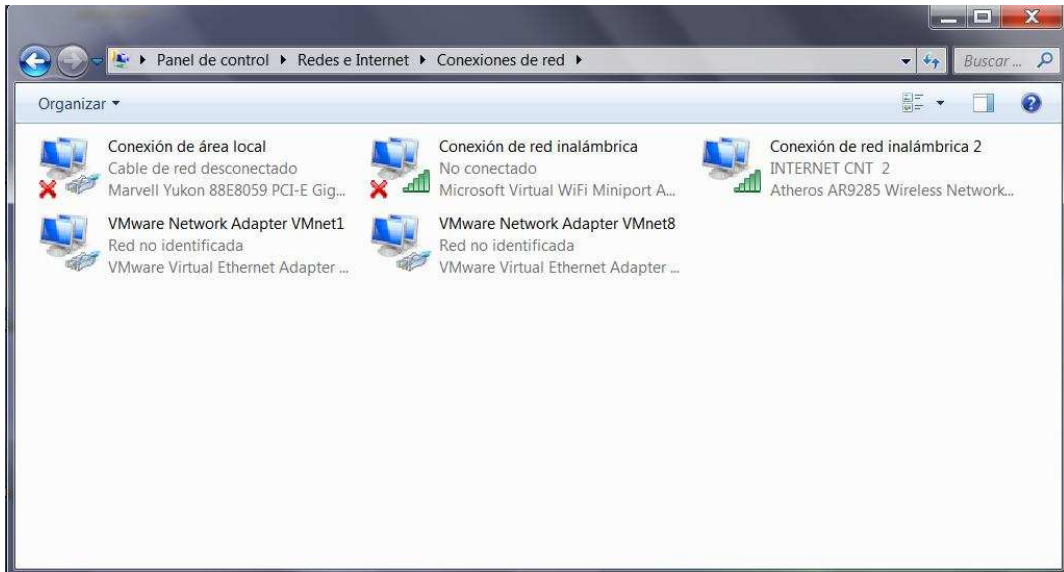
Se abre una nueva ventana similar a la de la figura 2.50, donde se elige la opción Cambiar configuración del adaptador, este hipervínculo nos enlaza con una nueva ventana donde se encuentran localizadas las conexiones de red.



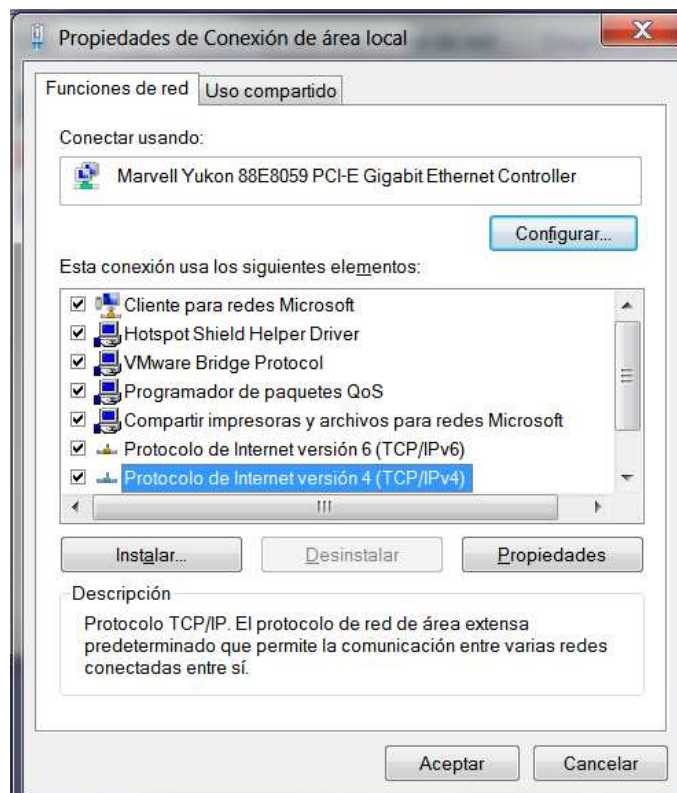
**FIGURA 2.50** Centro de redes y recursos compartidos

La ventana Conexiones de red es parecida a la de la figura 2.51, en esta ventana se hace doble clic en el icono Conexión de área local para poder visualizar la

ventana de las Propiedades de Conexión de área local que se pueden observar en la figura 2.52



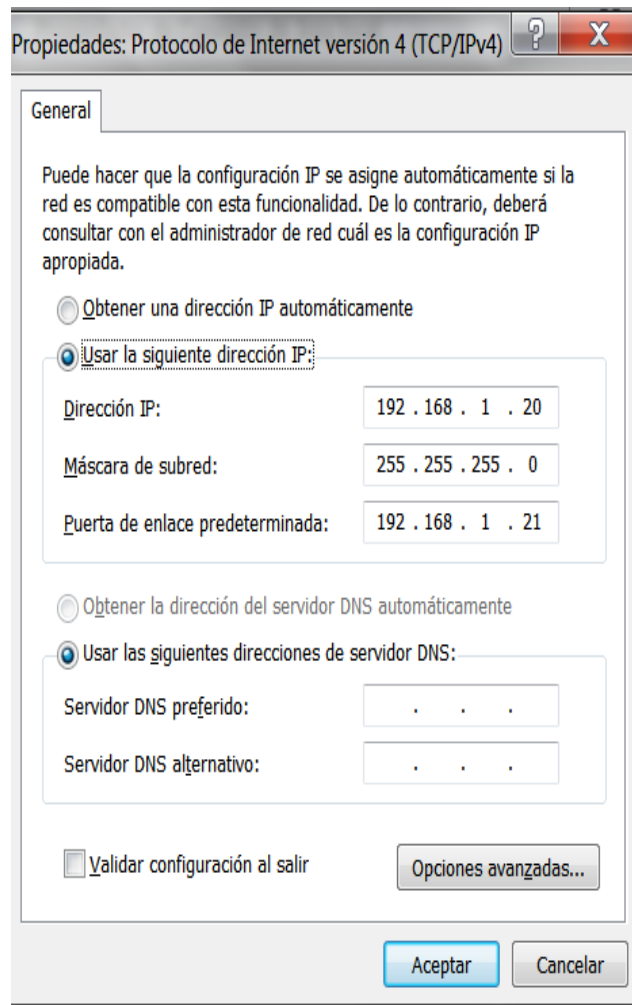
**FIGURA 2.51** Conexiones de red



**FIGURA 2.52** Propiedades de Conexión de área local

En la ventana Propiedades de Conexión de área local se hace doble clic en la opción Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4), esta acción nos lleva a la

ventana Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) la cual se muestra en la figura 2.53



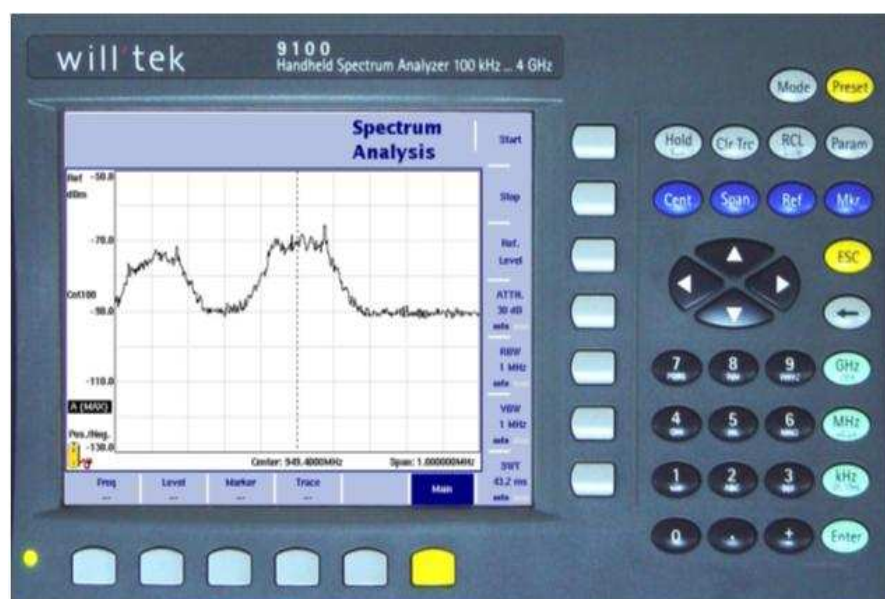
**FIGURA 2.53** Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)

Mediante el uso de la ventana Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) se puede asignar la dirección TCP/IP para ello se hace clic en Usar la siguiente dirección IP, posteriormente en el cuadro de texto estipulado para Dirección IP se ingresa la dirección IP: 192.168.1.20, esta dirección es la que va a tener el computador para compartir información con el analizador. Adicionalmente en el cuadro de texto asignado para Máscara de subred se coloca la máscara 255.255.255.0, este número indica el tamaño que tiene la red, esta red es demasiado grande para el uso que se le ha atribuido, pero para este caso no se necesita de una optimización de la red, las direcciones de la red no utilizadas no se las puede asignar a otros equipos. Finalmente colocamos la dirección de

puerto de enlace predeterminado 192.169.1.21, la última dirección anotada es la dirección que se le ha otorgado al analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101. Luego de haber ingresado los datos antes mencionados se elige la opción *Aceptar* en la ventana Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y luego se repite el mismo proceso en la ventana Propiedades de Conexión de área local.

#### 2.7.1.1.1.2 ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN IP EN EL ANALIZADOR<sup>42</sup>

La figura 2.54 muestra como se presenta el analizador de espectros, cuando el dispositivo está funcionando normalmente se enciende un foco de color verde, para asignar una dirección IP en el analizador de espectros se presiona el botón Mode, luego se selecciona System>I/O Config.

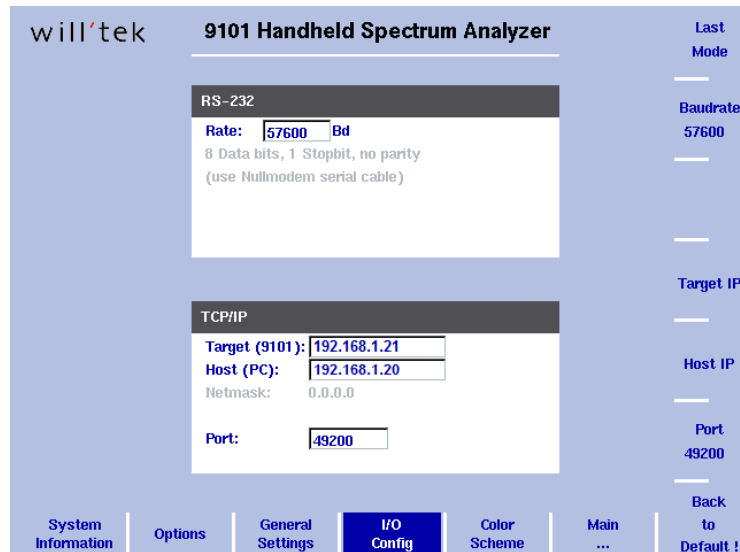


**FIGURA 2.54** Funcionamiento del analizador de espectros Willtek 9101

Se mostrará una pantalla similar a la de la figura 2.55 donde se visualiza la configuración del puerto, mostrando los parámetros TCP/IP actuales

<sup>42</sup>[http://www.mpieletronica.com.br/site2/pdf/9101\\_ug\\_0608-450-A.pdf](http://www.mpieletronica.com.br/site2/pdf/9101_ug_0608-450-A.pdf)





**FIGURA 2.55** Pantalla de Configuración de puerto

Para cambiar la dirección IP se pulsa la tecla Target IP, se activa el campo de dirección y se ingresa la dirección 192.168.1.21 en el cuadro de texto (Target 9101) que será la dirección para el analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101, luego se coloca la dirección 192.168.1.20 en el cuadro de texto Host (PC) que representa la dirección de enlace predeterminado y se refiere a la dirección del computador. Por último se oprime la tecla ENTER.

Para que los cambios tengan efecto se apaga y se vuelve a encender el analizador de espectros Willtek 9101

La figura 2.56 muestra la conexión final entre el analizador de espectros Willtek 9101 y el computador mediante el cable cruzado.



**FIGURA 2.56** Conexión entre Willtek y computador

### 2.7.1.1.2 CONEXIÓN DE LA ANTENA AL COMPUTADOR

La conexión de la antena receptora GLOBAL SAT GPS BU-353 se realiza fácilmente ya que esta posee cable de conexión USB, lo único se debe realizar es conectar la antena al puerto USB.

Ahora se debe configurar al computador para que reconozca la conexión USB de la antena como un puerto de comunicación, para esto se hace uso del programa hyperterminal, actualmente los computadores no poseen este programa por defecto, pero se puede descargar el programa de internet e instalarlo si no se lo tiene. Este programa permite ver el puerto USB como puerto COM y le asigna un número por ejemplo COM 5, En el programa OASIS es necesario saber el número del puerto COM.

Luego de haber hecho las respectivas conexiones, de haber asignado las direcciones correspondientes y de haber hecho las respectivas configuraciones en los equipos la conexión física es similar a la de la figura 2.57, en esta grafica se puede ver la conexión entre los tres equipos.



**FIGURA 2.57** Conexión entre el computador, el analizador y la antena

### 2.7.2 CONFIGURACION DEL SOFTWARE OASIS

Para recopilar los datos con ayuda del software OASIS primero se debe configurar los datos, es muy importante definir el símbolo decimal, el símbolo de separación de miles y separador de listas. Los símbolos deben ser especificados para poder exportar los datos al programa GIS (Geographical Information System) que para el desarrollo de este proyecto es Google Earth Pro.

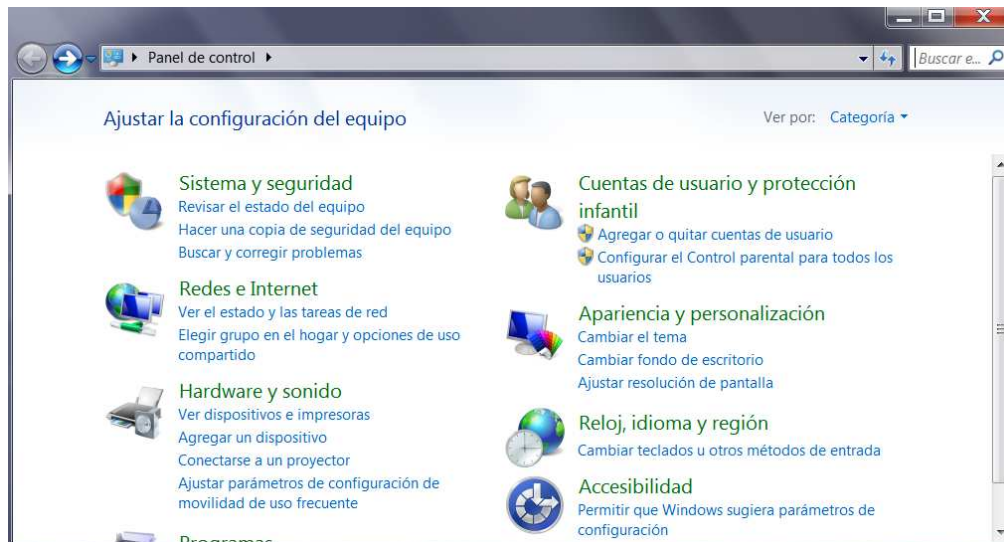
El símbolo decimal debe ser expresado por punto (.)

El símbolo de separador de miles debe ser expresado por coma (,) y.

El separador de listas debe ser expresado por coma (,)

El cambio de los símbolos se realiza de la siguiente manera:

Primero en la barra de herramientas de Windows ubicada en la esquina inferior izquierda de la pantalla se localiza el botón Inicio y con el mouse se hace clic izquierdo en este botón, posteriormente se elige la opción Panel de Control, la cual abre una ventana similar a la de la figura 2.58 en esta ventana seleccionamos la opción Reloj, idioma y región.



**FIGURA 2.58** Ventana Panel de control

Después de seleccionar la opción Reloj, idioma y región se crea una nueva ventana igual a la de la figura 2.59, aquí se elige la opción Configuración regional y de idioma

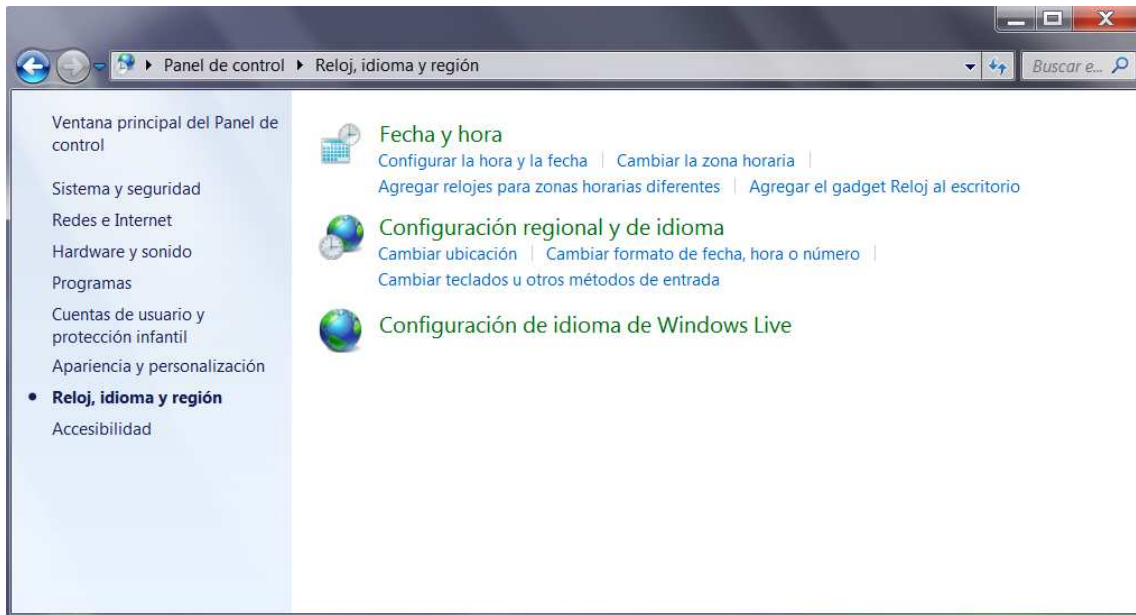


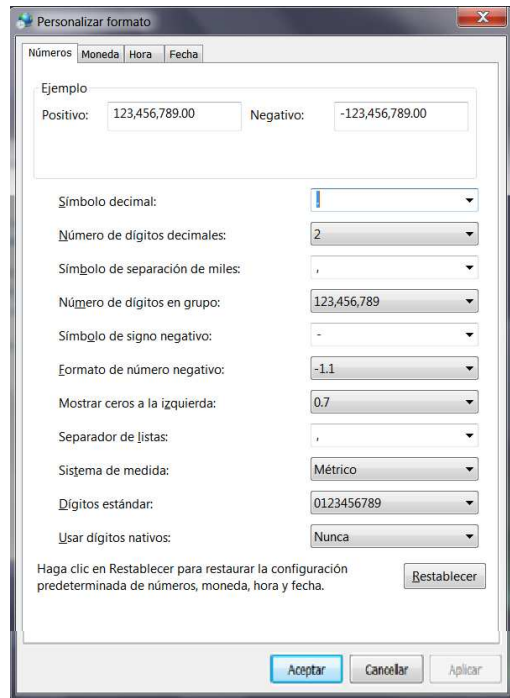
FIGURA 2.59 Ventana de Reloj, idioma y región

La opción Configuración regional y de idioma muestra otra ventana similar a la de la figura 2.60, en esta ventana con el mouse se hace clic izquierdo en el botón Configuración adicional.



FIGURA 2.60 Ventana Configuración regional y de idioma

La ventana que aparece ahora es igual a la de la figura 2,61 y es en esta ventana donde deben hacerse los cambios necesarios.



**FIGURA 2.61** Ventana Personalizar formato

En la cuadro de texto “Símbolo decimal” existen dos opciones punto o coma, se debe elegir punto (.) de igual manera en el cuadro de texto “Símbolo de separación de miles” existen las mismas dos opciones punto o coma, aquí se selecciona coma (,). Finalmente en el cuadro de texto “Separador de listas” se debe elegir coma (,)

A manera de resumen se puede citar que para cambiar las opciones de “Símbolo decimal”, “Símbolo de separador de miles” y “Separador de listas” se debe seguir las siguientes opciones:

Inicio >Panel de Control>Reloj, idioma y región>Configuración regional y de idioma>Configuración adicional>

En la última ventana se puede modificar los parámetros de símbolo decimal, símbolo de separador de miles y separador de listas.

Luego de modificar los símbolos de puntuación se abre el software OASIS y se tiene una ventana como la de la figura 2.62

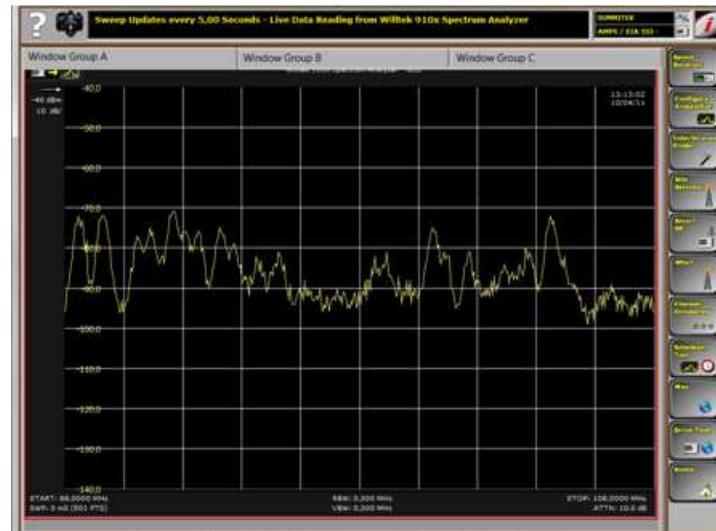

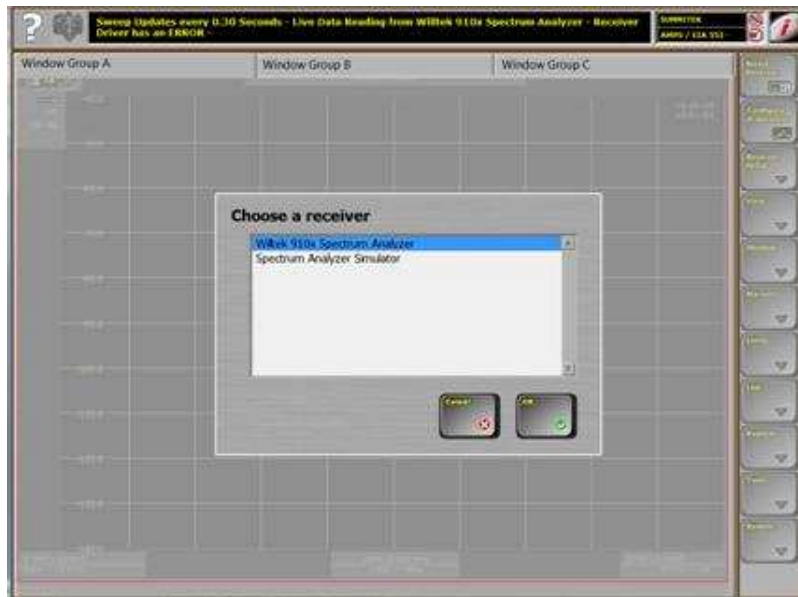


FIGURA 2.62 Inicio software OASIS

Los botones que están a la derecha en la presentación del programa son los que configuran el uso que se le debe dar al programa en este caso vamos a configurar el software OASIS con el analizador Willtek 9101 y con la antena GLOBAL SAT GPS BU-353.

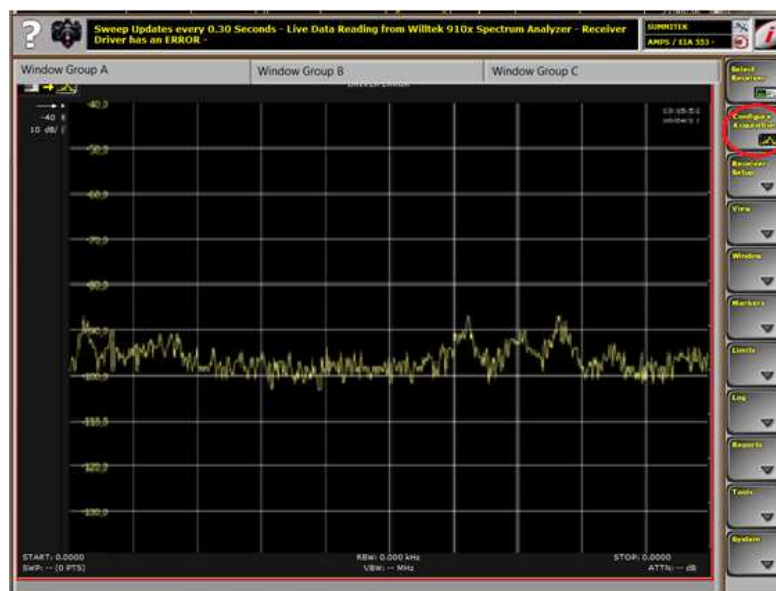
Para iniciar la configuración se oprime el botón Select Receiver,  haciendo un clic izquierdo con el mouse, el botón está ubicado en la parte superior derecha de la ventana inicial.

Se abre una ventana similar a la que se muestra en la figura 2.63, en esta ventana se elige el dispositivo que se va a utilizar en el proceso de recolección de datos, para este caso es Willtek 910x Spectrum Analyzer, el programa OASIS reconoce el o los dispositivos conectados, este programa puede reconocer hasta cuatro dispositivos conectados simultáneamente. Después de haber elegido el dispositivo analizador de espectros necesario se presiona el botón Ok.



**FIGURA 2.63** Selección del receptor

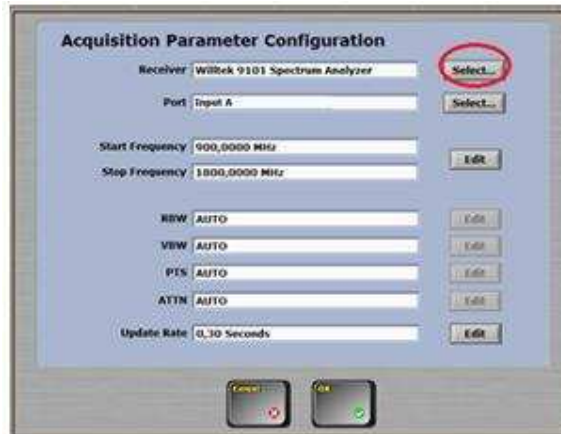
Posteriormente aparece la ventana inicial, ahora se hace clic en el botón Configure Acquisition, este botón se encuentra localizado a la derecha de la ventana y ocupa la segunda posición tomando como referencia el botón de arriba Select Receiver, tal como se indica en la figura 2.64



**FIGURA 2.64** Adquisición de configuración

Ahora se abre una nueva ventana similar a la que se indica en la figura 2.65 donde aparecen el nombre del dispositivo, la frecuencia inicial, la frecuencia final y el lapso de tiempo que se desea configurar





**FIGURA 2.65** Configuración de parámetros a adquirir

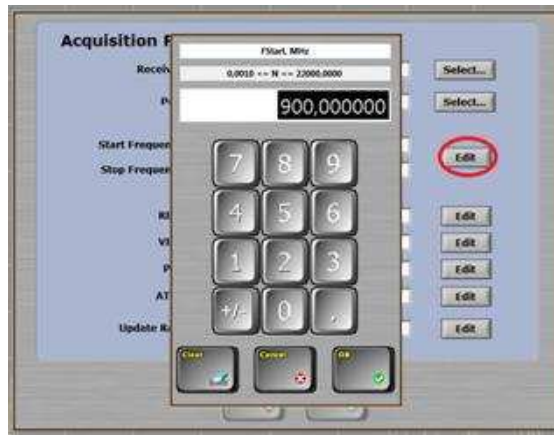
Si el dispositivo Willtek no aparece o no es reconocido por el software se hace clic en el botón Select, el cual está ubicado en la parte superior derecha y encerrado en un círculo en la figura 2.65 y luego se selecciona el dispositivo necesario y se presiona el botón Ok. El software nos regresa nuevamente a la ventana de la figura 2.65 para cambiar los datos de rango de frecuencia con el uso del ratón se hace clic en el botón Edit que está ubicado a la altura de los cuadros de texto de frecuencia inicial y frecuencia final. En la figura 2.66 se muestra el botón Edit encerrado en un círculo que se debe seleccionar para modificar los valores de frecuencia inicial y frecuencia final que se desea medir.



**FIGURA 2.66** Selección de parámetros de frecuencia inicial y final

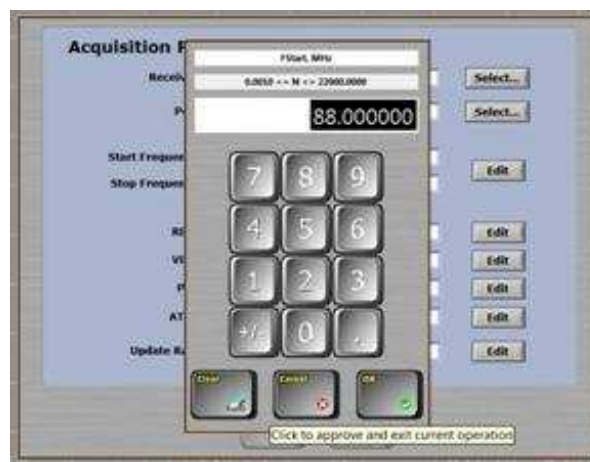
La figura 2.67 indica el cuadro de inicio de frecuencia que aparece, el teclado que se exhibe sirve para ingresar los nuevos valores de frecuencia que son los necesarios de acuerdo al caso de medición que se realice.





**FIGURA 2.67** Cuadro de ajuste de frecuencia inicial y final

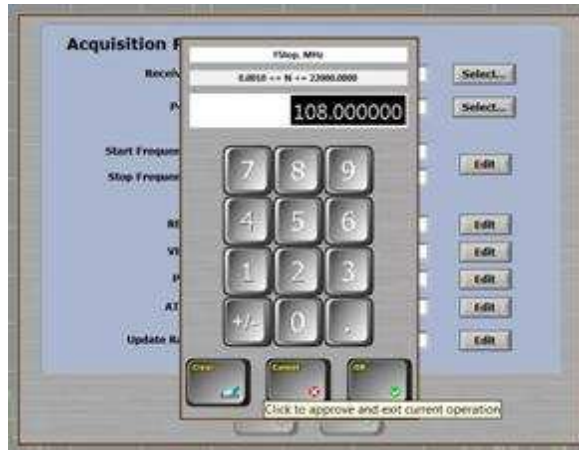
Para modificar el valor de la frecuencia inicial se utiliza el teclado que aparece en la pantalla y con el uso del ratón se edita el número 88, haciendo clic en los respectivos números, el software está programado para recibir valores en MHz, en la figura 2.68 se muestra el nuevo valor que se le atribuye a la frecuencia inicial, para este caso el valor es de 88 [MHz] el cual es el valor inicial del rango de la frecuencia FM, finalmente se hace clic en el botón Ok.



**FIGURA 2.68** Valor editado de frecuencia inicial

Una ventana similar a la de la figura 2.69 se crea, en esta ventana se requiere el dato de la frecuencia final y de la misma manera en la que se le asignó el valor de la frecuencia inicial, se asigna la frecuencia final que se necesita para las respectivas mediciones, para el caso de este proyecto el valor de la frecuencia final es 108 [MHz] que es el límite final en el rango de frecuencia FM, después de

colocar el valor exacto se hace clic en el botón Ok, localizado en la parte inferior derecha del teclado.



**FIGURA 2.69** Valor editado de frecuencia final

La ventana de parámetros de configuración de ajustes se abre pero ahora se muestran los nuevos valores de frecuencia inicial, frecuencia final, tipo de receptor y el puerto usado.

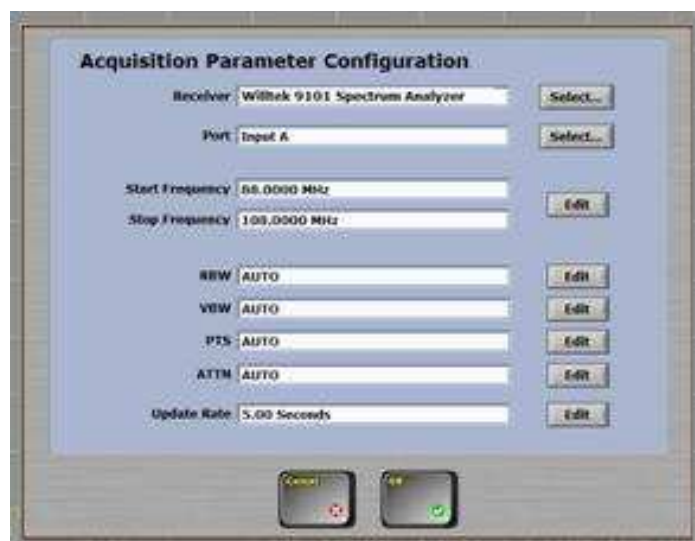
El paso siguiente es modificar el lapso de actualización de tiempo, para esto se hace clic en el botón Edit localizado en la parte inferior derecha junto al cuadro de texto de update rate, en la figura 2.70 se presenta la ventana de programa de adquisición de configuración del panel, aquí se cambia el valor (Update Rate) de frecuencia de actualización, se puede utilizar las flechas que están en el medio del cuadro de texto y la opción (Update Rate) para aumentar o disminuir el valor de frecuencia de actualización, también mediante teclado se puede ingresar el valor numérico para modificar la frecuencia de actualización. La frecuencia de actualización se determinó en 5 segundos, es decir que las mediciones de frecuencia se realizan cada 5 segundos, este valor se determinó debido a que el receptor GPS se actualiza cada 2 segundos y para brindar mayor seguridad en la obtención de datos se determinó 5 segundos.





**FIGURA 2.70** Cambio de actualización de frecuencia


Luego de modificar los valores de tiempo se hace clic en el botón Ok y se obtiene una ventana similar a la de la figura 2.71, donde se muestran los siguientes parámetros:

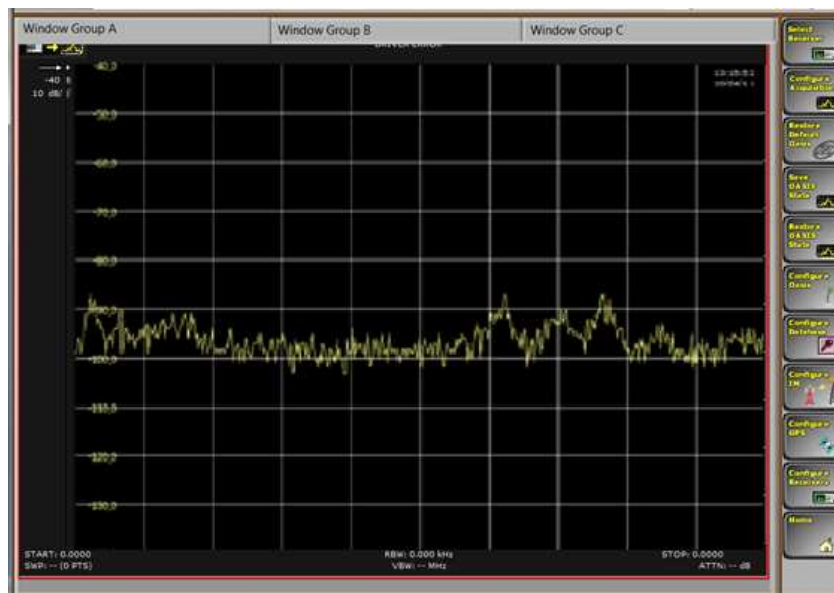
- Receptor
- Frecuencia inicial
- Frecuencia final
- Actualización de frecuencia



**FIGURA 2.71** Parámetros para medición

Una vez configurados los parámetros de tiempo y frecuencia, con la ayuda del ratón se hace clic en el botón Ok  de la ventana presentada en la figura 2.71, posteriormente aparece una ventana con un gráfico de los datos de frecuencia configurados anteriormente, en esta ventana se hace clic en el botón System  que se encuentra ubicado en la parte inferior derecha.

El botón System simplemente cambia las opciones de los botones ubicados a la derecha y mantiene el grafico de los niveles de frecuencia que están ubicados en la parte izquierda de la ventana, los gráficos cambian cada 5 segundos de acuerdo a la configuración que se realizó anteriormente. La figura 2.72 muestra esta ventana, en esta ventana se hace clic en el botón Configure GPS  para configurar los valores del receptor GPS.



**FIGURA 2.72** Ventana Principal

Posteriormente se muestra una nueva ventana idéntica a la de la figura 2.73, en cuya parte inferior izquierda se elige el puerto de comunicación. El receptor GPS utiliza conexión mediante puerto USB, para conocer el número de puerto COM se hace uso del programa hyperterminal, el cual reconoce el puerto COM que se está utilizando.



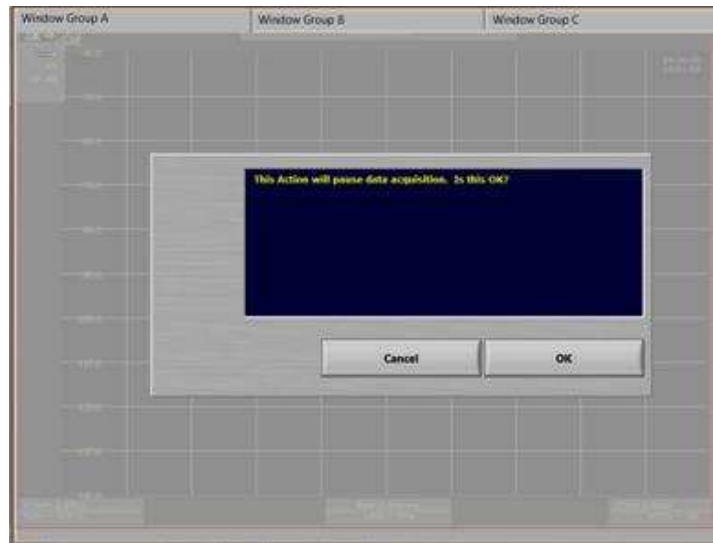
**FIGURA 2.73** Configuración del receptor GPS

Después de elegir el puerto COM adecuado (en el caso de este proyecto se usó el COM 5), se espera hasta que el software reconozca el punto GPS que se está midiendo en ese momento, para Estados Unidos y algunos países de Europa se puede visualizar mapas alrededor de este punto, pero en otros países se requiere instalar mapas almacenados en un formato especial para que se pueda visualizar un mapa alrededor de este punto. En el caso expuesto se puede apreciar que solo aparece un punto, y en los rectángulos azules, se detallan los valores correspondientes de latitud y la longitud, para ese punto.

Una vez obtenido el valor de la posición de GPS se hace clic en el botón Ok que está localizado en la parte inferior de la ventana de la figura 2.73 y se obtiene la ventana principal de medición del software OASIS y en esta se hace clic en el



botón Configure Receiver para configurar el receptor. Se presenta una nueva ventana similar a la de la figura 2.74 en la cual se advierte que durante la configuración del receptor se detendrán las mediciones antes configuradas.

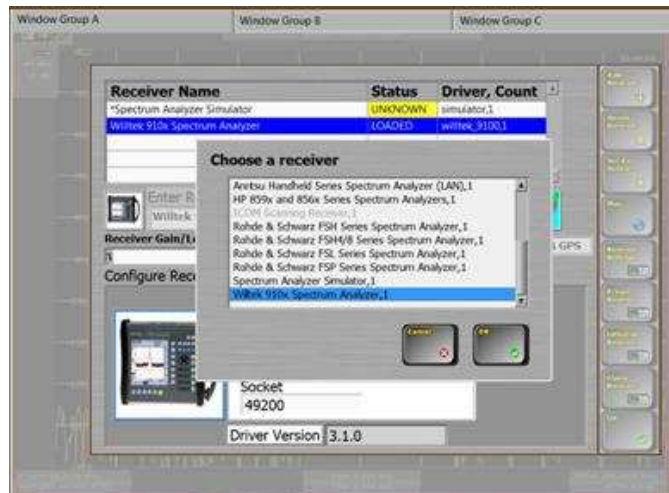


**FIGURA 2.74** Advertencia de suspensión de medición de datos

Al hacer clic en el botón Ok de la ventana mostrada en la figura 2.74, se ingresa a otra ventana parecida a la de la figura 2.75, esta ventana sirve para configurar el receptor analizador de frecuencias Wiltek 9101, algunos parámetros importantes se encuentran aquí como la dirección asignada al dispositivo receptor, la dirección de Gateway y el número de socket. En la parte superior se encuentran los dispositivos que se han conectado antes o han sido configurados mediante el software OASIS, si es la primera vez que se ingresa un nuevo dispositivo receptor de espectros aparece la opción Choose Receiver (Escoger Receptor), en ella se presenta una tabla con los dispositivos compatibles con el software OASIS, una vez elegido el receptor a utilizar se hace clic en Ok y luego en la parte superior se presentan las dos siguientes opciones:


- Spectrum Receiver Simulator (Simulador Receptor de Espectros)
- Wiltek 910x Spectrum Analyzer (Analizador de Espectros Wiltek 910x)

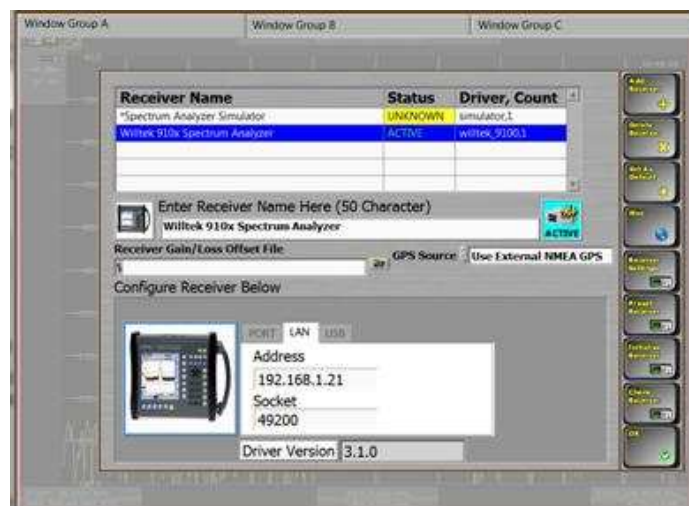




**FIGURA 2.75** Ventana para configurar receptor de espectros

De las dos opciones mostradas se selecciona la segunda Wiltek 910x Spectrum Analyzer (Analizador de Espectros Wiltek 910x), posteriormente se elige el botón

Check Receiver  el cual activa al respectivo receptor seleccionado, la figura 2.76 presenta el estado del receptor



**FIGURA 2.76** Estado del receptor analizador de espectros

Después se hace clic en el botón Ok de la ventana exhibida en la figura 2.76, para salir de la configuración del receptor del analizador de espectros. El programa abre la ventana principal la que se presenta en la figura 2.77.

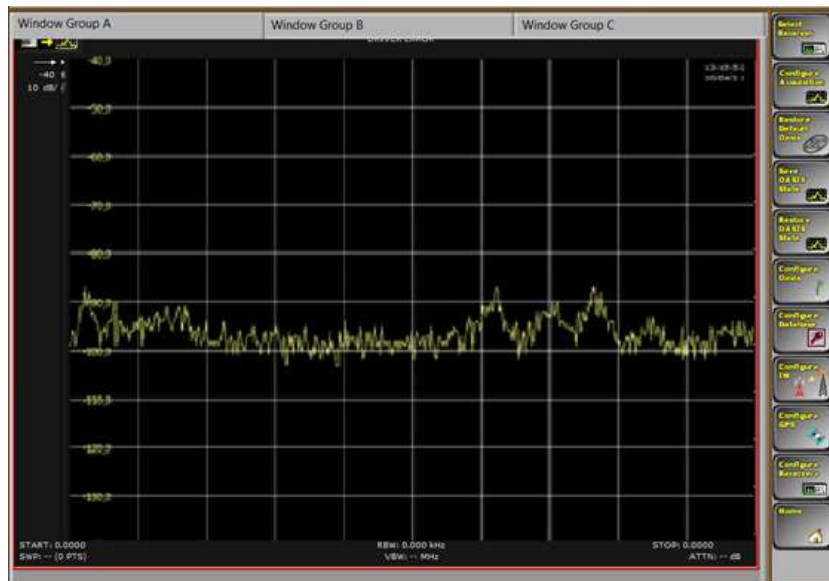



FIGURA 2.77 Ventana principal

En la ventana principal se elige la opción Home  que muestra una nueva ventana similar a la de la figura 2.78

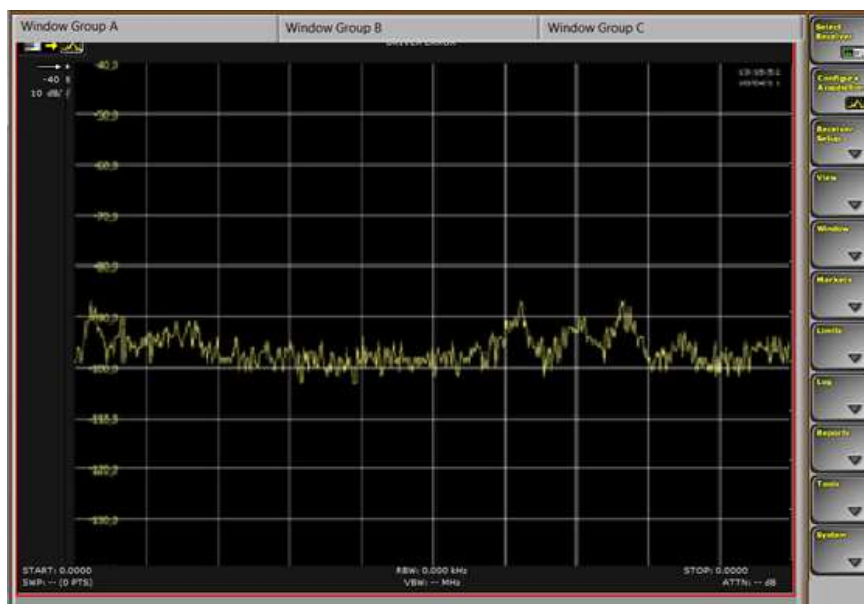


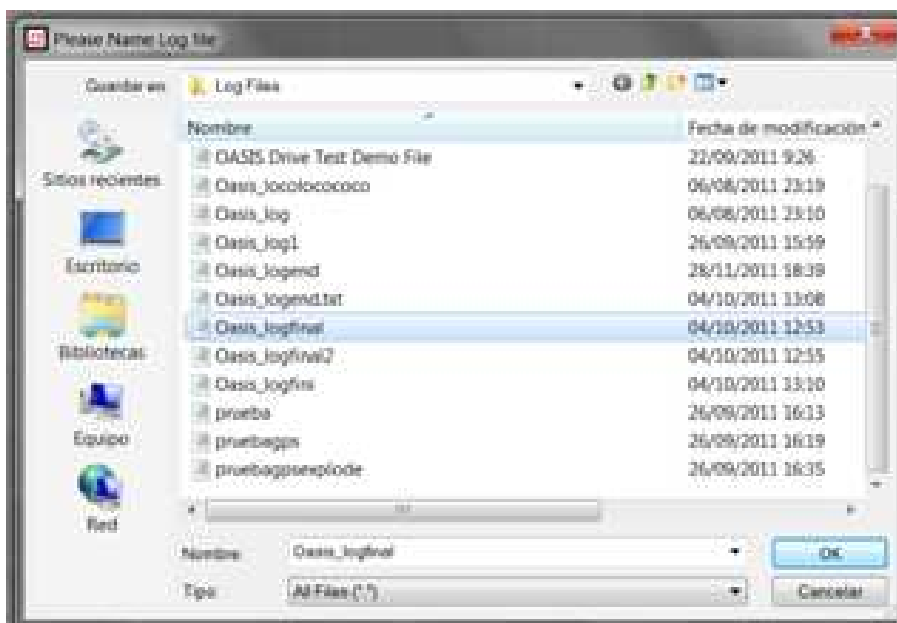


FIGURA 2.78 Ventana principal local

En la ventana principal local se hace clic en el botón Log  para registrar las mediciones, después para obtener datos en tiempo real se hace clic en el botón Start Logging  este botón muestra una ventana similar a la de la figura 2.79, en la cual se pide el nombre con el que se va a guardar este archivo.



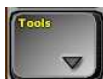


**FIGURA 2.79** Ventana para guardar un nuevo archivo

Con el nombre Oasis\_logfinal se guarda el archivo, luego se presiona el botón Ok. Posteriormente se abre la ventana principal, haciendo clic en el botón Home



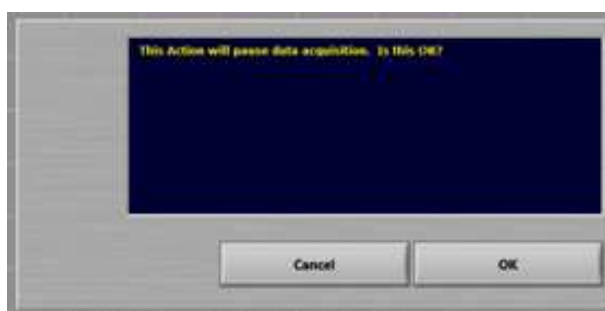
el programa se dirige a la ventana principal local aquí se selecciona el



botón Tools y en seguida en el botón Drive Test,



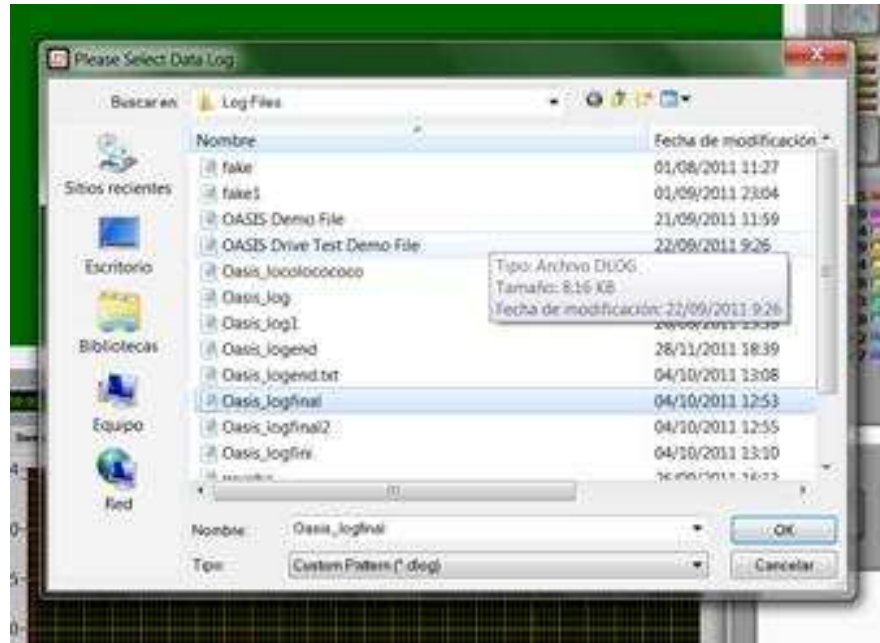
el cual al ser oprimido indica una ventana similar a la de la figura 2.80. La ventana exhibida, muestra una advertencia en la cual si se continúa se suspenderán las mediciones realizadas, para presentar los datos que se han registrado hasta ese instante.



**FIGURA 2.80** Advertencia de suspensión de mediciones

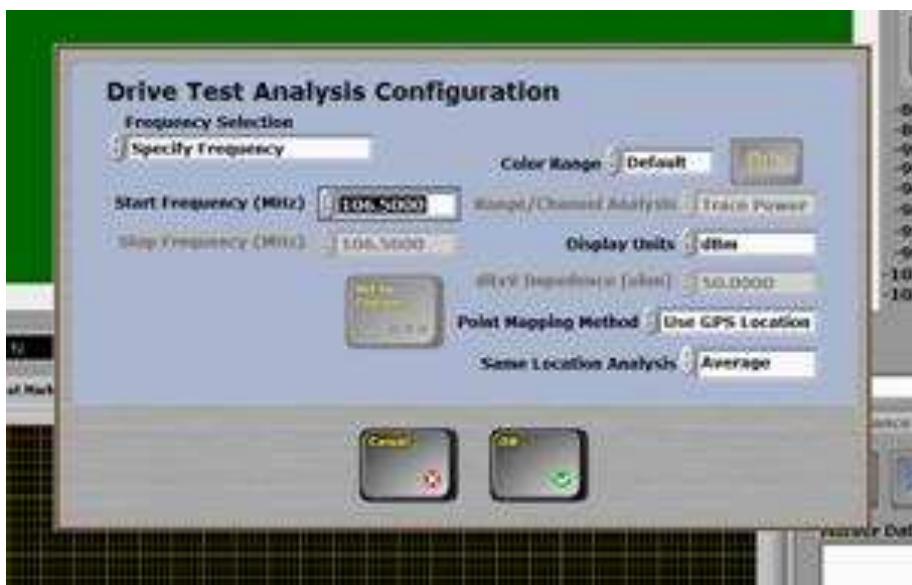
Para continuar con la recopilación de datos se hace clic en el botón Ok de la ventana mostrada en la figura 2.80, el programa muestra una ventana igual a la de la figura 2.81 donde se elige el archivo en el que se quiere mostrar los

registros antes guardados, para este caso se elige el archivo con el nombre “Oasis\_logfinal” que fue el que se guardó anteriormente.



**FIGURA 2.81** Apertura de archivos para Drive Test

Al hacer clic en el botón Ok se presenta otra ventana, idéntica a la de la figura 2.82, en esta ventana se ingresa la frecuencia o el rango de frecuencias de las que se quiere obtener los datos de posición GPS y la medida de señal. Para el presente proyecto se optó por elegir las frecuencias al azar 89.3 MHz, 94.1 MHz, 97.7 MHz, 102.1 MHz y 106.5 MHz, de todas las frecuencias mencionadas el valor que se coloca es 106.5 MHz, para analizar los datos en este valor de frecuencia, es posible ingresar cualquier valor del rango de frecuencias que operen en la banda de FM, que es la que se está usando. También existe una opción para indicar las unidades, en las que se requiere realizar la medición de potencia estas pueden ser dBm o dB [ $\mu\text{V}/\text{m}$ ], en el presente caso de estudio se eligió dBm.



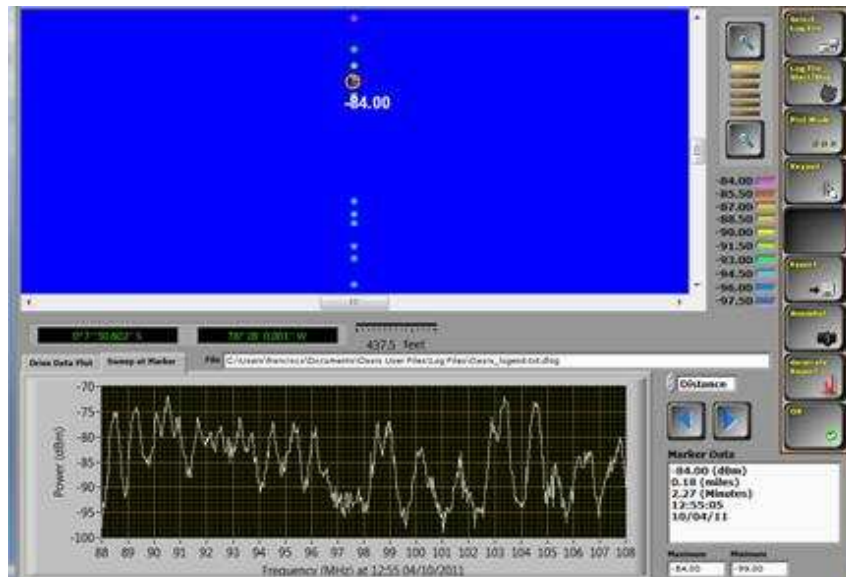
**FIGURA 2.82** Configuración de Análisis de Drive Test

A continuación se presiona el botón Ok en la ventana presentada en la figura 2.82 y se muestra una ventana equivalente a la de la figura 2.83, en la cual se muestra el número de mediciones obtenidas por el programa.




**FIGURA 2.83** Número de mediciones obtenidas

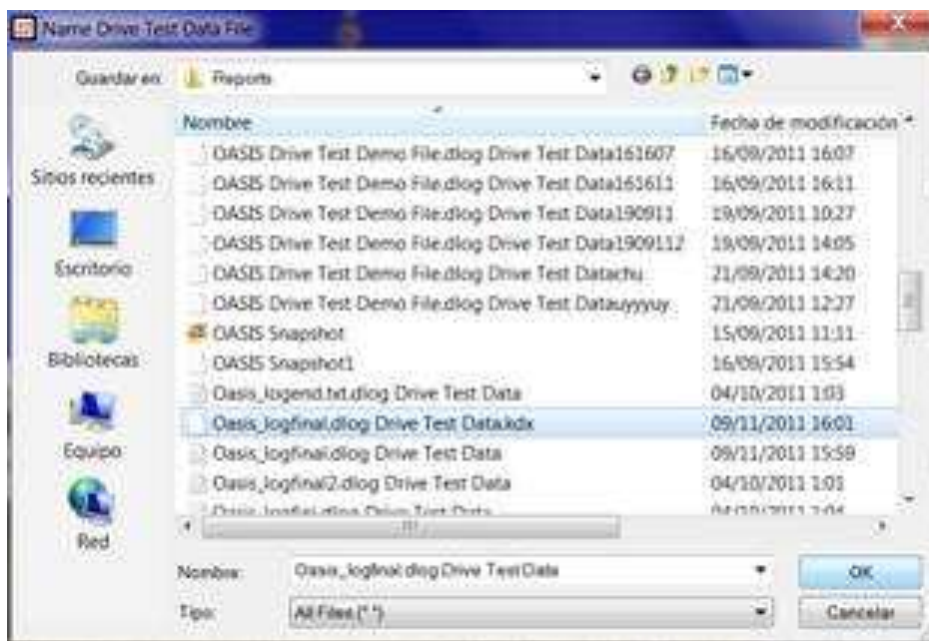
Posteriormente se hace clic en el botón Ok y se muestra una ventana similar a la de la figura 2.84, donde aparecen los puntos que se han medido durante un tramo del trayecto recorrido



**FIGURA 2.84** Puntos obtenidos durante la medición

Finalmente para guardar los datos recopilados por el programa OASIS se hace

uso del botón Export,  el cual permite abrir una ventana idéntica a la de la figura 2.85 y en la que se le asigna automáticamente un nombre en este caso "Oasis\_logfinal\_dlog\_Drive\_Test\_Data", se hace clic en el botón Ok y el software nos envía a la ventana principal del programa.



**FIGURA 2.85** Nombre de los datos del archive Drive Test

Los datos recopilados se pueden abrir ingresando en la ventana Mis documentos Oasis> Reports> Oasis\_logfinal\_dlog\_Drive\_Test\_Data y mediante el programa Word o Bloc de Notas se abre el archivo que contiene los datos que se muestran en las tablas siguientes.

La tabla 2.5 muestra los datos de fecha, latitud, longitud, distancia, potencia y el valor bin correspondientes a la frecuencia 106.5 MHz.

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	106.5 MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-90.23	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-96	2
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.473007	0.047768	-99	0
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-95	2
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-94	3
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.472296	0.096856	-96	2
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.471767	0.134138	-95	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.471579	0.147187	-95	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-96	2
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-95	2
10/04/2011	12:54:04	-0.128757	-78.471401	0.159614	-95	2
10/04/2011	12:54:28	-0.1288026	-78.471155	0.18944	-84	9
10/04/2011	12:54:43	-0.1291979	-78.471083	0.216159	-84	9
10/04/2011	12:54:59	-0.129851	-78.471062	0.260898	-93	4
10/04/2011	12:55:06	-0.130091	-78.471041	0.277675	-84	9
10/04/2011	12:55:09	-0.1301839	-78.47102	0.283889	-84	9
10/04/2011	12:55:14	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-88	7
10/04/2011	12:55:19	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-93	4
10/04/2011	12:55:23	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-94	3
10/04/2011	12:55:39	-0.130296	-78.471034	0.293831	-95	2
10/04/2011	12:55:58	-0.1303359	-78.471181	0.304394	-89	6
10/04/2011	12:56:01	-0.13039	-78.471407	0.32055	-87	8
10/04/2011	12:56:09	-0.130479	-78.471887	0.354725	-95	2
10/04/2011	12:56:15	-0.130552	-78.472217	0.377716	-96	2
10/04/2011	12:56:25	-0.130581	-78.472417	0.391386	-94	3
10/04/2011	12:56:34	-0.1306711	-78.472715	0.413134	-84	9
10/04/2011	12:56:39	-0.130707	-78.472957	0.429911	-96	2
10/04/2011	12:56:48	-0.1307419	-78.473098	0.439853	-95	2
10/04/2011	12:56:56	-0.130762	-78.473234	0.449174	-99	0

Continúa

10/04/2011	12:56:02	-0.130804	-78.473411	0.461601	-87	8
10/04/2011	12:57:07	-0.130804	-78.473411	0.461601	-88	7
10/04/2011	12:57:20	-0.130804	-78.473411	0.461601	-94	3
10/04/2011	12:57:35	-0.130746	-78.473489	0.472164	-89	6
10/04/2011	12:57:48	-0.1304279	-78.473648	0.496397	-99	0
10/04/2011	12:59:00	-0.1296762	-78.473924	0.551699	-84	9
10/04/2011	12:58:08	-0.1293117	-78.47405	0.578418	-96	2
10/04/2011	12:58:16	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-99	0
10/04/2011	12:58:24	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-95	2
10/04/2011	12:58:33	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-94	3
10/04/2011	12:58:41	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-96	2
10/04/2011	12:58:48	-0.1291179	-78.474048	0.591467	-95	2
10/04/2011	12:58:52	-0.1291166	-78.473989	0.595817	-88	7
10/04/2011	12:58:59	-0.1290538	-78.473697	0.617565	-96	2
10/04/2011	12:59:09	-0.1290001	-78.473195	0.649876	-94	3
10/04/2011	12:59:20	-0.1289503	-78.472822	0.674731	-91	5
10/04/2011	12:59:27	-0.1289059	-78.472524	0.696479	-95	2
10/04/2011	12:59:35	-0.1228891	-78.4723	0.712013	-99	0
10/04/2011	12:59:42	-0.1288828	-78.471978	0.730033	-91	5
10/04/2011	12:59:48	-0.128815	-78.471535	0.757995	-94	3
10/04/2011	12:59:53	-0.1287879	-78.4714	0.767316	-90	6
10/04/2011	13:01:00	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-95	2
10/04/2011	13:00:09	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-88	7
10/04/2011	13:00:16	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-95	2
10/04/2011	13:00:22	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-94	3
10/04/2011	13:00:28	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	2
10/04/2011	13:00:36	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-90	6
10/04/2011	13:00:41	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-88	7
10/04/2011	13:00:48	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	2
10/04/2011	13:00:55	-0.128659	-78.47116	0.784714	-91	5
10/04/2011	13:00:59	-0.128751	-78.471153	0.793414	-88	7
10/04/2011	13:01:08	-0.1290511	-78.471111	0.814541	-96	2
10/04/2011	13:01:14	-0.1295609	-78.471067	0.850581	-87	8
10/04/2011	13:01:20	-0.1300578	-78.471021	0.884756	-99	0
10/04/2011	13:01:26	-0.130497	-78.470973	0.915203	-87	8
10/04/2011	13:01:34	-0.130877	-78.470966	0.941301	-94	3
10/04/2011	13:01:40	-0.1314891	-78.470918	0.983554	-90	6
10/04/2011	13:01:47	-0.1316889	-78.470889	0.997224	-95	2
10/04/2011	13:01:54	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-90	6
10/04/2011	13:02:02	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-88	7
10/04/2011	13:02:09	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-90	6

Continúa


10/04/2011	13:02:17	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-95	2
10/04/2011	13:02:25	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-96	2
10/04/2011	13:02:32	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-91	5
10/04/2011	13:02:40	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-95	2
10/04/2011	13:02:46	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-90	6
10/04/2011	13:03:04	-0.131973	-78.471037	1.024563	-94	3
10/04/2011	13:03:10	-0.1320271	-78.471243	1.04134	-99	0
10/04/2011	13:03:22	-0.1321138	-78.471681	1.073651	-88	7
10/04/2011	13:03:27	-0.1321535	-78.471918	1.090428	-96	2
10/04/2011	13:03:34	-0.1322809	-78.472551	1.133924	-87	8
10/04/2011	13:03:48	-0.132467	-78.473615	1.217809	-95	2
10/04/2011	13:04:03	-0.132613	-78.47418	1.258198	-88	7
10/04/2011	13:04:07	-0.1326545	-78.474415	1.275596	-90	6
10/04/2011	13:04:14	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-94	3
10/04/2011	13:04:20	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-96	2
10/04/2011	13:04:36	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-90	6
10/04/2011	13:04:44	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-91	5
10/04/2011	13:04:49	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-90	6
10/04/2011	13:04:50	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-96	2
10/04/2011	13:04:57	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-99	0
10/04/2011	13:05:03	-0.1326667	-78.474768	1.304179	-91	5
10/04/2011	13:05:14	-0.132245	-78.474989	1.33649	-94	3
10/04/2011	13:05:19	-0.1319372	-78.475129	1.359481	-96	2
10/04/2011	13:05:27	-0.1314078	-78.475443	1.402977	-88	7
10/04/2011	13:05:32	-0.1310111	-78.475604	1.432803	-95	2
10/04/2011	13:05:38	-0.1306122	-78.475868	1.465736	-90	6
10/04/2011	13:05:44	-0.1302	-78.476036	1.496183	-94	3
10/04/2011	13:06:12	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-99	0
10/04/2011	13:06:19	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-91	5
10/04/2011	13:06:26	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-90	6
10/04/2011	13:06:32	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-87	8
10/04/2011	13:06:39	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-94	3
10/04/2011	13:06:45	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-99	0
10/04/2011	13:06:51	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-90	6
10/04/2011	13:06:58	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-95	2
10/04/2011	13:07:06	-0.1296636	-78.476399	1.570746	-88	7
10/04/2011	13:07:10	-0.1300233	-78.476626	1.588765	-90	6
10/04/2011	13:07:12	-0.1301121	-78.476238	1.603056	-91	5
10/04/2011	13:07:19	-0.130639	-78.47604	1.64593	-94	3
10/04/2011	13:07:24	-0.131111	-78.475825	1.681969	-92.71	4
10/04/2011	13:07:34	-0.1313492	-78.475638	1.702474	-93	4

Continúa

10/04/2011	13:07:50	-0.131769	-78.475408	1.735406	-92	4
10/04/2011	13:07:56	-0.1318744	-78.475344	1.744105	-98	0
10/04/2011	13:08:02	-0.131918	-78.475311	1.747833	-90	6
10/04/2011	13:08:15	-0.131918	-78.475311	1.747833	-96	2
10/04/2011	13:08:21	-0.131918	-78.475311	1.747833	-92	4
10/04/2011	13:08:27	-0.131918	-78.475311	1.747833	-99	0
10/04/2011	13:08:33	-0.131918	-78.475311	1.747833	-93	4
10/04/2011	13:08:39	-0.131918	-78.475311	1.747833	-92	4
10/04/2011	13:08:45	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-93	4
10/04/2011	13:09:27	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-94	3
10/04/2011	13:09:33	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-99	0
10/04/2011	13:09:41	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-91	5
10/04/2011	13:09:57	0	0	1.752183	-85	1

**TABLA 2.5** Datos obtenidos para la frecuencia 106.5 MHz

Para obtener los datos de las otras cuatro frecuencias seleccionadas, se repite el

proceso desde que se hace clic en el botón Home  luego en el botón

(Tools)  y finalmente en el botón (Drive Test) .

Al oprimir los botones antes mencionados aparece una ventana similar a la de la figura 2.79, donde se advierte que mientras se está utilizando la opción de Drive Test las mediciones se suspenderán. Al seleccionar Ok, aparece otra ventana similar a la de la figura 2.80, en la cual seleccionamos el mismo archivo anterior "Oasis\_logfinal". La ventana que se mostrará es similar a la de la figura 2.81 y para obtener los datos correspondientes a las diferentes frecuencias simplemente en la opción "Start Frequency" (Frecuencia de inicio) se colocan los valores de las frecuencias que se desea saber sus correspondientes valores. Para este caso se seleccionaron las frecuencias 102.1 MHz, 89.3 MHz, 94.1 MHz y 97.7 MHz. Se continúa con cada una de las frecuencias de la misma forma como se obtuvo los datos para la frecuencia 106.5 MHz y se obtiene los datos de cada una tal y como se indica en la tabla 2.6 para la frecuencia 102.1 MHz, la tabla 2.7 para la frecuencia 94.1 MHz, la tabla 2.8 para la frecuencia 89.3 MHz y la tabla 2.9 para la frecuencia 97.7 MHz.



Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	102.1MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-83.1777	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-94	0
10/04/2011	12:53:02	-0.128946	-78.473007	0.047768	-83	5
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-87	3
10/04/2011	12:53:13	-0.128891	-78.472523	0.081322	-92	1
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.472296	0.096856	-72	9
10/04/2011	12:53:34	-0.128791	-78.471767	0.134138	-94	0
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.471579	0.147187	-90	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-76	8
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-86	4
10/04/2011	12:54:04	-0.128757	-78.471401	0.159614	-80	6
10/04/2011	12:54:28	-0.128803	-78.471155	0.18944	-83	5
10/04/2011	12:54:43	-0.129198	-78.471083	0.216159	-91	2
10/04/2011	12:54:59	-0.129851	-78.471062	0.260898	-87	3
10/04/2011	12:55:06	-0.130091	-78.471041	0.277675	-85	4
10/04/2011	12:55:09	-0.130184	-78.47102	0.283889	-72	9
10/04/2011	12:55:14	-0.130239	-78.471028	0.287617	-95	0
10/04/2011	12:55:19	-0.130239	-78.471028	0.287617	-85	4
10/04/2011	12:55:23	-0.130239	-78.471028	0.287617	-90	2
10/04/2011	12:55:39	-0.130296	-78.471034	0.293831	-88	3
10/04/2011	12:55:58	-0.130336	-78.471181	0.304394	-78	7
10/04/2011	12:56:01	-0.13039	-78.471407	0.32055	-88	3
10/04/2011	12:56:09	-0.130479	-78.471887	0.354725	-85	4
10/04/2011	12:56:15	-0.130552	-78.472217	0.377716	-76	8
10/04/2011	12:56:25	-0.130581	-78.472417	0.391386	-88	3
10/04/2011	12:56:34	-0.130671	-78.472715	0.413134	-80	6
10/04/2011	12:56:39	-0.130707	-78.472957	0.429911	-88	3
10/04/2011	12:56:48	-0.130742	-78.473098	0.439853	-72	9
10/04/2011	12:56:56	-0.130762	-78.473234	0.449174	-85	4
10/04/2011	12:56:02	-0.130804	-78.473411	0.461601	-92	1
10/04/2011	12:57:07	-0.130804	-78.473411	0.461601	-95	0
10/04/2011	12:57:20	-0.130804	-78.473411	0.461601	-83	5
10/04/2011	12:57:35	-0.130746	-78.473489	0.472164	-85	4
10/04/2011	12:57:48	-0.130428	-78.473648	0.496397	-85	4
10/04/2011	12:59:00	-0.129676	-78.473924	0.551699	-80	6
10/04/2011	12:58:08	-0.129312	-78.47405	0.578418	-90	2
10/04/2011	12:58:16	-0.129177	-78.474113	0.58836	-92	1
10/04/2011	12:58:24	-0.129177	-78.474113	0.58836	-84	5
10/04/2011	12:58:33	-0.129177	-78.474113	0.58836	-83	5
10/04/2011	12:58:41	-0.129177	-78.474113	0.58836	-92	1

Continúa

10/04/2011	12:58:48	-0.129118	-78.474048	0.591467	-83	5
10/04/2011	12:58:52	-0.129117	-78.473989	0.595817	-88	3
10/04/2011	12:58:59	-0.129054	-78.473697	0.617565	-85	4
10/04/2011	12:59:09	-0.129	-78.473195	0.649876	-88	3
10/04/2011	12:59:20	-0.12895	-78.472822	0.674731	-88	3
10/04/2011	12:59:27	-0.128906	-78.472524	0.696479	-85	4
10/04/2011	12:59:35	-0.122889	-78.4723	0.712013	-95	0
10/04/2011	12:59:42	-0.128883	-78.471978	0.730033	-78	7
10/04/2011	12:59:48	-0.128815	-78.471535	0.757995	-86	4
10/04/2011	12:59:53	-0.128788	-78.4714	0.767316	-81	6
10/04/2011	13:01:00	-0.128769	-78.47135	0.774151	-88	3
10/04/2011	13:00:09	-0.128769	-78.47135	0.774151	-72	9
10/04/2011	13:00:16	-0.128769	-78.47135	0.774151	-87	3
10/04/2011	13:00:22	-0.128769	-78.47135	0.774151	-80	6
10/04/2011	13:00:28	-0.128769	-78.47135	0.774151	-78	7
10/04/2011	13:00:36	-0.128769	-78.47135	0.774151	-90	2
10/04/2011	13:00:41	-0.128769	-78.47135	0.774151	-93	1
10/04/2011	13:00:48	-0.128769	-78.47135	0.774151	-84	5
10/04/2011	13:00:55	-0.128659	-78.47116	0.784714	-75	8
10/04/2011	13:00:59	-0.128751	-78.471153	0.793414	-92	1
10/04/2011	13:01:08	-0.129051	-78.471111	0.814541	-75	8
10/04/2011	13:01:14	-0.129561	-78.471067	0.850581	-88	3
10/04/2011	13:01:20	-0.130058	-78.471021	0.884756	-96	0
10/04/2011	13:01:26	-0.130497	-78.470973	0.915203	-87	3
10/04/2011	13:01:34	-0.130877	-78.470966	0.941301	-78	7
10/04/2011	13:01:40	-0.131489	-78.470918	0.983554	-76	8
10/04/2011	13:01:47	-0.131689	-78.470889	0.997224	-95	0
10/04/2011	13:01:54	-0.131897	-78.470871	1.009651	-85	4
10/04/2011	13:02:02	-0.131897	-78.470871	1.009651	-93	1
10/04/2011	13:02:09	-0.131897	-78.470871	1.009651	-78	7
10/04/2011	13:02:17	-0.131897	-78.470871	1.009651	-88	3
10/04/2011	13:02:25	-0.131897	-78.470871	1.009651	-72	9
10/04/2011	13:02:32	-0.131897	-78.470871	1.009651	-93	1
10/04/2011	13:02:40	-0.131897	-78.470871	1.009651	-84	5
10/04/2011	13:02:46	-0.131897	-78.470871	1.009651	-86	4
10/04/2011	13:03:04	-0.131973	-78.471037	1.024563	-78	7
10/04/2011	13:03:10	-0.132027	-78.471243	1.04134	-91	2
10/04/2011	13:03:22	-0.132114	-78.471681	1.073651	-94	0
10/04/2011	13:03:27	-0.132153	-78.471918	1.090428	-87	3
10/04/2011	13:03:34	-0.132281	-78.472551	1.133924	-81	6
10/04/2011	13:03:48	-0.132467	-78.473615	1.217809	-93	1

Continúa

10/04/2011	13:04:03	-0.132613	-78.47418	1.258198	-90	2
10/04/2011	13:04:07	-0.132655	-78.474415	1.275596	-84	5
10/04/2011	13:04:14	-0.132692	-78.474595	1.288645	-72	9
10/04/2011	13:04:20	-0.132692	-78.474595	1.288645	-72	9
10/04/2011	13:04:36	-0.132692	-78.474595	1.288645	-87	3
10/04/2011	13:04:44	-0.132692	-78.474595	1.288645	-85	4
10/04/2011	13:04:49	-0.132692	-78.474595	1.288645	-90	2
10/04/2011	13:04:50	-0.132692	-78.474595	1.288645	-91	2
10/04/2011	13:04:57	-0.132692	-78.474595	1.288645	-83.2919	5
10/04/2011	13:05:03	-0.132667	-78.474768	1.304179	-93	1
10/04/2011	13:05:14	-0.132245	-78.474989	1.33649	-72	9
10/04/2011	13:05:19	-0.131937	-78.475129	1.359481	-93	1
10/04/2011	13:05:27	-0.131408	-78.475443	1.402977	-90	2
10/04/2011	13:05:32	-0.131011	-78.475604	1.432803	-86	4
10/04/2011	13:05:38	-0.130612	-78.475868	1.465736	-81	6
10/04/2011	13:05:44	-0.1302	-78.476037	1.496183	-88	3
10/04/2011	13:06:12	-0.129618	-78.476281	1.539678	-78	7
10/04/2011	13:06:19	-0.129618	-78.476281	1.539678	-86	4
10/04/2011	13:06:26	-0.129618	-78.476281	1.539678	-90	2
10/04/2011	13:06:32	-0.129618	-78.476281	1.539678	-92	1
10/04/2011	13:06:39	-0.129618	-78.476281	1.539678	-76	8
10/04/2011	13:06:45	-0.129618	-78.476281	1.539678	-88	3
10/04/2011	13:06:51	-0.129618	-78.476281	1.539678	-94	0
10/04/2011	13:06:58	-0.129618	-78.476281	1.539678	-85	4
10/04/2011	13:07:06	-0.129664	-78.476399	1.570746	-88	3
10/04/2011	13:07:10	-0.130023	-78.476626	1.588765	-93	1
10/04/2011	13:07:12	-0.130112	-78.476238	1.603056	-81	6
10/04/2011	13:07:19	-0.130639	-78.47604	1.64593	-83	5
10/04/2011	13:07:24	-0.131111	-78.475825	1.681969	-80	6
10/04/2011	13:07:34	-0.131349	-78.475638	1.702474	-90	2
10/04/2011	13:07:50	-0.131769	-78.475408	1.735406	-88	3
10/04/2011	13:07:56	-0.131874	-78.475344	1.744105	-84	5
10/04/2011	13:08:02	-0.131918	-78.475311	1.747833	-92	1
10/04/2011	13:08:15	-0.131918	-78.475311	1.747833	-87	3
10/04/2011	13:08:21	-0.131918	-78.475311	1.747833	-86	4
10/04/2011	13:08:27	-0.131918	-78.475311	1.747833	-96	0
10/04/2011	13:08:33	-0.131918	-78.475311	1.747833	-90	2
10/04/2011	13:08:39	-0.131918	-78.475311	1.747833	-93	1
10/04/2011	13:08:45	-0.13197	-78.475279	1.752183	-93	1
10/04/2011	13:09:27	-0.13197	-78.475279	1.752183	-92	1

Continúa

10/04/2011	13:09:33	-0.13197	-78.475279	1.752183	-80	6
10/04/2011	13:09:41	-0.13197	-78.475279	1.752183	-78	7
10/04/2011	13:09:57	0	0	1.752183	-81	6

**Tabla 2.6** Datos correspondientes a la frecuencia 102.1 MHz.

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	94.1MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-93.80762	4
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-95	3
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.473007	0.047768	-95	3
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-97	1
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-94	4
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.472296	0.096856	-96	2
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.471767	0.134138	-96	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.471579	0.147187	-96	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-99	0
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-95	3
10/04/2011	12:54:04	-0.128757	-78.471401	0.159614	-96	2
10/04/2011	12:54:28	-0.1288026	-78.471155	0.18944	-88	9
10/04/2011	12:54:43	-0.1291979	-78.471083	0.216159	-89	9
10/04/2011	12:54:59	-0.129851	-78.471062	0.260898	-91	7
10/04/2011	12:55:06	-0.130091	-78.471041	0.277675	-96	2
10/04/2011	12:55:09	-0.1301839	-78.47102	0.283889	-95	3
10/04/2011	12:55:14	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-96	2
10/04/2011	12:55:19	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-94	4
10/04/2011	12:55:23	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-95	3
10/04/2011	12:55:39	-0.130296	-78.471034	0.293831	-98	0
10/04/2011	12:55:58	-0.1303359	-78.471181	0.304394	-92	6
10/04/2011	12:56:01	-0.13039	-78.471407	0.32055	-96	2
10/04/2011	12:56:09	-0.130479	-78.471887	0.354725	-99	0
10/04/2011	12:56:15	-0.130552	-78.472217	0.377716	-94	4
10/04/2011	12:56:25	-0.130581	-78.472417	0.391386	-94	4
10/04/2011	12:56:34	-0.1306711	-78.472715	0.413134	-94	4
10/04/2011	12:56:39	-0.130707	-78.472957	0.429911	-93	5
10/04/2011	12:56:48	-0.1307419	-78.473098	0.439853	-92	6
10/04/2011	12:56:56	-0.130762	-78.473234	0.449174	-95	3
10/04/2011	12:56:02	-0.130804	-78.473411	0.461601	-95	3
10/04/2011	12:57:07	-0.130804	-78.473411	0.461601	-95	3
10/04/2011	12:57:20	-0.130804	-78.473411	0.461601	-92	6
10/04/2011	12:57:35	-0.130746	-78.473489	0.472164	-95	3
10/04/2011	12:57:48	-0.1304279	-78.473648	0.496397	-96	2

Continúa

10/04/2011	12:59:00	-0.1296762	-78.473924	0.551699	-95	3
10/04/2011	12:58:08	-0.1293117	-78.47405	0.578418	-97	1
10/04/2011	12:58:16	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-94	4
10/04/2011	12:58:24	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-96	2
10/04/2011	12:58:33	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-96	2
10/04/2011	12:58:41	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-96	2
10/04/2011	12:58:48	-0.1291179	-78.474048	0.591467	-99	0
10/04/2011	12:58:52	-0.1291166	-78.473989	0.595817	-95	3
10/04/2011	12:58:59	-0.1290538	-78.473697	0.617565	-91	7
10/04/2011	12:59:09	-0.1290001	-78.473195	0.649876	-96	2
10/04/2011	12:59:20	-0.1289503	-78.472822	0.674731	-98	0
10/04/2011	12:59:27	-0.1289059	-78.472524	0.696479	-97	1
10/04/2011	12:59:35	-0.1228891	-78.4723	0.712013	-88	9
10/04/2011	12:59:42	-0.1288828	-78.471978	0.730033	-95	3
10/04/2011	12:59:48	-0.128815	-78.471535	0.757995	-93	5
10/04/2011	12:59:53	-0.1287879	-78.4714	0.767316	-89	9
10/04/2011	13:01:00	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	2
10/04/2011	13:00:09	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-89	9
10/04/2011	13:00:16	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-97	1
10/04/2011	13:00:22	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-91	7
10/04/2011	13:00:28	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-94	4
10/04/2011	13:00:36	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-95	3
10/04/2011	13:00:41	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	2
10/04/2011	13:00:48	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-90	8
10/04/2011	13:00:55	-0.128659	-78.47116	0.784714	-98	0
10/04/2011	13:00:59	-0.128751	-78.471153	0.793414	-95	3
10/04/2011	13:01:08	-0.1290511	-78.471111	0.814541	-97	1
10/04/2011	13:01:14	-0.1295609	-78.471067	0.850581	-96	2
10/04/2011	13:01:20	-0.1300578	-78.471021	0.884756	-93	5
10/04/2011	13:01:26	-0.130497	-78.470973	0.915203	-92	6
10/04/2011	13:01:34	-0.130877	-78.470966	0.941301	-94	4
10/04/2011	13:01:40	-0.1314891	-78.470918	0.983554	-97	1
10/04/2011	13:01:47	-0.1316889	-78.470889	0.997224	-90	8
10/04/2011	13:01:54	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-95	3
10/04/2011	13:02:02	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-99	0
10/04/2011	13:02:09	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-94	4
10/04/2011	13:02:17	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-98	0
10/04/2011	13:02:25	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-91	7
10/04/2011	13:02:32	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-93	5
10/04/2011	13:02:40	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-94.32904	4
10/04/2011	13:02:46	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-92	6

Continúa

10/04/2011	13:03:04	-0.131973	-78.471037	1.024563	-97	1
10/04/2011	13:03:10	-0.1320271	-78.471243	1.04134	-96	2
10/04/2011	13:03:22	-0.1321138	-78.471681	1.073651	-99	0
10/04/2011	13:03:27	-0.1321535	-78.471918	1.090428	-94	4
10/04/2011	13:03:34	-0.1322809	-78.472551	1.133924	-90	8
10/04/2011	13:03:48	-0.132467	-78.473615	1.217809	-99	0
10/04/2011	13:04:03	-0.132613	-78.47418	1.258198	-88	9
10/04/2011	13:04:07	-0.1326545	-78.474415	1.275596	-97	1
10/04/2011	13:04:14	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-95	3
10/04/2011	13:04:20	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-94	4
10/04/2011	13:04:36	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-92	6
10/04/2011	13:04:44	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-91	7
10/04/2011	13:04:49	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-94	4
10/04/2011	13:04:50	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-99	0
10/04/2011	13:04:57	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-96	2
10/04/2011	13:05:03	-0.1326667	-78.474768	1.304179	-96	2
10/04/2011	13:05:14	-0.132245	-78.474989	1.33649	-94	4
10/04/2011	13:05:19	-0.1319372	-78.475129	1.359481	-93	5
10/04/2011	13:05:27	-0.1314078	-78.475443	1.402977	-90	8
10/04/2011	13:05:32	-0.1310111	-78.475604	1.432803	-98	0
10/04/2011	13:05:38	-0.1306122	-78.475868	1.465736	-93	5
10/04/2011	13:05:44	-0.1302	-78.476037	1.496183	-94	4
10/04/2011	13:06:12	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-95	3
10/04/2011	13:06:19	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-96	2
10/04/2011	13:06:26	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-92	6
10/04/2011	13:06:32	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-88	9
10/04/2011	13:06:39	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-99	0
10/04/2011	13:06:45	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-95	3
10/04/2011	13:06:51	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-92	6
10/04/2011	13:06:58	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-96	2
10/04/2011	13:07:06	-0.1296636	-78.476399	1.570746	-91	7
10/04/2011	13:07:10	-0.1300233	-78.476626	1.588765	-95	3
10/04/2011	13:07:12	-0.1301121	-78.476238	1.603056	-98	0
10/04/2011	13:07:19	-0.130639	-78.47604	1.64593	-93	5
10/04/2011	13:07:24	-0.131111	-78.475825	1.681969	-95	3
10/04/2011	13:07:34	-0.1313492	-78.475638	1.702474	-95	3
10/04/2011	13:07:50	-0.131769	-78.475408	1.735406	-88	9
10/04/2011	13:07:56	-0.1318744	-78.475344	1.744105	-96	2
10/04/2011	13:08:02	-0.131918	-78.475311	1.747833	-98	0
10/04/2011	13:08:15	-0.131918	-78.475311	1.747833	-91	7
10/04/2011	13:08:21	-0.131918	-78.475311	1.747833	-92	6

Continúa

10/04/2011	13:08:27	-0.131918	-78.475311	1.747833	-96	2
10/04/2011	13:08:33	-0.131918	-78.475311	1.747833	-95	3
10/04/2011	13:08:39	-0.131918	-78.475311	1.747833	-98	0
10/04/2011	13:08:45	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-95	3
10/04/2011	13:09:27	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-97	1
10/04/2011	13:09:33	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-96	2
10/04/2011	13:09:41	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-94	4
10/04/2011	13:09:57	0	0	1.752183	-96	2

**Tabla 2.7** Datos correspondientes a la frecuencia 94.1 MHz.

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	89.3MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-81.935	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-77	8
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.473007	0.047768	-82	5
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-80	6
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-93	0
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.472296	0.096856	-84	4
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.471767	0.134138	-88	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.471579	0.147187	-83	5
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-81	6
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-78	7
10/04/2011	12:54:04	-0.128757	-78.471401	0.159614	-77	8
10/04/2011	12:54:28	-0.1288026	-78.471155	0.18944	-90	1
10/04/2011	12:54:43	-0.1291979	-78.471083	0.216159	-73	9
10/04/2011	12:54:59	-0.129851	-78.471062	0.260898	-82	5
10/04/2011	12:55:06	-0.130091	-78.471041	0.277675	-80	6
10/04/2011	12:55:09	-0.1301839	-78.47102	0.283889	-89	2
10/04/2011	12:55:14	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-80	6
10/04/2011	12:55:19	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-75	9
10/04/2011	12:55:23	-0.1302388	-78.471028	0.287617	-82	5
10/04/2011	12:55:39	-0.130296	-78.471034	0.293831	-79	7
10/04/2011	12:55:58	-0.1303359	-78.471181	0.304394	-89	2
10/04/2011	12:56:01	-0.13039	-78.471407	0.32055	-80	6
10/04/2011	12:56:09	-0.130479	-78.471887	0.354725	-77	8
10/04/2011	12:56:15	-0.130552	-78.472217	0.377716	-90	1
10/04/2011	12:56:25	-0.130581	-78.472417	0.391386	-83	5
10/04/2011	12:56:34	-0.1306711	-78.472715	0.413134	-77	8
10/04/2011	12:56:39	-0.130707	-78.472957	0.429911	-87	3
10/04/2011	12:56:48	-0.1307419	-78.473098	0.439853	-93	0
10/04/2011	12:56:56	-0.130762	-78.473234	0.449174	-82	5

Continúa

10/04/2011	12:56:02	-0.130804	-78.473411	0.461601	-86	3
10/04/2011	12:57:07	-0.130804	-78.473411	0.461601	-88	2
10/04/2011	12:57:20	-0.130804	-78.473411	0.461601	-82	5
10/04/2011	12:57:35	-0.130746	-78.473489	0.472164	-87	3
10/04/2011	12:57:48	-0.1304279	-78.473648	0.496397	-84	4
10/04/2011	12:59:00	-0.1296762	-78.473924	0.551699	-81	6
10/04/2011	12:58:08	-0.1293117	-78.47405	0.578418	-88	2
10/04/2011	12:58:16	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-91	1
10/04/2011	12:58:24	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-86	3
10/04/2011	12:58:33	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-78	7
10/04/2011	12:58:41	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-90	1
10/04/2011	12:58:48	-0.1291179	-78.474048	0.591467	-73	9
10/04/2011	12:58:52	-0.1291166	-78.473989	0.595817	-87	3
10/04/2011	12:58:59	-0.1290538	-78.473697	0.617565	-88	2
10/04/2011	12:59:09	-0.1290001	-78.473195	0.649876	-77	8
10/04/2011	12:59:20	-0.1289503	-78.472822	0.674731	-89	2
10/04/2011	12:59:27	-0.1289059	-78.472524	0.696479	-83	5
10/04/2011	12:59:35	-0.1228891	-78.4723	0.712013	-82	5
10/04/2011	12:59:42	-0.1288828	-78.471978	0.730033	-77	8
10/04/2011	12:59:48	-0.128815	-78.471535	0.757995	-74	9
10/04/2011	12:59:53	-0.1287879	-78.4714	0.767316	-80	6
10/04/2011	13:01:00	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-82.679	5
10/04/2011	13:00:09	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-77	8
10/04/2011	13:00:16	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-79	7
10/04/2011	13:00:22	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-89	2
10/04/2011	13:00:28	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-84	4
10/04/2011	13:00:36	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-87	3
10/04/2011	13:00:41	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-79	7
10/04/2011	13:00:48	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-83	5
10/04/2011	13:00:55	-0.128659	-78.47116	0.784714	-85	4
10/04/2011	13:00:59	-0.128751	-78.471153	0.793414	-90	1
10/04/2011	13:01:08	-0.1290511	-78.471111	0.814541	-75	9
10/04/2011	13:01:14	-0.1295609	-78.471067	0.850581	-81	6
10/04/2011	13:01:20	-0.1300578	-78.471021	0.884756	-77	8
10/04/2011	13:01:26	-0.130497	-78.470973	0.915203	-90	1
10/04/2011	13:01:34	-0.130877	-78.470966	0.941301	-80	6
10/04/2011	13:01:40	-0.1314891	-78.470918	0.983554	-87	3
10/04/2011	13:01:47	-0.1316889	-78.470889	0.997224	-84	4
10/04/2011	13:01:54	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-80	6
10/04/2011	13:02:02	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-82	5
10/04/2011	13:02:09	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-78	7

Continúa



10/04/2011	13:02:17	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-80	6
10/04/2011	13:02:25	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-93	0
10/04/2011	13:02:32	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-73	9
10/04/2011	13:02:40	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-79.234	6
10/04/2011	13:02:46	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-74	9
10/04/2011	13:03:04	-0.131973	-78.471037	1.024563	-82	5
10/04/2011	13:03:10	-0.1320271	-78.471243	1.04134	-78	7
10/04/2011	13:03:22	-0.1321138	-78.471681	1.073651	-89	2
10/04/2011	13:03:27	-0.1321535	-78.471918	1.090428	-88	2
10/04/2011	13:03:34	-0.1322809	-78.472551	1.133924	-91	1
10/04/2011	13:03:48	-0.132467	-78.473615	1.217809	-86	3
10/04/2011	13:04:03	-0.132613	-78.47418	1.258198	-85	4
10/04/2011	13:04:07	-0.1326545	-78.474415	1.275596	-77	8
10/04/2011	13:04:14	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-80	6
10/04/2011	13:04:20	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-90	1
10/04/2011	13:04:36	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-83	5
10/04/2011	13:04:44	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-90	1
10/04/2011	13:04:49	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-88	2
10/04/2011	13:04:50	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-80	6
10/04/2011	13:04:57	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-84	4
10/04/2011	13:05:03	-0.1326667	-78.474768	1.304179	-93	0
10/04/2011	13:05:14	-0.132245	-78.474989	1.33649	-86	3
10/04/2011	13:05:19	-0.1319372	-78.475129	1.359481	-87	3
10/04/2011	13:05:27	-0.1314078	-78.475443	1.402977	-77	8
10/04/2011	13:05:32	-0.1310111	-78.475604	1.432803	-89	2
10/04/2011	13:05:38	-0.1306122	-78.475868	1.465736	-82	5
10/04/2011	13:05:44	-0.1302	-78.476036	1.496183	-75	9
10/04/2011	13:06:12	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-90	1
10/04/2011	13:06:19	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-87	3
10/04/2011	13:06:26	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-85	4
10/04/2011	13:06:32	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-78	7
10/04/2011	13:06:39	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-88	2
10/04/2011	13:06:45	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-90	1
10/04/2011	13:06:51	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-81	6
10/04/2011	13:06:58	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-73	9
10/04/2011	13:07:06	-0.1296636	-78.476399	1.570746	-93	0
10/04/2011	13:07:10	-0.1300233	-78.476626	1.588765	-86	3
10/04/2011	13:07:12	-0.1301121	-78.476238	1.603056	-75	9
10/04/2011	13:07:19	-0.130639	-78.47604	1.64593	-84	4
10/04/2011	13:07:24	-0.131111	-78.475825	1.681969	-86	3
10/04/2011	13:07:34	-0.1313492	-78.475638	1.702474	-93	0

Continúa

10/04/2011	13:07:50	-0.131769	-78.475408	1.735406	-79	7
10/04/2011	13:07:56	-0.1318744	-78.475344	1.744105	-87	3
10/04/2011	13:08:02	-0.131918	-78.475311	1.747833	-77	8
10/04/2011	13:08:15	-0.131918	-78.475311	1.747833	-86	3
10/04/2011	13:08:21	-0.131918	-78.475311	1.747833	-73	9
10/04/2011	13:08:27	-0.131918	-78.475311	1.747833	-91	1
10/04/2011	13:08:33	-0.131918	-78.475311	1.747833	-89	2
10/04/2011	13:08:39	-0.131918	-78.475311	1.747833	-91	1
10/04/2011	13:08:45	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-88	2
10/04/2011	13:09:27	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-93	0
10/04/2011	13:09:33	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-90	1
10/04/2011	13:09:41	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-93	0
10/04/2011	13:09:57	0	0	1.752183	-86	3

**TABLA 2.8** Datos correspondientes a la frecuencia 89.3 MHz.

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	97.7MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-	4
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-94	2
10/04/2011	12:53:02	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:53:02	0.1289459	-78.473007	0.047768	-96	1
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-87	5
10/04/2011	12:53:13	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:53:13	0.1288909	-78.472523	0.081322	-96	1
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.472296	0.096856	-93	3
10/04/2011	12:53:34	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:53:34	0.1287908	-78.471767	0.134138	-86	6
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.471579	0.147187	-83	7
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-97	1
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-81	8
10/04/2011	12:54:04	-0.128757	-78.471401	0.159614	-99	0
10/04/2011	12:54:28	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:54:28	0.1288026	-78.471155	0.18944	-98	0
10/04/2011	12:54:43	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:54:43	0.1291979	-78.471083	0.216159	-87	5
10/04/2011	12:54:59	-0.129851	-78.471062	0.260898	-93	3
10/04/2011	12:55:06	-0.130091	-78.471041	0.277675	-99	0
10/04/2011	12:55:09	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:55:09	0.1301839	-78.47102	0.283889	-95	2
10/04/2011	12:55:14	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:55:14	0.1302388	-78.471028	0.287617	-91	4
10/04/2011	12:55:19	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:55:19	0.1302388	-78.471028	0.287617	-99	0
10/04/2011	12:55:23	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:55:23	0.1302388	-78.471028	0.287617	-95	2
10/04/2011	12:55:39	-0.130296	-78.471034	0.293831	-97	1
10/04/2011	12:55:58	-	-	-	-	-
10/04/2011	12:55:58	0.1303359	-78.471181	0.304394	-99	0

Continúa

10/04/2011	12:56:01	-0.13039	-78.471407	0.32055	-92	3
10/04/2011	12:56:09	-0.130479	-78.471887	0.354725	-82	8
10/04/2011	12:56:15	-0.130552	-78.472217	0.377716	-87	5
10/04/2011	12:56:25	-0.130581	-78.472417	0.391386	-98	0
10/04/2011	12:56:34	-0.1306711	-78.472715	0.413134	-79.2456	9
10/04/2011	12:56:39	-0.130707	-78.472957	0.429911	-92	3
10/04/2011	12:56:48	-0.1307419	-78.473098	0.439853	-95	2
10/04/2011	12:56:56	-0.130762	-78.473234	0.449174	-96	1
10/04/2011	12:56:02	-0.130804	-78.473411	0.461601	-95	2
10/04/2011	12:57:07	-0.130804	-78.473411	0.461601	-97	1
10/04/2011	12:57:20	-0.130804	-78.473411	0.461601	-98	0
10/04/2011	12:57:35	-0.130746	-78.473489	0.472164	-97	1
10/04/2011	12:57:48	-0.1304279	-78.473648	0.496397	-94	2
10/04/2011	12:59:00	-0.1296762	-78.473924	0.551699	-99	0
10/04/2011	12:58:08	-0.1293117	-78.47405	0.578418	-97	1
10/04/2011	12:58:16	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-87	5
10/04/2011	12:58:24	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-93	3
10/04/2011	12:58:33	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-91	4
10/04/2011	12:58:41	-0.1291765	-78.474113	0.58836	-84	7
10/04/2011	12:58:48	-0.1291179	-78.474048	0.591467	-90	4
10/04/2011	12:58:52	-0.1291166	-78.473989	0.595817	-83	7
10/04/2011	12:58:59	-0.1290538	-78.473697	0.617565	-93	3
10/04/2011	12:59:09	-0.1290001	-78.473195	0.649876	-86	6
10/04/2011	12:59:20	-0.1289503	-78.472822	0.674731	-88	5
10/04/2011	12:59:27	-0.1289059	-78.472524	0.696479	-81	8
10/04/2011	12:59:35	-0.1228891	-78.4723	0.712013	-90	4
10/04/2011	12:59:42	-0.1288828	-78.471978	0.730033	-93	3
10/04/2011	12:59:48	-0.128815	-78.471535	0.757995	-87	5
10/04/2011	12:59:53	-0.1287879	-78.4714	0.767316	-87	5
10/04/2011	13:01:00	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-93	3
10/04/2011	13:00:09	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-90	4
10/04/2011	13:00:16	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-92	3
10/04/2011	13:00:22	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-94	2
10/04/2011	13:00:28	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	1
10/04/2011	13:00:36	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-93	3
10/04/2011	13:00:41	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-96	1
10/04/2011	13:00:48	-0.1287689	-78.47135	0.774151	-94	2
10/04/2011	13:00:55	-0.128659	-78.47116	0.784714	-92	3
10/04/2011	13:00:59	-0.128751	-78.471153	0.793414	-91	4
10/04/2011	13:01:08	-0.1290511	-78.471111	0.814541	-93	3
10/04/2011	13:01:14	-0.1295609	-78.471067	0.850581	-90	4

Continúa

10/04/2011	13:01:20	-0.1300578	-78.471021	0.884756	-94	2
10/04/2011	13:01:26	-0.130497	-78.470973	0.915203	-91	4
10/04/2011	13:01:34	-0.130877	-78.470966	0.941301	-96	1
10/04/2011	13:01:40	-0.1314891	-78.470918	0.983554	-93	3
10/04/2011	13:01:47	-0.1316889	-78.470889	0.997224	-87	5
10/04/2011	13:01:54	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-90	4
10/04/2011	13:02:02	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-86	6
10/04/2011	13:02:09	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-88	5
10/04/2011	13:02:17	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-90	4
10/04/2011	13:02:25	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-83.20196	7
10/04/2011	13:02:32	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-81	8
10/04/2011	13:02:40	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-89.8056	4
10/04/2011	13:02:46	-0.1318968	-78.470871	1.009651	-88	5
10/04/2011	13:03:04	-0.131973	-78.471037	1.024563	-83	7
10/04/2011	13:03:10	-0.1320271	-78.471243	1.04134	-87	5
10/04/2011	13:03:22	-0.1321138	-78.471681	1.073651	-85	6
10/04/2011	13:03:27	-0.1321535	-78.471918	1.090428	-81	8
10/04/2011	13:03:34	-0.1322809	-78.472551	1.133924	-79	9
10/04/2011	13:03:48	-0.132467	-78.473615	1.217809	-86	6
10/04/2011	13:04:03	-0.132613	-78.47418	1.258198	-83	7
10/04/2011	13:04:07	-0.1326545	-78.474415	1.275596	-90	4
10/04/2011	13:04:14	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-79	9
10/04/2011	13:04:20	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-81	8
10/04/2011	13:04:36	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-87	5
10/04/2011	13:04:44	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-86	6
10/04/2011	13:04:49	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-90	4
10/04/2011	13:04:50	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-93	3
10/04/2011	13:04:57	-0.1326921	-78.474595	1.288645	-91	4
10/04/2011	13:05:03	-0.1326667	-78.474768	1.304179	-82	8
10/04/2011	13:05:14	-0.132245	-78.474989	1.33649	-78	9
10/04/2011	13:05:19	-0.1319372	-78.475129	1.359481	-84	7
10/04/2011	13:05:27	-0.1314078	-78.475443	1.402977	-90	4
10/04/2011	13:05:32	-0.1310111	-78.475604	1.432803	-85	6
10/04/2011	13:05:38	-0.1306122	-78.475868	1.465736	-100	0
10/04/2011	13:05:44	-0.1302	-78.476036	1.496183	-97	1
10/04/2011	13:06:12	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-86	6
10/04/2011	13:06:19	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-93	3
10/04/2011	13:06:26	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-94	2
10/04/2011	13:06:32	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-94	2
10/04/2011	13:06:39	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-94	2
10/04/2011	13:06:45	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-84	7

Continúa

10/04/2011	13:06:51	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-91	4
10/04/2011	13:06:58	-0.1296181	-78.476281	1.539678	-93	3
10/04/2011	13:07:06	-0.1296636	-78.476399	1.570746	-94	2
10/04/2011	13:07:10	-0.1300233	-78.476626	1.588765	-92	3
10/04/2011	13:07:12	-0.1301121	-78.476238	1.603056	-94	2
10/04/2011	13:07:19	-0.130639	-78.47604	1.64593	-87	5
10/04/2011	13:07:24	-0.131111	-78.475825	1.681969	-84.7865	6
10/04/2011	13:07:34	-0.1313492	-78.475638	1.702474	-84	7
10/04/2011	13:07:50	-0.131769	-78.475408	1.735406	-82	8
10/04/2011	13:07:56	-0.1318744	-78.475344	1.744105	-94	2
10/04/2011	13:08:02	-0.131918	-78.475311	1.747833	-87	5
10/04/2011	13:08:15	-0.131918	-78.475311	1.747833	-94	2
10/04/2011	13:08:21	-0.131918	-78.475311	1.747833	-87	5
10/04/2011	13:08:27	-0.131918	-78.475311	1.747833	-86	6
10/04/2011	13:08:33	-0.131918	-78.475311	1.747833	-78.6785	9
10/04/2011	13:08:39	-0.131918	-78.475311	1.747833	-94	2
10/04/2011	13:08:45	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-90	4
10/04/2011	13:09:27	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-84	7
10/04/2011	13:09:33	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-91	4
10/04/2011	13:09:41	-0.1319701	-78.475279	1.752183	-94	2
10/04/2011	13:09:57	0	0	1.752183	-90	4

**TABLA 2.9** Datos correspondientes a la frecuencia 97.7 MHz.

## 2.8 TRANSFORMACIÓN DE POTENCIA A CAMPO ELÉCTRICO

El valor obtenido en el software OASIS esta expresado en dBm, pero también se puede obtener en  $[\mu\text{V}/\text{m}]$ , cambiando en la opción “Display Units” de la figura 2.81 “Configuración de Análisis de Drive Test”. Si se quiere obtener estos datos de una manera manual tomamos la ecuación 2.1, mediante la cual se puede transformar el valor de la potencia en (mW). La fórmula 2.1 indica la transformación respectiva de (dBm) a (mW)

$$P_{in} \text{ mW} = 10^{\frac{P_{in}(\text{dBm})}{10}}$$

**ECUACIÓN 2.1** Cambio de potencia en (dBm) a potencia en (mW)

En donde:

$P_{in}$  (mW) = Potencia recibida en mili Watts

$P_{in}$  (dBm) = Potencia recibida en (dBm)

Una vez obtenido el valor de la potencia en (mW) se puede obtener el valor de campo electromagnético en (V/m) con la ecuación 2.2

$$P_{in} = \frac{E^2}{120\pi} \frac{G\lambda^2}{4\pi}$$

**ECUACIÓN 2.2** Potencia de recepción en función del campo eléctrico la ganancia y la frecuencia

Dónde:

E= Campo eléctrico en (V/m)

G=Ganancia de la antena

$\lambda$ = longitud de onda

Con los datos obtenidos en la medición se calcula su respectivo campo eléctrico, así por ejemplo se tiene:

$P_{in}$ = -88 [dBm] uno de los valores medidos

Con la ecuación 2.1 se tiene

$$P_{in} \text{ mW} = 10^{\frac{(-88\text{dBm})}{10}}$$

$$P_{in} \text{ mW} = 1.58 \times 10^{-9} [\text{mW}]$$

Para hacer uso de la ecuación 2.2 se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

G=Ganancia de la antena

$\lambda$ = longitud de onda

$P_{in}$ = Potencia de entrada en [w]

La ganancia de la antena utilizada en las mediciones presenta un valor igual a 20 [dBm] equivalente a G=100

La longitud de onda se obtiene a partir de la frecuencia  $f = 106.5$  [MHz] y de la relación  $\lambda = c/f$  donde  $c = 3 \times 10^8$  [m/s] representa la velocidad de la luz. El valor respectivo de  $\lambda$  corresponde a  $\lambda = 2.816$  [m]

Se utiliza la ecuación 2.2

$$P_{in} = \frac{E^2}{120\pi} \frac{G\lambda^2}{4\pi}$$

Reemplazando los respectivos valores se obtiene la siguiente expresión:

$$1.58 \times 10^{-12} = \frac{E^2}{120\pi} \frac{(100) \times 2.816^2}{4\pi}$$

Se despeja el campo eléctrico y se realiza las operaciones adecuadas de multiplicación, división y radicación.

$$E = 3.072 \text{ } [\mu\text{V/m}]$$

Para obtener el resto de valores de campo se realiza un procedimiento igual al mencionado anteriormente con los diferentes valores de  $P_{in}$ .

Las tablas a continuación muestran los valores obtenidos de campo eléctrico en dBm, (dB $\mu$ V/m) y  $\mu$ V/m.

102.1MHz (dBm)	102.1MHz (dB $\mu$ V/m)	102.1MHz ( $\mu$ V/m)
-83.1777	23.812	0.07756673
-94	12.9897	0.00641868
-83	23.9897	0.08080635
-87	19.9897	0.03216959
-92	14.9897	0.01017292
-72	34.9897	1.01729163
-94	12.9897	0.00641868
-90	16.9897	0.01612299
-76	30.9897	0.40499109

Continúa

-86	20.9897	0.04049911
-80	26.9897	0.16122986
-83	23.9897	0.08080635
-91	15.9897	0.01280694
-87	19.9897	0.03216959
-85	21.9897	0.05098536
-72	34.9897	1.01729163
-95	11.9897	0.00509854
-85	21.9897	0.05098536
-90	16.9897	0.01612299
-88	18.9897	0.02555321
-78	28.9897	0.2555321
-88	18.9897	0.02555321
-85	21.9897	0.05098536
-76	30.9897	0.40499109
-88	18.9897	0.02555321
-80	26.9897	0.16122986
-88	18.9897	0.02555321
-72	34.9897	1.01729163
-85	21.9897	0.05098536
-92	14.9897	0.01017292
-95	11.9897	0.00509854
-83	23.9897	0.08080635
-85	21.9897	0.05098536
-85	21.9897	0.05098536
-80	26.9897	0.16122986
-90	16.9897	0.01612299
-92	14.9897	0.01017292
-84	22.9897	0.06418676
-83	23.9897	0.08080635
-92	14.9897	0.01017292
-83	23.9897	0.08080635
-88	18.9897	0.02555321
-85	21.9897	0.05098536
-88	18.9897	0.02555321
-88	18.9897	0.02555321
-85	21.9897	0.05098536
-95	11.9897	0.00509854
-78	28.9897	0.2555321
-86	20.9897	0.04049911
-81	25.9897	0.12806943

Continúa



-88	18.9897	0.02555321
-72	34.9897	1.01729163
-87	19.9897	0.03216959
-80	26.9897	0.16122986
-78	28.9897	0.2555321
-90	16.9897	0.01612299
-93	13.9897	0.00808064
-84	22.9897	0.06418676
-75	31.9897	0.50985358
-92	14.9897	0.01017292
-75	31.9897	0.50985358
-88	18.9897	0.02555321
-96	10.9897	0.00404991
-87	19.9897	0.03216959
-78	28.9897	0.2555321
-76	30.9897	0.40499109
-95	11.9897	0.00509854
-85	21.9897	0.05098536
-93	13.9897	0.00808064
-78	28.9897	0.2555321
-88	18.9897	0.02555321
-72	34.9897	1.01729163
-93	13.9897	0.00808064
-84	22.9897	0.06418676
-86	20.9897	0.04049911
-78	28.9897	0.2555321
-91	15.9897	0.01280694
-94	12.9897	0.00641868
-87	19.9897	0.03216959
-81	25.9897	0.12806943
-93	13.9897	0.00808064
-90	16.9897	0.01612299
-84	22.9897	0.06418676
-72	34.9897	1.01729163
-72	34.9897	1.01729163
-87	19.9897	0.03216959
-85	21.9897	0.05098536
-90	16.9897	0.01612299
-91	15.9897	0.01280694
-83.2919	23.6978	0.07555365
-93	13.9897	0.00808064

Continúa

-72	34.9897	1.01729163
-93	13.9897	0.00808064
-90	16.9897	0.01612299
-86	20.9897	0.04049911
-81	25.9897	0.12806943
-88	18.9897	0.02555321
-78	28.9897	0.2555321
-86	20.9897	0.04049911
-90	16.9897	0.01612299
-92	14.9897	0.01017292
-76	30.9897	0.40499109
-88	18.9897	0.02555321
-94	12.9897	0.00641868
-85	21.9897	0.05098536
-88	18.9897	0.02555321
-93	13.9897	0.00808064
-81	25.9897	0.12806943
-83	23.9897	0.08080635
-80	26.9897	0.16122986
-90	16.9897	0.01612299
-88	18.9897	0.02555321
-84	22.9897	0.06418676
-92	14.9897	0.01017292
-87	19.9897	0.03216959
-86	20.9897	0.04049911
-96	10.9897	0.00404991
-90	16.9897	0.01612299
-93	13.9897	0.00808064
-93	13.9897	0.00808064
-92	14.9897	0.01017292
-80	26.9897	0.16122986
-78	28.9897	0.2555321
-81	25.9897	0.12806943

**Tabla 2.10** Valores de campo eléctrico para la frecuencia 102.1MHz

106.5 MHz (dBm)	106.5MHz (dBuV/m)	<b>106.5MHz (uV/m)</b>
-90.23	16.7597	0.01595032
-96	10.9897	0.00422444
-99	7.9897	0.00211724
-95	11.9897	0.00531826

Continúa

-94	12.9897	0.00669529
-96	10.9897	0.00422444
-95	11.9897	0.00531826
-95	11.9897	0.00531826
-96	10.9897	0.00422444
-95	11.9897	0.00531826
-95	11.9897	0.00531826
-84	22.9897	0.06695289
-84	22.9897	0.06695289
-93	13.9897	0.00842887
-84	22.9897	0.06695289
-84	22.9897	0.06695289
-88	18.9897	0.02665443
-93	13.9897	0.00842887
-94	12.9897	0.00669529
-95	11.9897	0.00531826
-89	17.9897	0.02117236
-87	19.9897	0.03355593
-95	11.9897	0.00531826
-96	10.9897	0.00422444
-94	12.9897	0.00669529
-84	22.9897	0.06695289
-96	10.9897	0.00422444
-95	11.9897	0.00531826
-99	7.9897	0.00211724
-87	19.9897	0.03355593
-88	18.9897	0.02665443
-94	12.9897	0.00669529
-89	17.9897	0.02117236
-99	7.9897	0.00211724
-84	22.9897	0.06695289
-96	10.9897	0.00422444
-99	7.9897	0.00211724
-95	11.9897	0.00531826
-94	12.9897	0.00669529
-96	10.9897	0.00422444
-95	11.9897	0.00531826
-88	18.9897	0.02665443
-96	10.9897	0.00422444
-94	12.9897	0.00669529
-91	15.9897	0.01335886

Continúa

-95	11.9897	0.00531826
-99	7.9897	0.00211724
-91	15.9897	0.01335886
-94	12.9897	0.00669529
-90	16.9897	0.01681781
-95	11.9897	0.00531826
-88	18.9897	0.02665443
-95	11.9897	0.00531826
-94	12.9897	0.00669529
-96	10.9897	0.00422444
-90	16.9897	0.01681781
-88	18.9897	0.02665443
-96	10.9897	0.00422444
-91	15.9897	0.01335886
-88	18.9897	0.02665443
-96	10.9897	0.00422444
-87	19.9897	0.03355593
-99	7.9897	0.00211724
-87	19.9897	0.03355593
-94	12.9897	0.00669529
-90	16.9897	0.01681781
-95	11.9897	0.00531826
-90	16.9897	0.01681781
-88	18.9897	0.02665443
-90	16.9897	0.01681781
-95	11.9897	0.00531826
-96	10.9897	0.00422444
-91	15.9897	0.01335886
-95	11.9897	0.00531826
-90	16.9897	0.01681781
-94	12.9897	0.00669529
-99	7.9897	0.00211724
-88	18.9897	0.02665443
-96	10.9897	0.00422444
-87	19.9897	0.03355593
-95	11.9897	0.00531826
-88	18.9897	0.02665443
-90	16.9897	0.01681781
-94	12.9897	0.00669529
-96	10.9897	0.00422444
-90	16.9897	0.01681781

Continúa

-91	15.9897	0.01335886
-90	16.9897	0.01681781
-96	10.9897	0.00422444
-99	7.9897	0.00211724
-91	15.9897	0.01335886
-94	12.9897	0.00669529
-96	10.9897	0.00422444
-88	18.9897	0.02665443
-95	11.9897	0.00531826
-90	16.9897	0.01681781
-94	12.9897	0.00669529
-99	7.9897	0.00211724
-91	15.9897	0.01335886
-90	16.9897	0.01681781
-87	19.9897	0.03355593
-94	12.9897	0.00669529
-99	7.9897	0.00211724
-90	16.9897	0.01681781
-95	11.9897	0.00531826
-88	18.9897	0.02665443
-90	16.9897	0.01681781
-91	15.9897	0.01335886
-94	12.9897	0.00669529
-92.71	14.2797	0.00901092
-93	13.9897	0.00842887
-92	14.9897	0.01061132
-98	8.9897	0.00266544
-90	16.9897	0.01681781
-96	10.9897	0.00422444
-92	14.9897	0.01061132
-99	7.9897	0.00211724
-93	13.9897	0.00842887
-92	14.9897	0.01061132
-93	13.9897	0.00842887
-94	12.9897	0.00669529
-99	7.9897	0.00211724
-91	15.9897	0.01335886
-85	21.9897	0.05318257

**Tabla 2.11** Valores de campo eléctrico para la frecuencia 106.5MHz

94.1MHz (dBm)	94.1MHz (dBuV/m)	94.1MHz (uV/m)
-93.80762	13.18208	<b>0.00618368</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-88	18.9897	<b>0.023551</b>
-89	17.9897	<b>0.01870722</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>

Continúa

-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-88	18.9897	<b>0.023551</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-89	17.9897	<b>0.01870722</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-89	17.9897	<b>0.01870722</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-90	16.9897	<b>0.01485968</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-90	16.9897	<b>0.01485968</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-94.32904	12.66066	<b>0.0054841</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-90	16.9897	<b>0.01485968</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-88	18.9897	<b>0.023551</b>

Continúa

-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-90	16.9897	<b>0.01485968</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-88	18.9897	<b>0.023551</b>
-99	7.9897	<b>0.00187072</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-93	13.9897	<b>0.00744748</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-88	18.9897	<b>0.023551</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-91	15.9897	<b>0.01180346</b>
-92	14.9897	<b>0.00937582</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-98	8.9897	<b>0.0023551</b>
-95	11.9897	<b>0.00469904</b>
-97	9.9897	<b>0.0029649</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>
-94	12.9897	<b>0.00591574</b>
-96	10.9897	<b>0.00373258</b>

**Tabla 2.12** Valores de campo eléctrico para la frecuencia 94.1MHz



89.3MHz (dBm)	89.3MHz (dBuV/m)	89.3MHz (uV/m)
-81.935	<b>25.0547</b>	<b>0.09031735</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.00706759</b>
-84	<b>22.9897</b>	<b>0.05613984</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02234967</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.07067587</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.11201371</b>
-78	<b>28.9897</b>	<b>0.22349674</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01410169</b>
-73	<b>33.9897</b>	<b>0.70675874</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-89	<b>17.9897</b>	<b>0.01775298</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-75	<b>31.9897</b>	<b>0.44593462</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-79	<b>27.9897</b>	<b>0.17752977</b>
-89	<b>17.9897</b>	<b>0.01775298</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01410169</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.07067587</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.02813657</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.00706759</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.03542185</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02234967</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.02813657</b>
-84	<b>22.9897</b>	<b>0.05613984</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.11201371</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02234967</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01120137</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.03542185</b>
-78	<b>28.9897</b>	<b>0.22349674</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01410169</b>

Continúa

-73	<b>33.9897</b>	<b>0.70675874</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.02813657</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02234967</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-89	<b>17.9897</b>	<b>0.01775298</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.07067587</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-74	<b>32.9897</b>	<b>0.56139842</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-82.679	<b>24.3107</b>	<b>0.07609764</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-79	<b>27.9897</b>	<b>0.17752977</b>
-89	<b>17.9897</b>	<b>0.01775298</b>
-84	<b>22.9897</b>	<b>0.05613984</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.02813657</b>
-79	<b>27.9897</b>	<b>0.17752977</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.07067587</b>
-85	<b>21.9897</b>	<b>0.04459346</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01410169</b>
-75	<b>31.9897</b>	<b>0.44593462</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.11201371</b>
-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01410169</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.02813657</b>
-84	<b>22.9897</b>	<b>0.05613984</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-78	<b>28.9897</b>	<b>0.22349674</b>
-80	<b>26.9897</b>	<b>0.14101691</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.00706759</b>
-73	<b>33.9897</b>	<b>0.70675874</b>
-79.234	<b>27.7557</b>	<b>0.1682175</b>
-74	<b>32.9897</b>	<b>0.56139842</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.08897565</b>
-78	<b>28.9897</b>	<b>0.22349674</b>
-89	<b>17.9897</b>	<b>0.01775298</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02234967</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01120137</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.03542185</b>
-85	<b>21.9897</b>	<b>0.04459346</b>

Continúa

-77	29.9897	0.28136572
-80	26.9897	0.14101691
-90	16.9897	0.01410169
-83	23.9897	0.07067587
-90	16.9897	0.01410169
-88	18.9897	0.02234967
-80	26.9897	0.14101691
-84	22.9897	0.05613984
-93	13.9897	0.00706759
-86	20.9897	0.03542185
-87	19.9897	0.02813657
-77	29.9897	0.28136572
-89	17.9897	0.01775298
-82	24.9897	0.08897565
-75	31.9897	0.44593462
-90	16.9897	0.01410169
-87	19.9897	0.02813657
-85	21.9897	0.04459346
-78	28.9897	0.22349674
-88	18.9897	0.02234967
-90	16.9897	0.01410169
-81	25.9897	0.11201371
-73	33.9897	0.70675874
-93	13.9897	0.00706759
-86	20.9897	0.03542185
-75	31.9897	0.44593462
-84	22.9897	0.05613984
-86	20.9897	0.03542185
-93	13.9897	0.00706759
-79	27.9897	0.17752977
-87	19.9897	0.02813657
-77	29.9897	0.28136572
-86	20.9897	0.03542185
-73	33.9897	0.70675874
-91	15.9897	0.01120137
-89	17.9897	0.01775298
-91	15.9897	0.01120137
-88	18.9897	0.02234967
-93	13.9897	0.00706759
-90	16.9897	0.01410169
-93	13.9897	0.00706759
-86	20.9897	0.03542185

**Tabla 2.13** Valores de campo eléctrico para la frecuencia 89.3MHz

97.7MHz (dBm)	97.7MHz (dBuV/m)	97.7MHz (uV/m)
-		
89.97927	<b>17.01043</b>	<b>0.01550198</b>
-94	<b>12.9897</b>	<b>0.00614206</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.0387538</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.077324</b>
-97	<b>9.9897</b>	<b>0.00307832</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.12255028</b>
-99	<b>7.9897</b>	<b>0.00194229</b>
-98	<b>8.9897</b>	<b>0.0024452</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-99	<b>7.9897</b>	<b>0.00194229</b>
-95	<b>11.9897</b>	<b>0.00487881</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01225503</b>
-99	<b>7.9897</b>	<b>0.00194229</b>
-95	<b>11.9897</b>	<b>0.00487881</b>
-97	<b>9.9897</b>	<b>0.00307832</b>
-99	<b>7.9897</b>	<b>0.00194229</b>
-92	<b>14.9897</b>	<b>0.00973451</b>
-82	<b>24.9897</b>	<b>0.09734514</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-98	<b>8.9897</b>	<b>0.0024452</b>
-79.2456	<b>27.7441</b>	<b>0.18354996</b>
-92	<b>14.9897</b>	<b>0.00973451</b>
-95	<b>11.9897</b>	<b>0.00487881</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-95	<b>11.9897</b>	<b>0.00487881</b>
-97	<b>9.9897</b>	<b>0.00307832</b>
-98	<b>8.9897</b>	<b>0.0024452</b>
-97	<b>9.9897</b>	<b>0.00307832</b>
-94	<b>12.9897</b>	<b>0.00614206</b>
-99	<b>7.9897</b>	<b>0.00194229</b>
-97	<b>9.9897</b>	<b>0.00307832</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01225503</b>

Continúa

-77	<b>29.9897</b>	<b>0.28136572</b>
-84	<b>22.9897</b>	<b>0.06142063</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.077324</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.0387538</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02445199</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.12255028</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-92	<b>14.9897</b>	<b>0.00973451</b>
-94	<b>12.9897</b>	<b>0.00614206</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-94	<b>12.9897</b>	<b>0.00614206</b>
-92	<b>14.9897</b>	<b>0.00973451</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01225503</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-94	<b>12.9897</b>	<b>0.00614206</b>
-91	<b>15.9897</b>	<b>0.01225503</b>
-96	<b>10.9897</b>	<b>0.00387538</b>
-93	<b>13.9897</b>	<b>0.0077324</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-86	<b>20.9897</b>	<b>0.0387538</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02445199</b>
-90	<b>16.9897</b>	<b>0.01542817</b>
-		
83.20196	<b>23.78774</b>	<b>0.07381052</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.12255028</b>
-89.8056	<b>17.1841</b>	<b>0.01613445</b>
-88	<b>18.9897</b>	<b>0.02445199</b>
-83	<b>23.9897</b>	<b>0.077324</b>
-87	<b>19.9897</b>	<b>0.03078324</b>
-85	<b>21.9897</b>	<b>0.04878814</b>
-81	<b>25.9897</b>	<b>0.12255028</b>
-79	<b>27.9897</b>	<b>0.1942291</b>

Continúa

-86	20.9897	0.0387538
-83	23.9897	0.077324
-90	16.9897	0.01542817
-79	27.9897	0.1942291
-81	25.9897	0.12255028
-87	19.9897	0.03078324
-86	20.9897	0.0387538
-90	16.9897	0.01542817
-93	13.9897	0.0077324
-91	15.9897	0.01225503
-82	24.9897	0.09734514
-78	28.9897	0.24451995
-84	22.9897	0.06142063
-90	16.9897	0.01542817
-85	21.9897	0.04878814
-100	6.9897	0.00154282
-97	9.9897	0.00307832
-86	20.9897	0.0387538
-93	13.9897	0.0077324
-94	12.9897	0.00614206
-94	12.9897	0.00614206
-94	12.9897	0.00614206
-84	22.9897	0.06142063
-91	15.9897	0.01225503
-93	13.9897	0.0077324
-94	12.9897	0.00614206
-92	14.9897	0.00973451
-94	12.9897	0.00614206
-87	19.9897	0.03078324
-84.7865	22.2032	0.05124651
-84	22.9897	0.06142063
-82	24.9897	0.09734514
-94	12.9897	0.00614206
-87	19.9897	0.03078324
-94	12.9897	0.00614206
-87	19.9897	0.03078324
-86	20.9897	0.0387538
-78.6785	28.3112	0.20915309
-94	12.9897	0.00614206
-90	16.9897	0.01542817
-84	22.9897	0.06142063
-91	15.9897	0.01225503
-94	12.9897	0.00614206
-90	16.9897	0.01542817

**Tabla 2.14** Valores de campo eléctrico para la frecuencia 97.7MHz

## **CAPÍTULO 3. OBTENCIÓN DEL MAPA DE LOS NIVELES DE CAMPO ELECTROMAGNETICO PRODUCIDO POR LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN FM EN LA CIUDAD DE QUITO**

Con la recopilación de datos realizada en el capítulo 2, se precede a obtener el mapa de niveles de potencia. En este capítulo se obtendrá un mapa para las emisoras que tienen concedidas las frecuencias 102.1 MHz, 106.5 MHz, 89.3 MHz, 94.1 MHz y 97.7 MHz, si se utiliza la opción de rango de frecuencia en el software OASIS para obtener los datos de medición, los valores que se obtienen en las mediciones son los que corresponden al valor más alto de nivel de potencia de las diferentes frecuencias.

En base a los datos recopilados, se obtiene los diferentes mapas de nivel de señal, de acuerdo a la respectiva frecuencia mediante el software Google Earth Pro, este programa tiene compatibilidad con el software OASIS, los datos almacenados en el software OASIS pueden ser exportados al programa Google Earth Pro

### **3.1 ANÁLISIS PREVIO**

Para obtener el resultado final, los mapas de niveles de potencia, se hizo uso básicamente de equipo de medición y software de aplicación. Las frecuencias a medir y el lugar donde se realizó la medición fueron determinado por diferentes parámetros.

#### **3.1.1 ANÁLISIS PARA USO DE EQUIPO**

El equipo utilizado para detectar la potencia de frecuencia es el analizador de espectros Willtek 9101, se optó por escoger este equipo por la facilidad de uso para realizar las mediciones de los diferentes niveles de potencia de frecuencia en un determinado rango de frecuencias y la manera en que estos son presentados, adicionalmente los datos medidos se pueden exportar fácilmente a otros programas de uso común.

La antena receptora GPS GLOBALSAT BU-353 fue seleccionada para realizar las mediciones de posición, la latitud y la longitud son los datos que se pueden medir con este dispositivo con el uso de protocolo NMEA, el cual es el protocolo usado para receptores GPS. Entre las características principales para hacer uso de este dispositivo tenemos el bajo costo en el que se puede encontrar en el mercado, su pequeño tamaño permite llevarlo con mayor facilidad y su base imantada posibilita colocarla en la parte externa del techo de un vehículo, lo cual sirve para poder tener una mejor recepción por parte de los satélites con respecto a la medición de la latitud y la longitud. Como una propiedad adicional se incluye el conector USB que posee la antena receptora GPS, este conector permite una conexión fácil al computador y una transmisión de datos rápida.

### **3.1.2 ANÁLISIS DE SOFTWARE UTILIZADO**

Los programas principales que se utilizaron para la obtención de los datos recopilados son:

- Software OASIS
- Software Google Earth Pro

El Software OASIS desarrollado por la empresa SUMMITEK y distribuido por la empresa KAELUS se utiliza por la sencillez que este programa presenta, para la visualización de datos en una forma gráfica, también por la compatibilidad que presenta con varios de los equipos utilizados en telecomunicaciones, especialmente con analizadores de espectros de frecuencia y con receptores GPS, un limitante que presenta este software es el costo alto que presenta, pero las funciones que el programa brinda son diversas, aplicables y de fácil manejo.

El software Google Earth Pro se usa por la alta difusión que existe en el mercado como software GIS (Geographical Information System), por las muchas aplicaciones que este programa presenta, por la facilidad con la que se le puede maniobrar y por la compatibilidad que este posee con el software OASIS.



### **3.1.3 ANÁLISIS PARA SELECCIÓN DE FRECUENCIAS FM**

Los valores de frecuencia que se tomaron para el proceso de obtención de datos son 102.1 MHz, 106.5 MHz, 89.3 MHz, 94.1 MHz y 97.7 MHz, las cuales se tomaron de una manera aleatoria considerando que todas tienen los mismos parámetros para ser elegidas.

### **3.1.4 ANALISIS PARA SELECCIÓN DEL SECTOR**

Existen sectores donde la recepción de FM es baja o mala, tal es el caso de barrios como Toctiuco, Miraflores alto y algunos barrios ubicados al noroccidente de Quito entre ellos se cita el caso del barrio San Vicente, La Pulida, La Roldos existen también otros al suroccidente de Quito como Reino de Quito, Santa Rosa de Chillogallo y algunos otros barrios que se encuentran cerca de bosques. La razón para que estos barrios posean una recepción de señal baja es que se encuentran cerca de las antenas transmisoras pero no reflejan la señal directamente por que la geografía de la montaña no permite y el bosque cercano a estos barrios bloquea la línea de vista directa. No se hizo la medición en estos barrios por cuestiones de seguridad y porque la pobre recepción de señal no permite obtener varios datos para poder visualizar un mapa adecuado. La baja señal en estos lugares se da debido a la geografía que estas zonas presentan, este problema puede ser corregido con uno o varios repetidores.

Para las mediciones de señal de emisoras FM se tomó en cuenta lugares donde posiblemente se hace mayor uso de la radio FM, como es el caso del sector industrial norte de Quito, se tomó este lugar no solo por la cantidad de fábricas que existen en este lugar sino también por el número de personas que circulan por este sitio en días laborables.

## **3.2 OBTENCION DEL MAPA DE NIVELES DE POTENCIA**

Para realizar la obtención del mapa de niveles de potencia, hacemos uso de los datos recopilados mediante el software OASIS como se presentó en el capítulo anterior y con ayuda del programa Google Earth Pro versión gratuita, la cual tiene una duración de siete días.

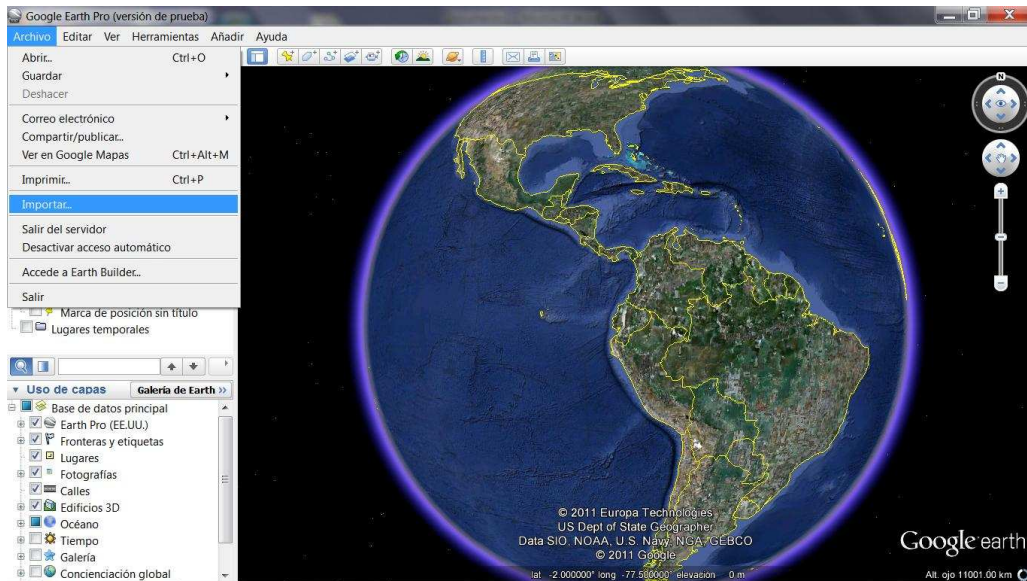
Si se desea adquirir la licencia de la versión oficial del programa Google Earth Pro tiene un costo \$400 dólares en forma de suscripción anual para un único usuario, en el caso de adquirir un volumen mayor o igual a 11 licencias se obtiene un descuento, las licencias de este software están disponibles para sistemas operativos como Windows en las versiones (2000, XP y Vista) y para Mac OS X (10.4.x o versiones superiores). Actualmente no existe compatibilidad con sistemas operativos que funcionan en 64 bits como Microsoft Windows XP Professional x64 y todas las versiones de 64 bits de Microsoft Vista.

Después de instalar el programa Google Earth Pro, aparece un icono de acceso directo con el nombre de este programa en el escritorio del computador. Se inicia el programa haciendo doble clic con el botón izquierdo del mouse en el icono de acceso directo de Google Earth Pro como se presenta en la figura 3.1



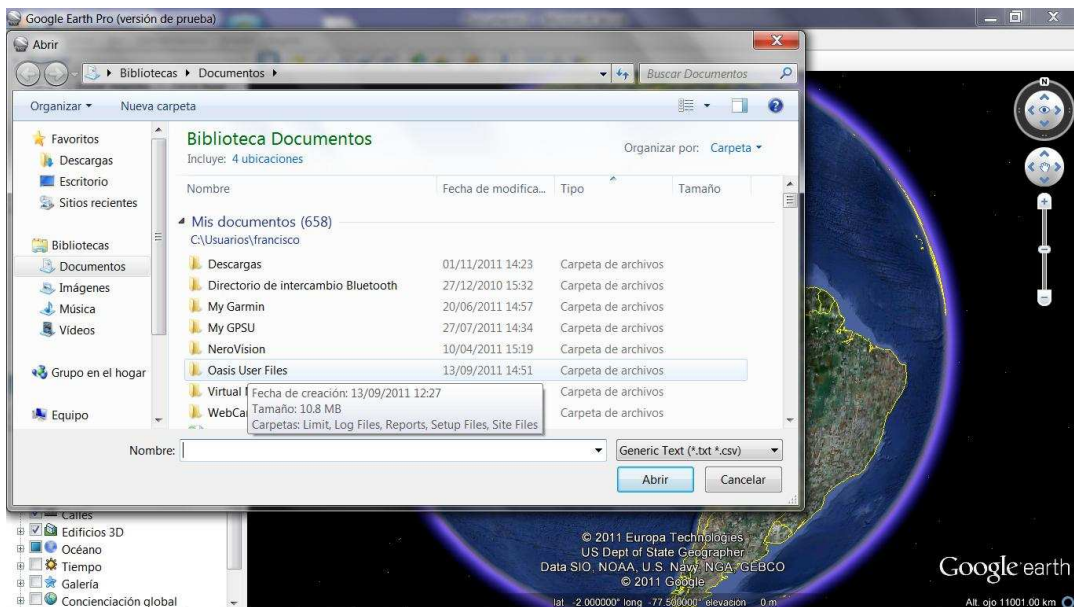
**FIGURA 3.1** Acceso directo a Google Earth Pro

En la ventana inicial del software Google Earth Pro, se selecciona en la barra de herramientas la opción Archivo y luego se elige la alternativa Importar como se muestra en la figura 3.2



**FIGURA 3.2** Ventana inicial de Google Earth Pro

La ventana que aparece en la figura 3.3, indica las carpetas posibles donde se puede encontrar el archivo requerido para procesarlo, en esta ocasión el o los archivos se encuentran ubicados en la carpeta Oasis User Files.



**FIGURA 3.3** Ventana de posibles archivos para procesarlos

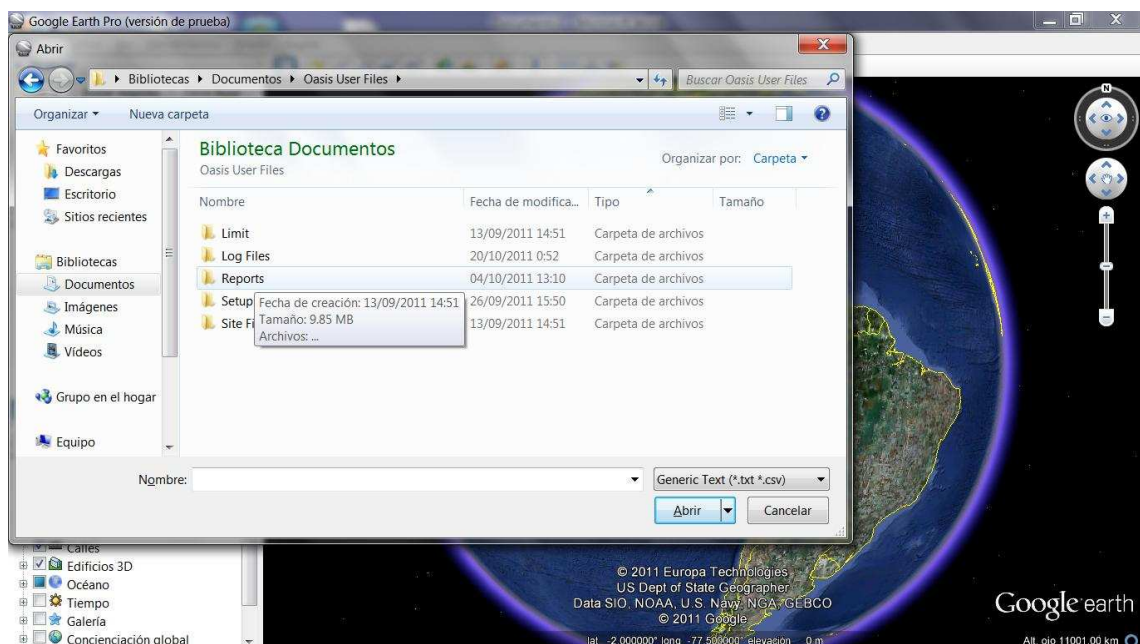
Al elegir la opción Oasis User Files se exhibe una nueva ventana con todas las carpetas que este archivo posee, en esta carpeta están localizados todos los archivos que se generan a través del software OASIS.

La carpeta Oasis User Files presenta las siguientes carpetas

- Setup Files
- Limit
- Log Files
- Reports
- Site Files

Las carpetas antes enunciadas almacenan los diferentes tipos de información de acuerdo al tipo de archivo que se requiere. En el desarrollo de mapas de niveles de señal o de tipo Drive Test los archivos almacenados por el software Oasis están ubicados en la carpeta Reports.

En la figura 3.4 se observa las carpetas contenidas en la carpeta Oasis User Files.



**FIGURA 3.4** Carpetas contenidas en la carpeta Oasis User Files

En la ventana mostrada en la figura 3.4, se elige la carpeta Reports y se abre otra ventana similar a la de la figura 3.5. La carpeta Reports del programa OASIS posee todos los reportes de los datos almacenados con anterioridad, estos datos están almacenados como diferentes tipos de formatos y se pueden visualizar con

el programa OASIS o se pueden exportar desde el programa OASIS, para poder visualizarlos con otros programas conocidos como bloc de notas, Word, Excel u otros programas conocidos.

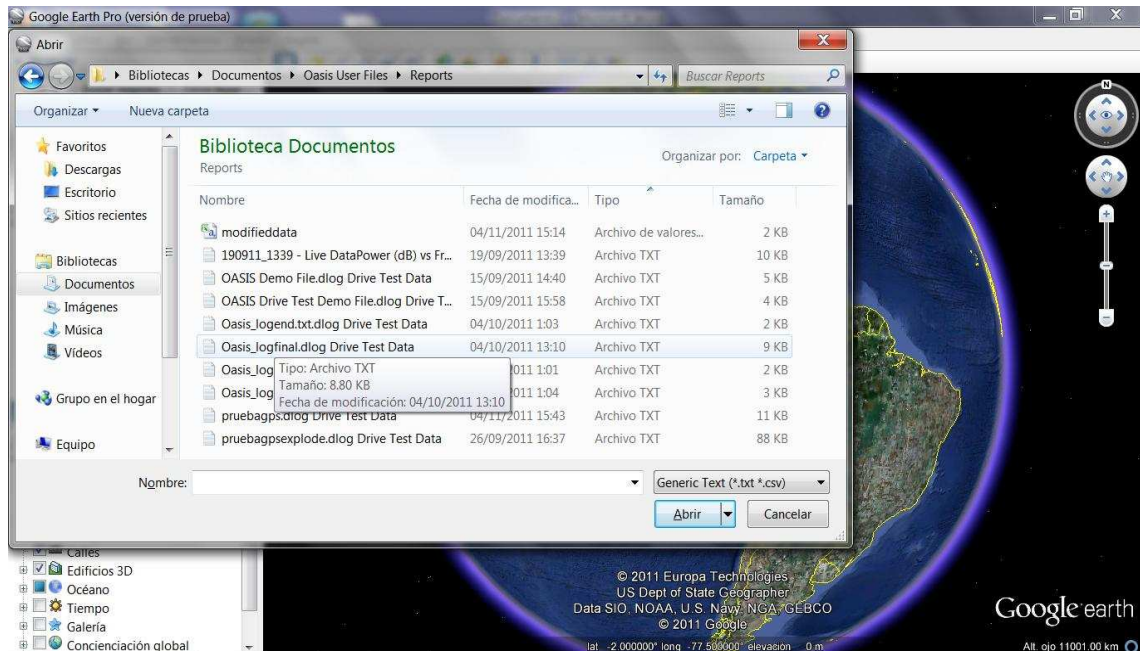
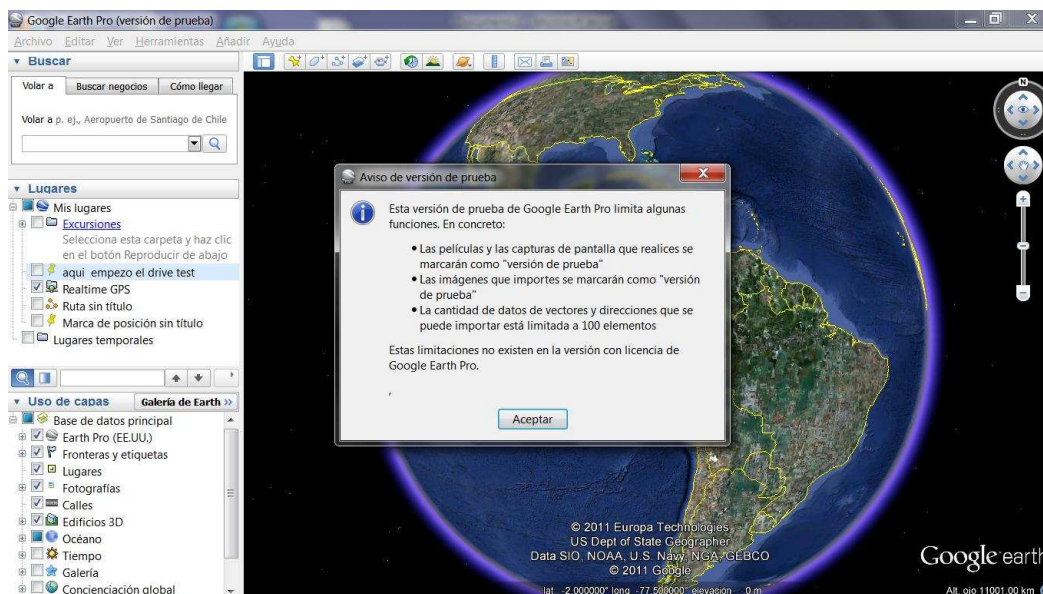


FIGURA 3.5 Carpeta Reports del software Oasis

En la carpeta Reports, se selecciona el archivo que se colectó previamente como archivo para Drive Test con el nombre “Oasis\_logfinal.dlog Drive Test Data”, el cual corresponde a los datos almacenados a la frecuencia 106.5 MHz en el programa OASIS y se encuentra grabado como formato txt, los archivos que terminan en .txt se pueden visualizar con el programa Word, Excel, bloc de notas o con ayuda del programa OASIS.

Luego de elegir el archivo respectivo, se muestra una ventana idéntica a la de la figura 3.6, en la cual se notifica de las limitaciones que presenta el software de prueba de Google Earth Pro.





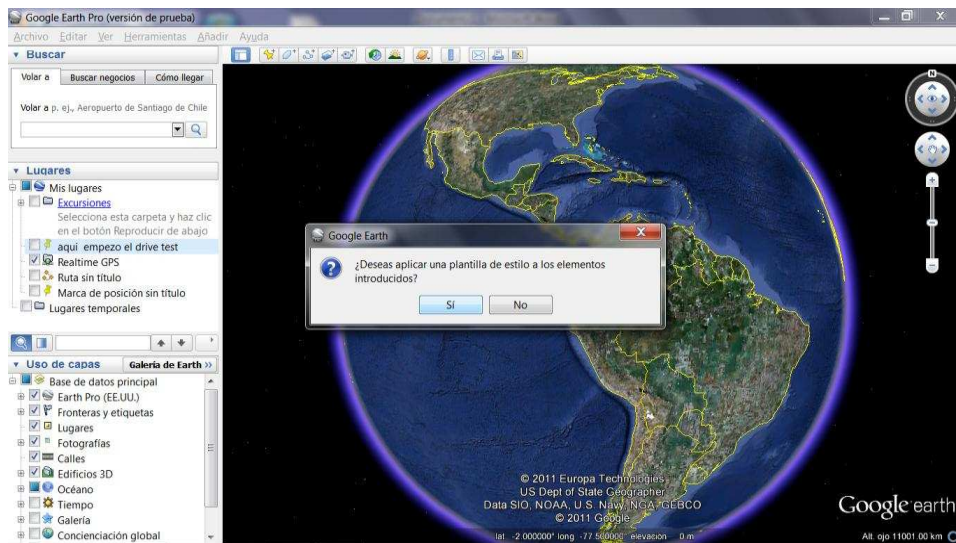
**FIGURA 3.6** Información de limitaciones de Google Earth Pro versión de prueba

En el cuadro de información de limitaciones de Google Earth Pro versión gratuita de siete días, especifica que en los resultados obtenidos como películas, capturas de pantalla o imágenes que se importen serán marcadas como versión de prueba y la cantidad de datos de vectores y direcciones que se pueden importar están limitadas a un máximo de 100 elementos. Estas limitaciones solo aparecen en la versión de Google Earth Pro versión gratuita de siete días, en las versiones con licencia oficial no se presentan estas clases de limitaciones.

En la figura 3.6 "Aviso de versión de prueba", mostrada previamente se hace clic izquierdo con el mouse en el botón Aceptar para proseguir con la configuración necesaria en la obtención del mapa de niveles de señal.

Posteriormente se puede visualizar una nueva ventana equivalente a la de la figura 3.7, que muestra un mensaje en medio de la pantalla con la siguiente pregunta:

"¿Deseas aplicar una plantilla de estilo a los elementos introducidos?" y las opciones Sí y No.

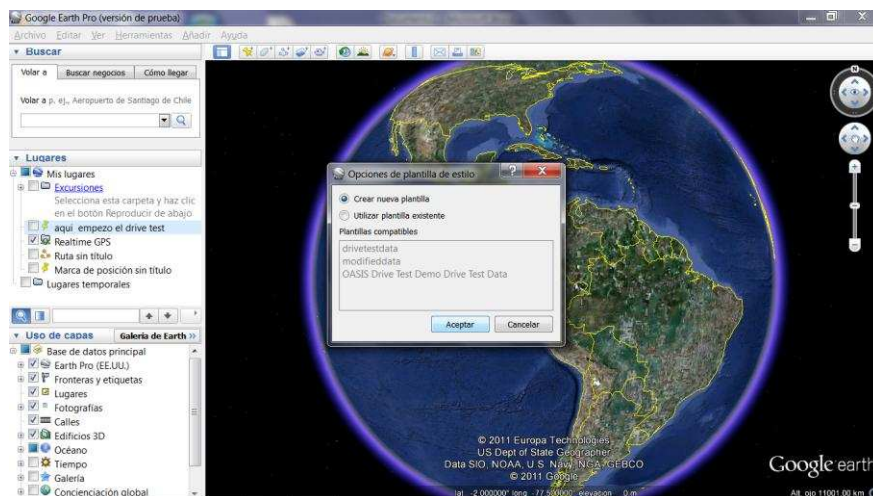


**FIGURA 3.7** Petición para creación de una nueva plantilla

Se elige la opción Si, para continuar, ahora se presenta una ventana igual a la de la figura 3.8, donde se muestran las opciones de plantilla y en la cual aparecen las siguientes opciones:

- Crear una nueva plantilla
- Utilizar plantilla existente

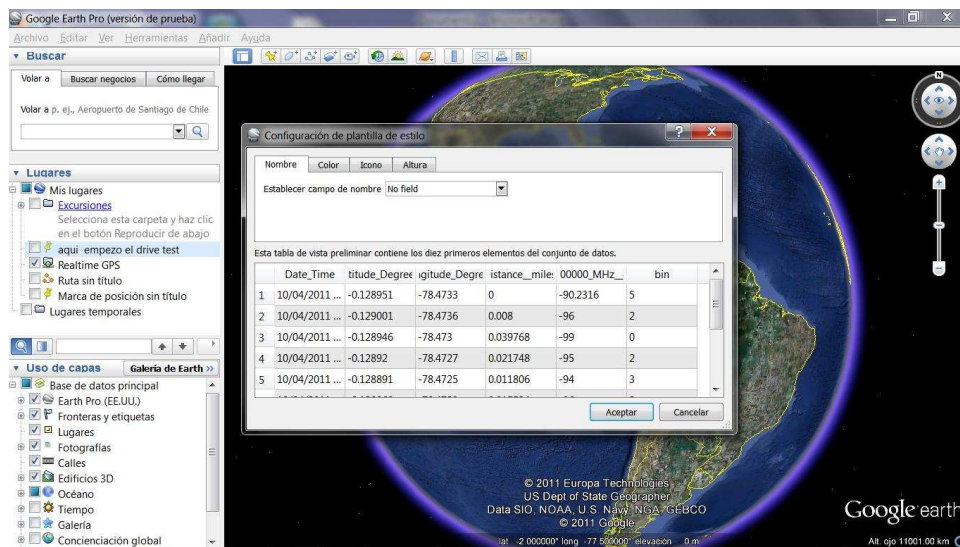
Se elige la opción “Crear una nueva plantilla” y luego se hace clic en el botón Aceptar



**FIGURA 3.8** Opciones de plantilla de estilo

La nueva ventana que se muestra en la figura 3.9, presenta las opciones para configurar el mapa. En la parte superior aparecen las siguientes opciones:

- Nombre
- Color
- Icono
- Altura



**FIGURA 3.9** Configuración de Nombre de plantilla de estilo

En la figura 3.9, se muestra una parte del conjunto de datos a ser procesados, luego se hace clic en el botón Color.

Al seleccionar el botón Color el programa muestra una ventana idéntica a la de la figura 3.10, en la parte superior se muestra las tres siguientes opciones para la configuración de colores a ser usados en el mapa:

- Establecer color desde campo
- Utilizar un único color
- Utilizar colores aleatorios

Se activa la opción “Establecer color desde campo”, posteriormente en el cuadro de texto “Seleccionar campo de color” se escoge la opción “bin”



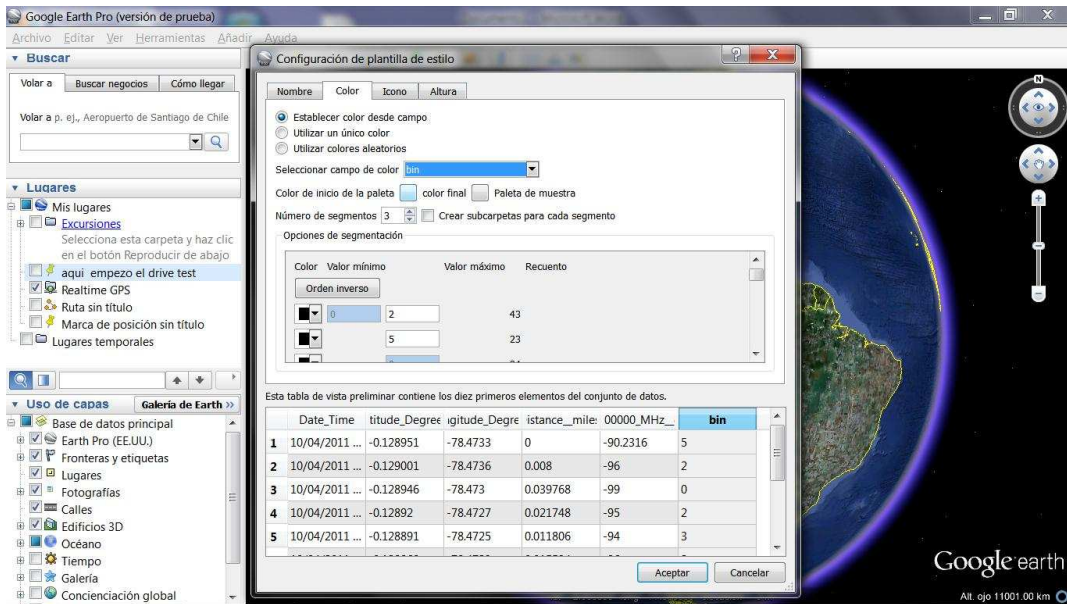


FIGURA 3.10 Configuración de Color de plantilla de estilo

En el cuadro de texto “Número de segmentos” se selecciona la saeta dirigida hacia arriba hasta obtener el número máximo, en este caso es “9”, esta opción permite mostrar la gama de colores que se asignan para los valores de medición. La figura 3.11 indica los resultados de esta opción.

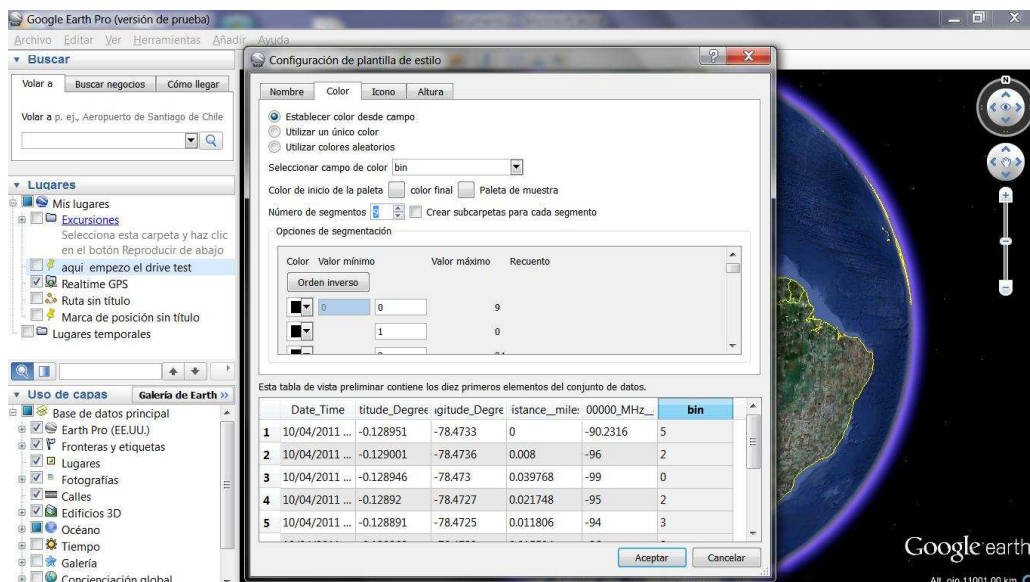
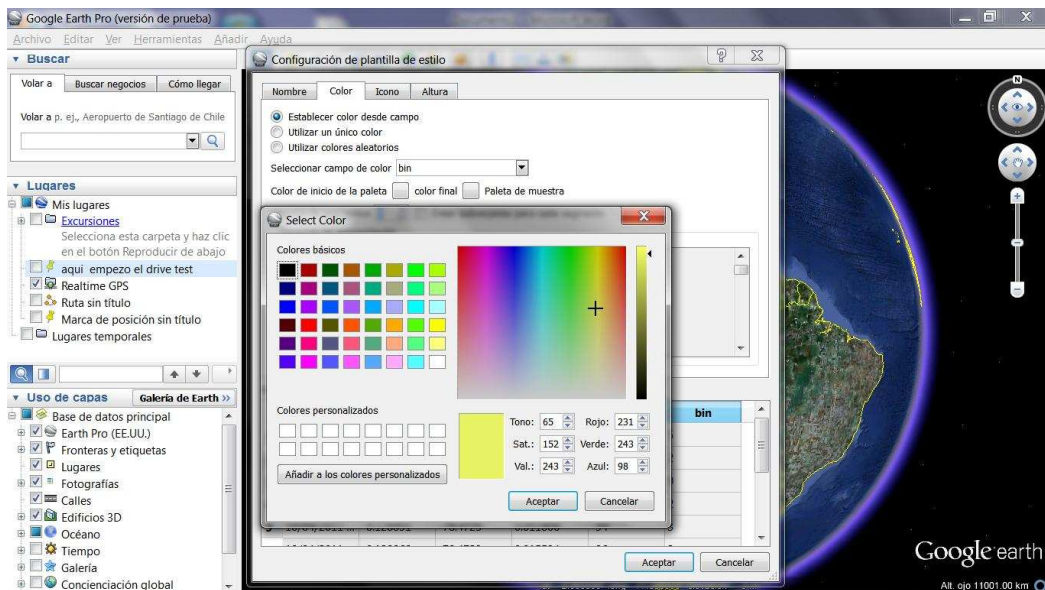


FIGURA 3.11 Configuración de Color número de segmentos en plantilla de estilo

Para modelar el campo de color de inicio se hace clic en el icono ubicado al lado derecho del texto “Color de inicio de la paleta” y aparece una ventana como se muestra en la figura 3.12, luego se elige el color que el usuario prefiera, en este

caso se eligió un color de tono amarillo, este tono tiene las siguientes características: Tono = 65, Sat. = 152, Val = 243, Rojo = 231, Verde = 243 y Azul = 98. El color que se elige sirve para asignar a los valores de señal más bajos en la medición realizada previamente con los respectivos equipos de comunicación, para terminar la configuración de asignación de color inicial se hace clic en el botón “Aceptar” y se regresa a la ventana anterior la de la figura 3.11



**FIGURA 3.12** Configuración de Color de inicio en plantilla de estilo

Ahora se hace clic en el icono ubicado al lado derecho del texto “Color final” y se observa una ventana similar a la de la figura 3.13, donde se presenta una gama de colores. De igual manera el usuario elige el color que prefiera, para el caso expuesto se optó por un color de tono entre rojo y anaranjado con las siguientes características: Tono = 12, Sat. = 235, Val = 249, Rojo = 249, Verde = 66 y Azul = 20. El nuevo color atribuido se asigna a los valores más altos de la respectiva medición realizada. Se hace clic en el botón Aceptar para finalizar con la configuración de color final en la plantilla de estilo.

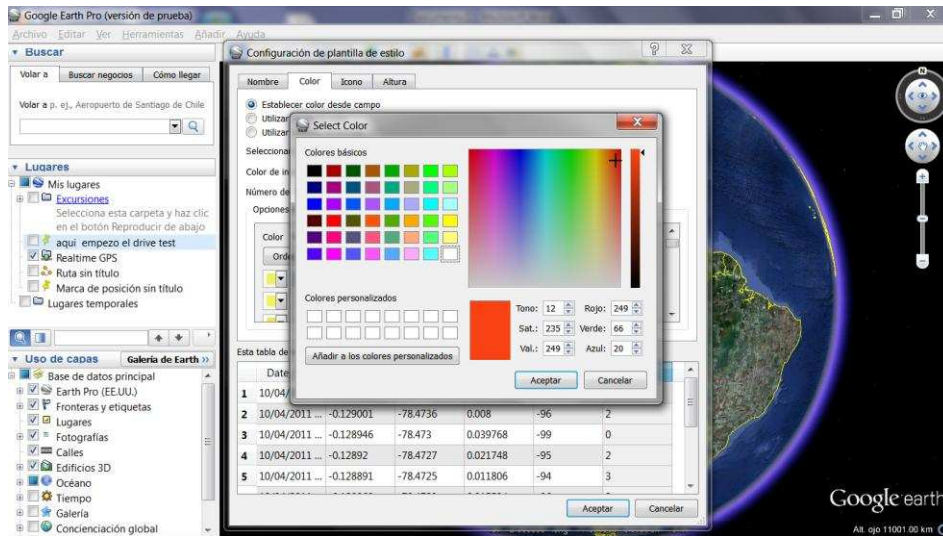


FIGURA 3.13 Configuración de Color final en plantilla de estilo

Después de seleccionar los respectivos colores de inicio y fin se muestra una ventana como la que se exhibe en la figura 3.14. Aquí se presenta una gama de 9 colores entre amarillo y rojo, cada uno de ellos asignados a los diferentes valores de la medición, en la parte inferior se presenta los colores con un número específico 1 para amarillo, 9 para rojo y a los colores intermedios se les asigna el resto de valores. El valor respectivo de las mediciones está asignado por cada uno de los diferentes colores.

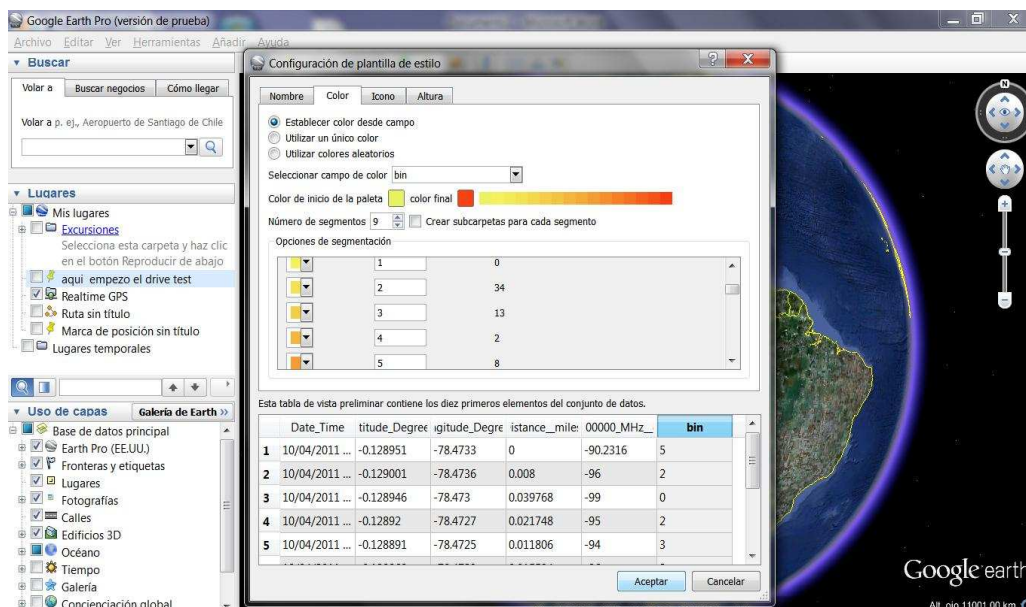


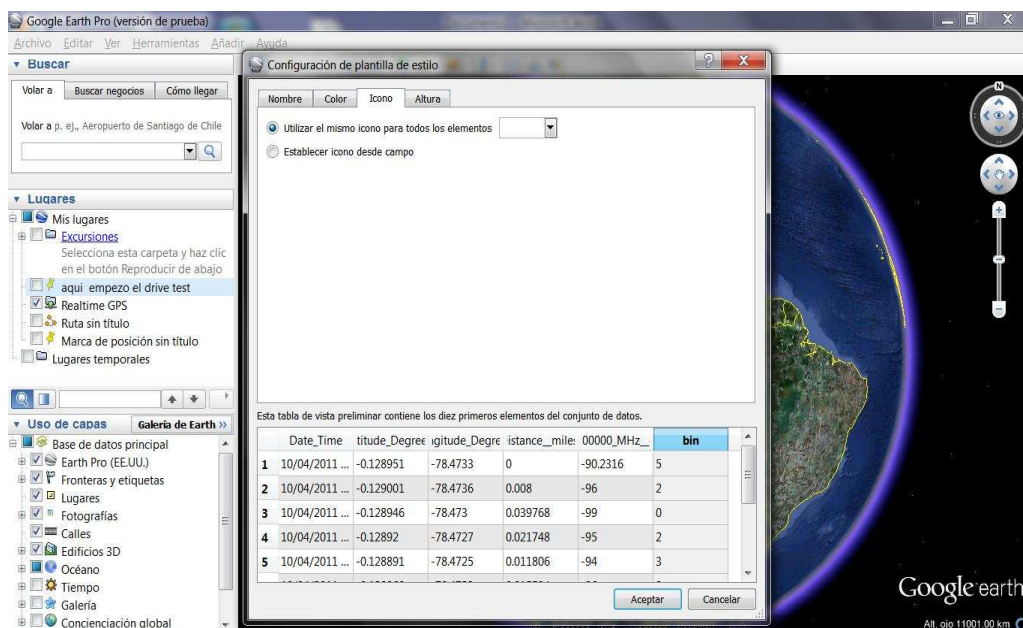
FIGURA 3.14 Configuración de Color total en plantilla de estilo

Posteriormente se selecciona en la parte superior la opción Icono, la cual sirve para elegir la figura, icono o imagen que formara cada punto de las mediciones realizadas. La ventana que se presenta en esta selección es semejante a la de la figura 3.15.

En esta ventana aparecen las siguientes opciones:

- Utilizar el mismo icono para todos los elementos
- Establecer icono desde campo

Si se selecciona la opción “Utilizar el mismo icono para todos los elementos” existen algunos iconos de muestra que pueden ser usados, esta opción es la que se escogió, sin embargo en esta ocasión no se utiliza un icono en especial. La opción “Establecer icono desde campo” permite seleccionar una figura predeterminada o diseñada por el usuario.



**FIGURA 3.15** Configuración de Icono de plantilla de estilo

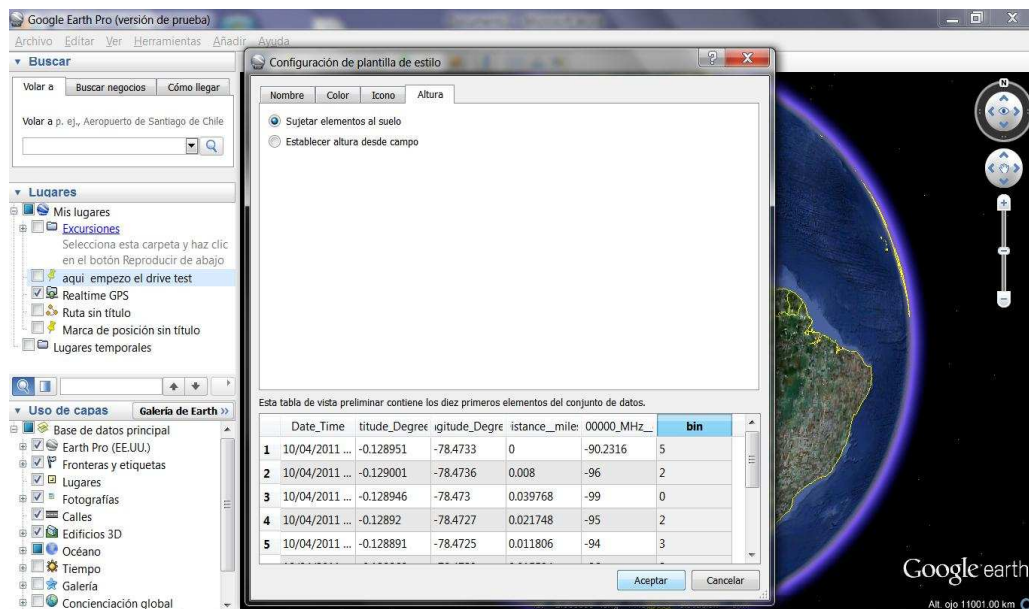
Para finalizar la configuración de plantilla de estilo se selecciona la opción Altura en la parte superior y se presenta una ventana igual a la de la figura 3.16, donde existen las siguientes dos opciones:



- Sujetar elementos al suelo
- Establecer altura desde campo

La opción que se tomó es “Sujetar elementos al suelo” la cual permite almacenar los datos almacenados, los puntos que se presentan en una determinada posición con la información del nivel de señal se muestren como parte del mapa ubicados como si estuvieran adheridos al piso.

La opción “Establecer altura desde el campo” permite que los datos almacenados presenten cierta altura a nivel del piso, esta altura está determinada por el programa antes usado o por las preferencias del usuario.



**FIGURA 3.16** Configuración de Altura de plantilla de estilo

En la ventana 3.16 se hace clic izquierdo con el mouse en la opción “Aceptar” para finalizar la configuración de plantilla de estilo.

La ventana que se indica en la figura 3.17 indica si se quiere guardar los datos de la configuración y sugiere la siguiente ubicación en el computador:

C:\Users\AppData\Roaming\Google\GoogleEarth\Mis plantillas de estilo

En este caso se guardó en la dirección indicada y el nombre de la plantilla es el mismo del archivo original de los datos “Oasis\_logfinal” y se hace clic en “Guardar”

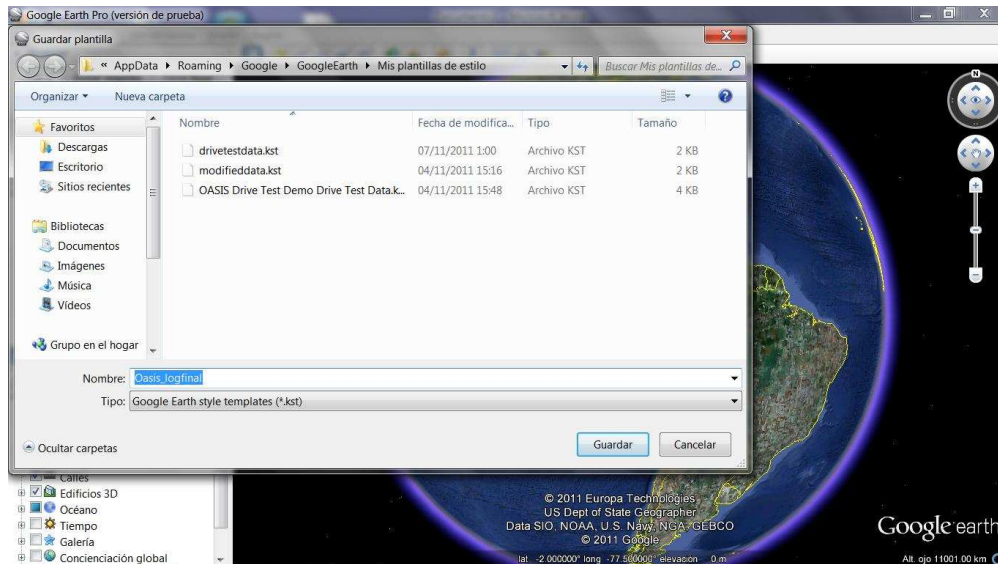


FIGURA 3.17 Ventana para guardar plantilla

Cuando el archivo ha sido guardado, el programa Google Earth Pro muestra una ventana parecida a la de la figura 3.18, en la cual se indica parte del lugar donde se realizó las mediciones

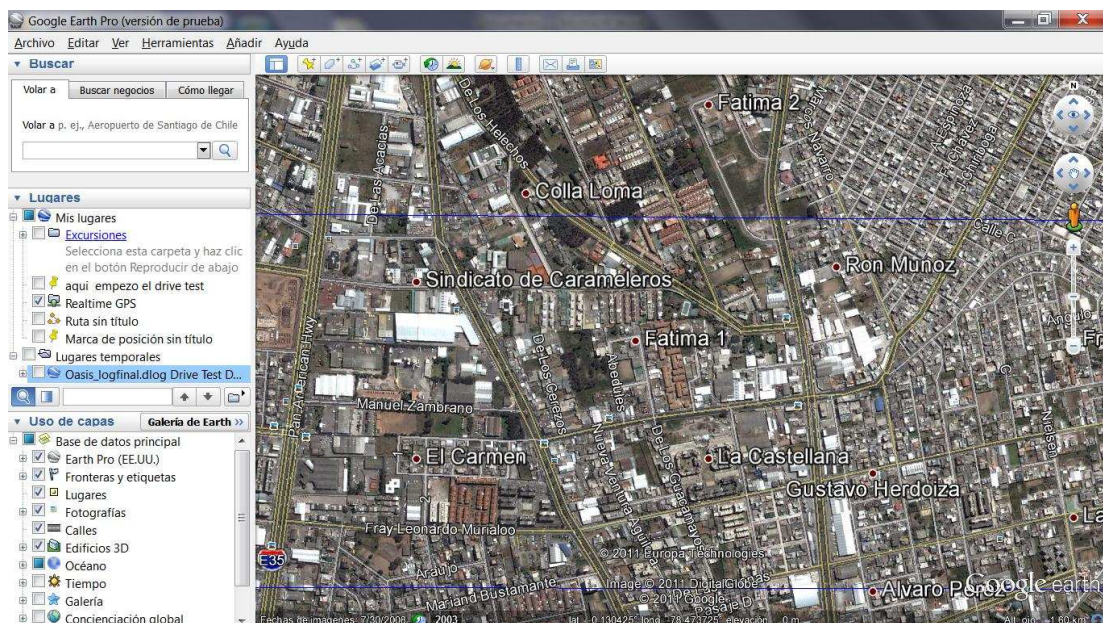
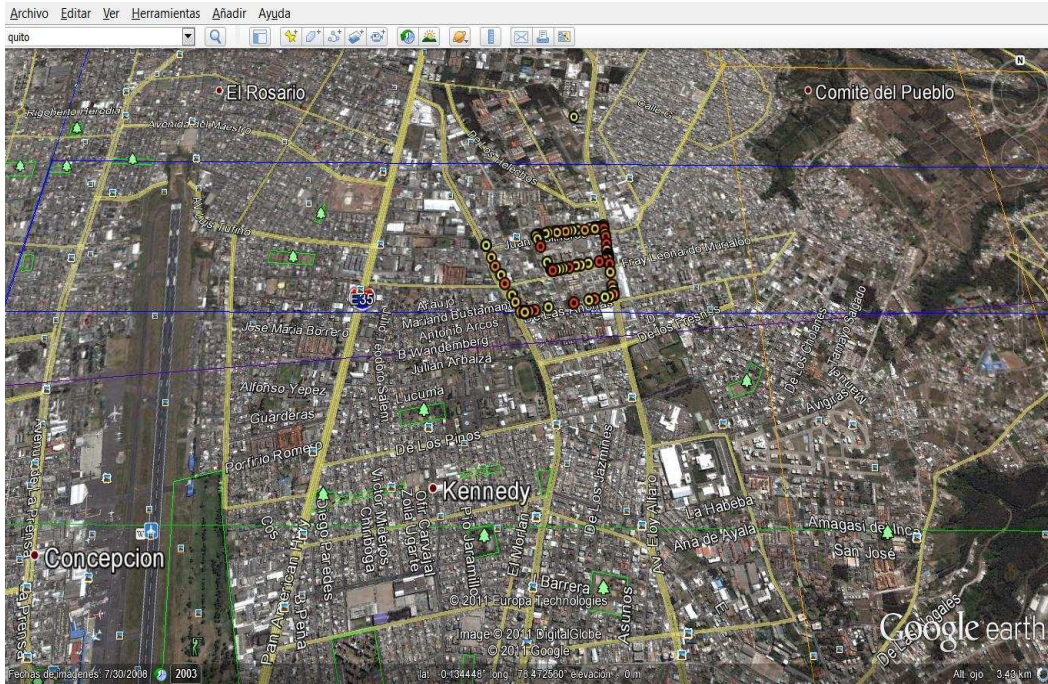


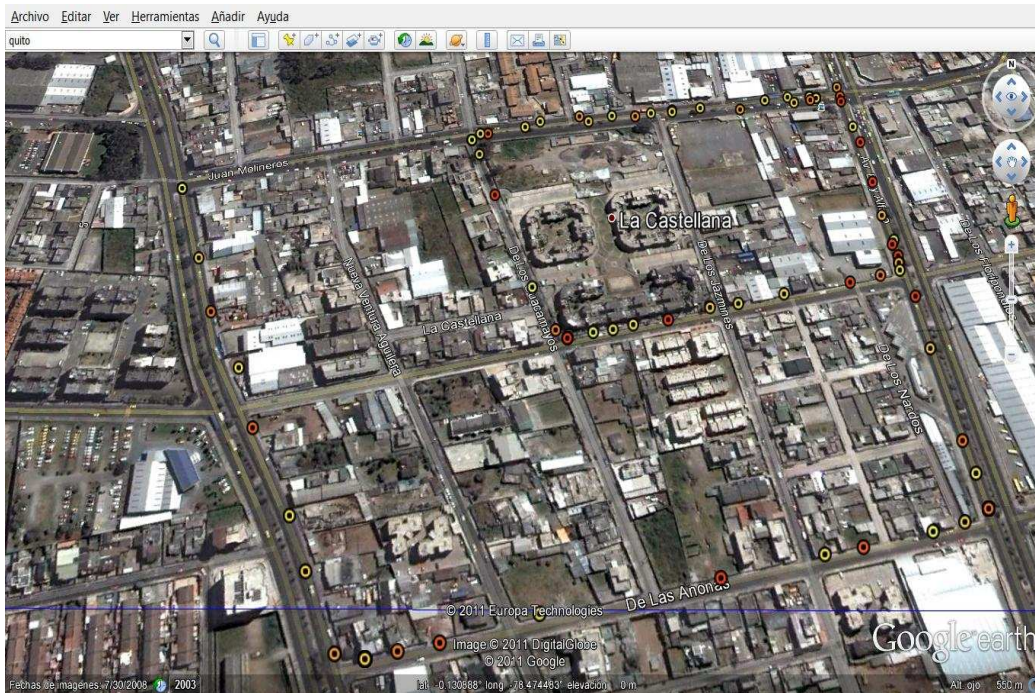
FIGURA 3.18 Presentación del mapa para la frecuencia de 106.5 MHz



Al hacer un acercamiento se pueden ver los puntos que forman el mapa de señal. La figura 3.19 y 3.20 exhiben una presentación lejana y cercana respectivamente del mapa final obtenido.



**FIGURA 3.19** Presentación lejana del mapa para la frecuencia 106.5 MHz



**FIGURA 3.20** Presentación cercana del mapa para la frecuencia 106.5 MHz

Los círculos pequeños mostrados en la figura 3.19 y 3.20 representan los niveles de señal localizados en esa parte del mapa. Los colores representan un valor o un rango de valores de nivel señal, como se configuró anteriormente. Solo se presentan 100 datos del total registrados por el uso de la versión de prueba.

Para las frecuencias 102.1 MHz, 89.3 MHz, 94.1 MHz y 97.7 MHz se repite el proceso desde la elección del archivo en la carpeta Reports que se indica en la figura 3.5. Cada frecuencia tiene su propio archivo en la carpeta Reports como se muestra a continuación.

- Para 102.1 MHz se tiene el archivo “Oasis\_logfini.dlog Drive Test Datalared”
- Para 89.3 MHz se tiene el archivo “Oasis\_logfini.dlog Drive Test Datahcyj”
- Para 94.1 MHz se tiene el archivo “Oasis\_logfini.dlog Drive Test Datacatolica”
- Para 97.7 MHz se tiene el archivo “Oasis\_logfini.dlog Drive Test Dataradio centro”

Mediante el uso de estos archivos se siguen los pasos que se indicaron para obtener el mapa correspondiente a la frecuencia 106.5 MHz y finalmente se obtiene los mapas de niveles de señal de potencia que se indican a continuación.



La figura 3.21 muestra el mapa lejano para la frecuencia 102.1 MHz.

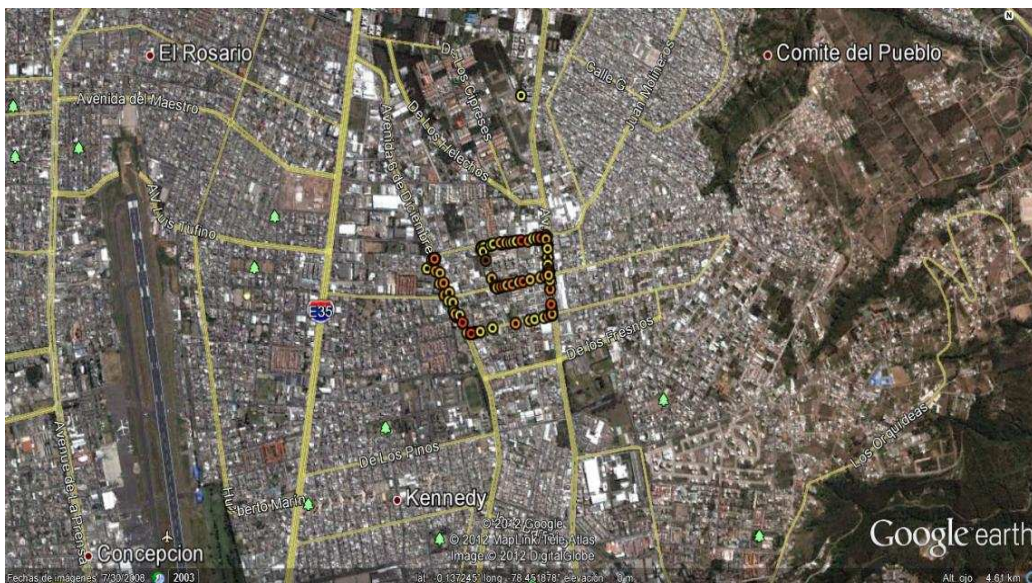


Figura 3.21 Mapa lejano para la frecuencia 102.1 MHz

La figura 3.22 muestra el mapa cercano para la frecuencia 102.1 MHz.

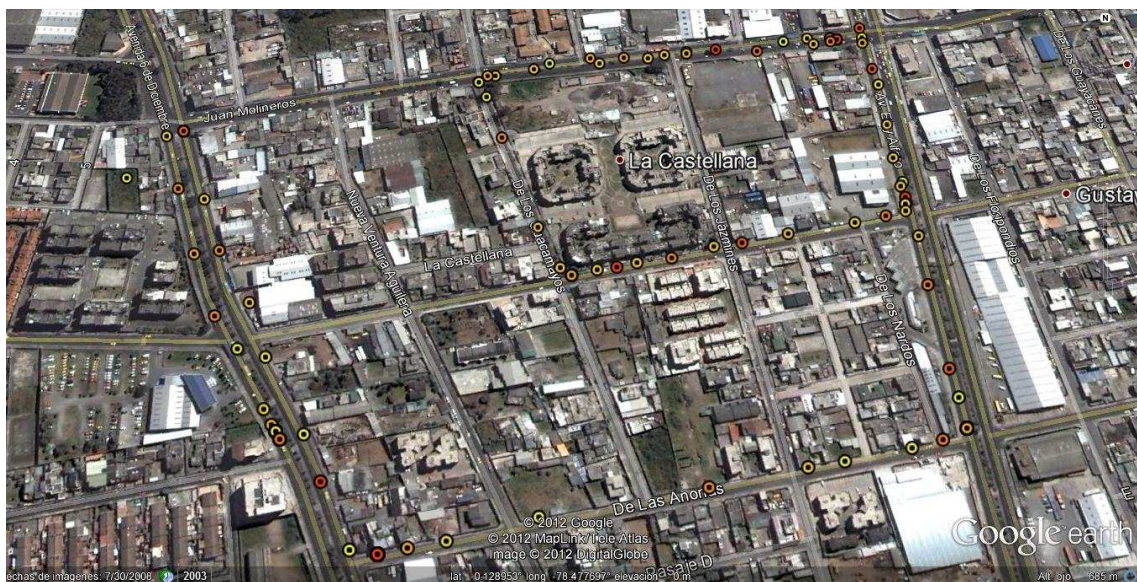


Figura 3.22 Mapa cercano para la frecuencia 102.1 MHz



La figura 3.23 muestra el mapa lejano para la frecuencia 89.3 MHz.



Figura 3.23 Mapa lejano para la frecuencia 89.3 MHz

La figura 3.24 muestra el mapa cercano para la frecuencia 89.3 MHz.

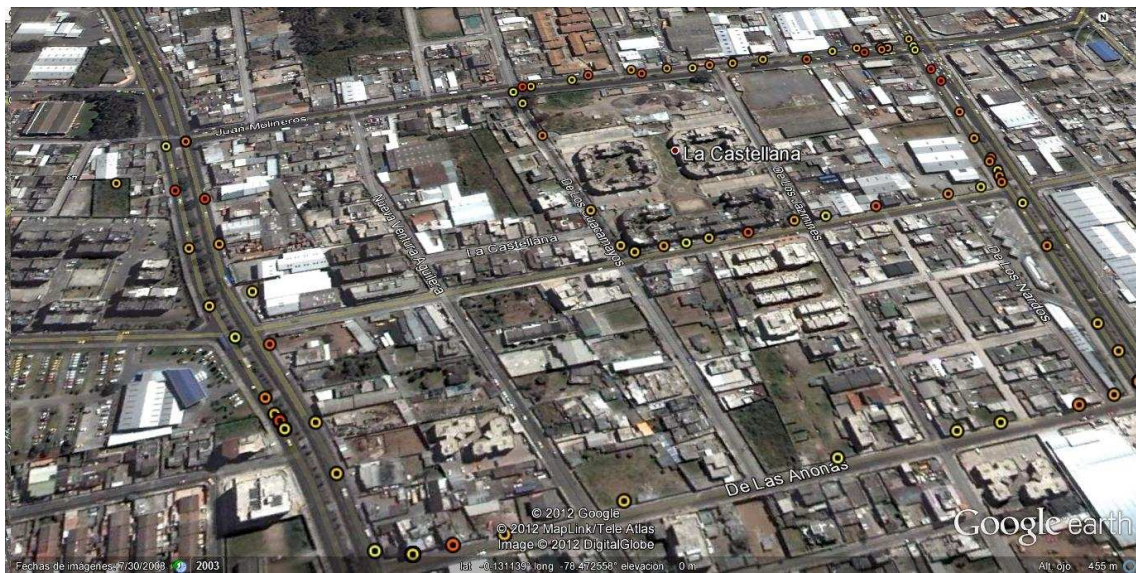


Figura 3.24 Mapa cercano para la frecuencia 89.3 MHz



La figura 3.25 muestra el mapa lejano para la frecuencia 94.1 MHz.

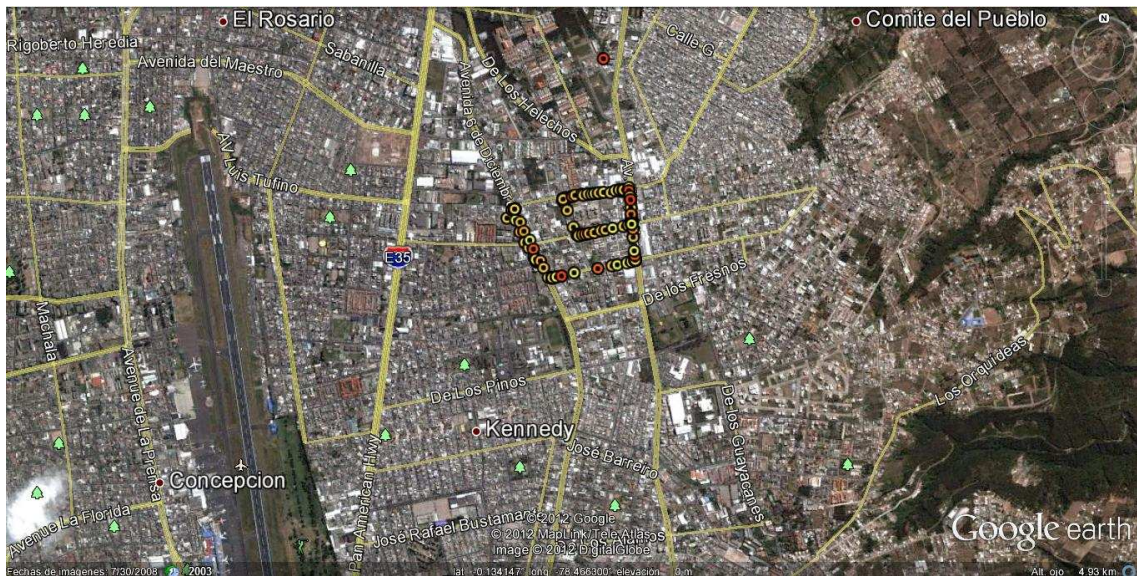


Figura 3.25 Mapa lejano para la frecuencia 94.1 MHz

La figura 3.26 muestra el mapa cercano para la frecuencia 94.1 MHz.

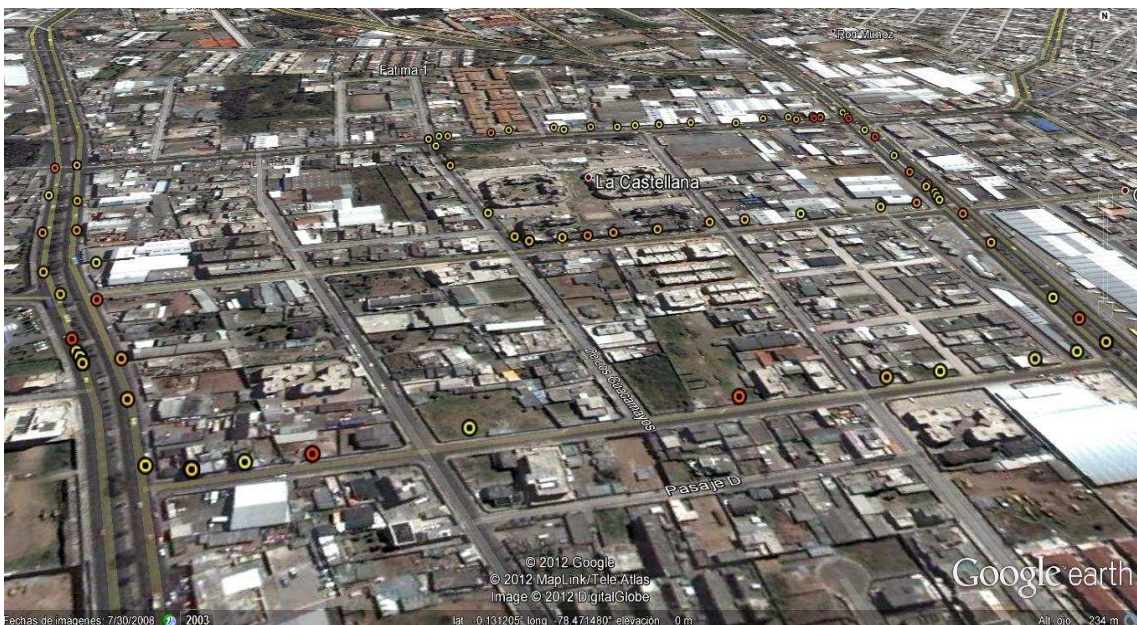


Figura 3.26 Mapa cercano para la frecuencia 94.1 MHz



La figura 3.27 muestra el mapa lejano para la frecuencia 97.7 MHz.



Figura 3.27 Mapa lejano para la frecuencia 97.7 MHz

La figura 3.28 muestra el mapa cercano para la frecuencia 97.7 MHz.

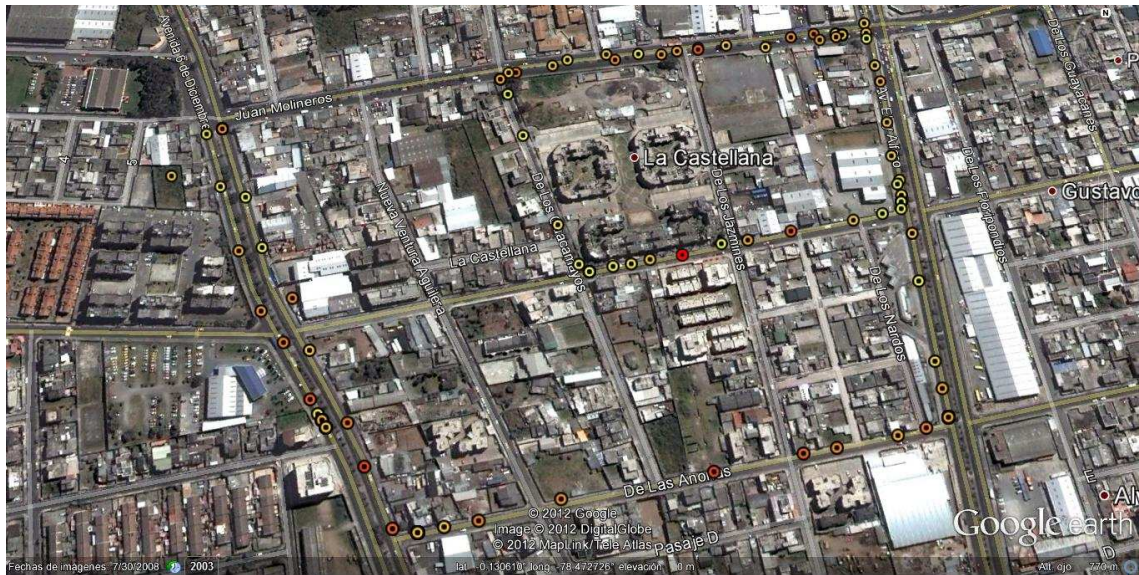


Figura 3.28 Mapa cercano para la frecuencia 97.7 MHz

### 3.3 COBERTURA

Mediante la ayuda del programa ICS Telecom se puede determinar los niveles de cobertura de una determinada frecuencia otorgada para ciertos servicios de

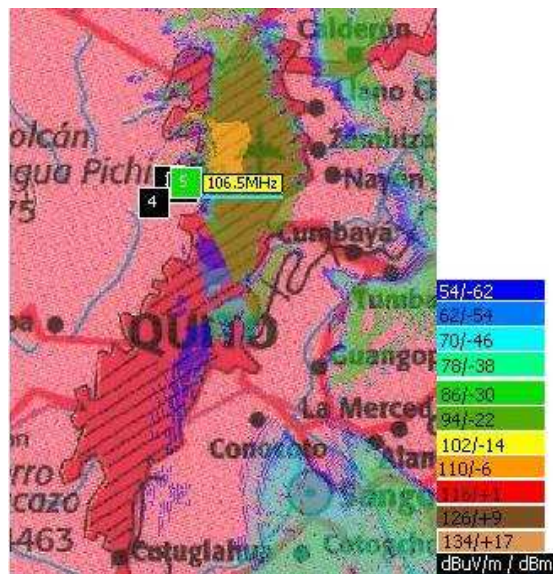
telecomunicaciones, como radiodifusión y televisión. Con los respectivos datos de ganancia, de altura y de localización de la antena transmisora, se calcula el nivel de potencia que una estación debe radiar en una determinada zona.

La tabla 3.1 indica los valores que se son necesarios ingresar en el programa ICS Telecom para la simulación de radiación.

Estación	Frecuencia	Coordenadas	Potencia Nominal	Sistema Radiante	Ganancia	Polarización
	[MHz]		[W]		[dBi]	
HCJB	89.3	78°31'30"W	4956	Omnidireccional	5.45	Circular
		00°09'48"S				
Católica Nacional	94.1	78°31'05"W	3351	Omnidireccional	7.15	Circular
		00°10'03"S				
Centro	97.7	78°30'58"W	4956	Omnidireccional	5.45	Circular
		00°09'52"S				
La Red	102.1	78°32'00"W	5000	Omnidireccional	5.45	Circular
		00°10'30"S				
Canela	106.5	78°30'58"W	4956	Omnidireccional	5.45	Circular
		00°09'52"S				

**TABLA 3.1** Valores requeridos para simulación en programa ICS Telecom<sup>43</sup>

En la frecuencia 106.5 MHz, se muestra un mapa de la ciudad de Quito y la cobertura se representa con los diferentes colores sobre el mapa tal como se indica en la figura 3.29



**FIGURA 3.29** Cobertura de la frecuencia 106.5 MHz por ICS Telecom

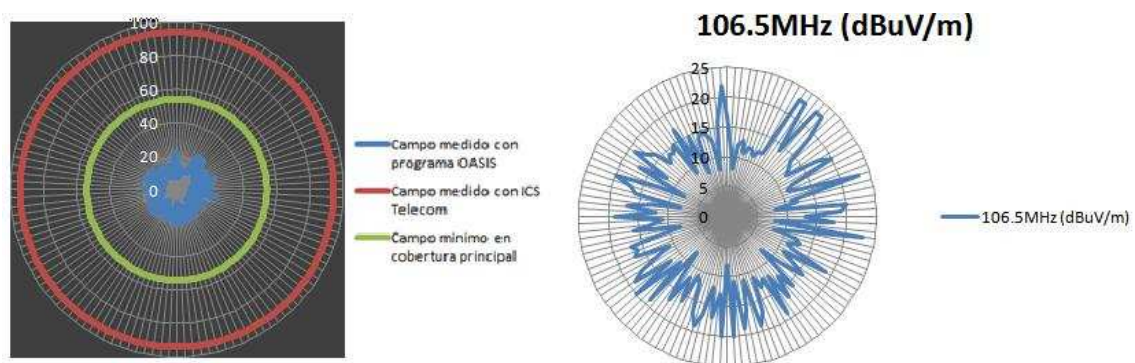
<sup>43</sup> Base de datos SIRA TV (SUPERTEL)



La paleta de colores ubicada en la parte izquierda de la figura 3.29, indica el nivel de intensidad de campo de acuerdo al color que se presenta en la gráfica. En la zona que se realizó las mediciones, se puede observar que está pintada de un color verde oscuro y este de acuerdo a la paleta representa un valor de intensidad de potencia de 94 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) o -23 dBm.

El valor nominal de nivel de potencia es -23 dBm o 94 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) en la zona denominada La Castellana para la frecuencia 106.5 MHz, mientras que con el analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101 y el software OASIS se obtuvo datos entre -99 dBm y -84 dBm equivalentes a valores entre 8 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) y 23 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ).

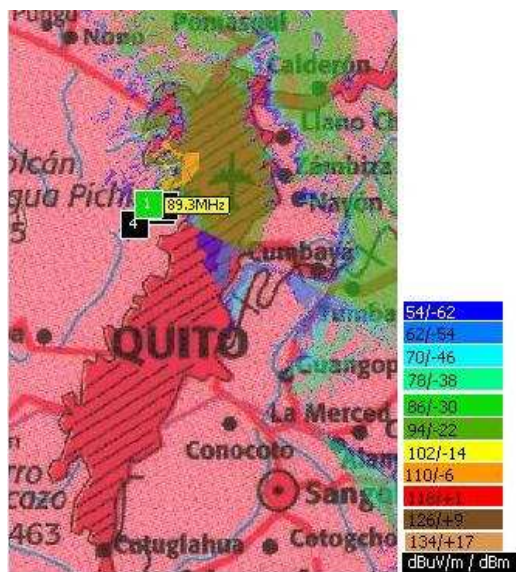
La figura 3.30, presenta una comparación de los datos de nivel de potencia generados por el programa ICS Telecom con los obtenidos con el programa Oasis para la frecuencia 106.5 MHz.



**FIGURA 3.30** Niveles radiados de la frecuencia 106.5

Los mapas de cobertura para las restantes cuatro frecuencias se obtuvieron con el programa ICS Telecom de similar forma, se ingresan los datos de frecuencia, de coordenadas geográficas, potencia nominal, sistema radiante, ganancia y polarización de la antena.

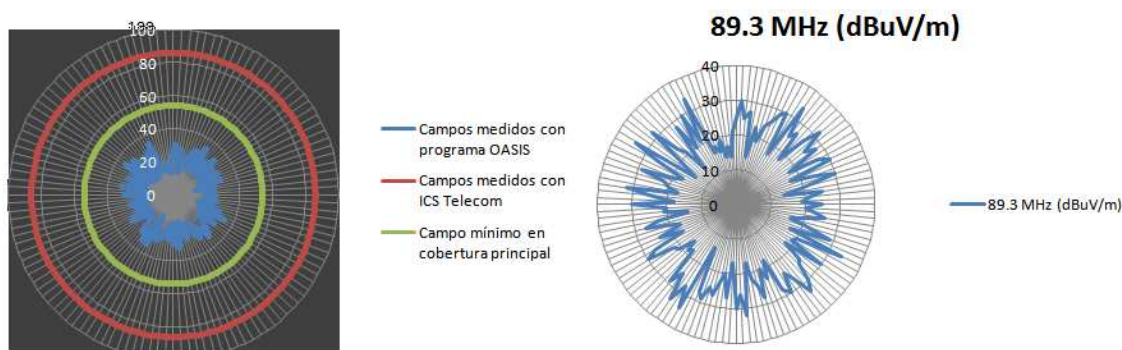
La figura 3.31, presenta un mapa de la ciudad de Quito con la simulación de la cobertura que proporciona la emisora, que tiene asignada la frecuencia 89.3 MHz



**FIGURA 3.31** Cobertura de la frecuencia 89.3 MHz por ICS Telecom

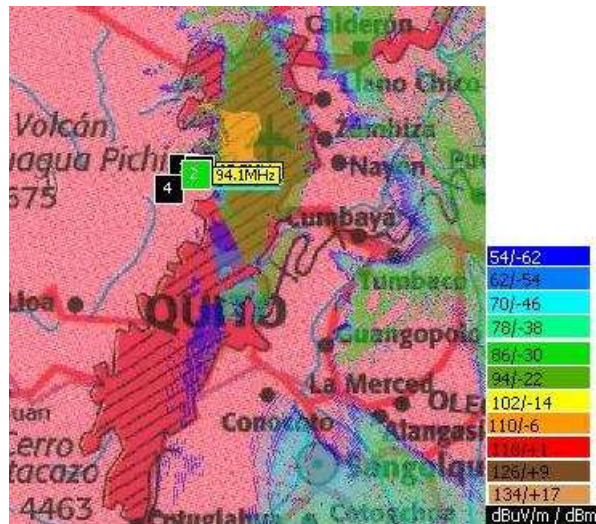
En el sector de medición en el barrio LA CASTELLANA, se observa una cobertura de color verde claro emitida por la antena transmisora que es equivalente de acuerdo a la paleta a 86 dB $\mu$ V/m o -30 dBm. Los datos obtenidos con el programa OASIS, están comprendidos entre -93 dBm y -73 dBm equivalentes a 13.9897 dB ( $\mu$ V/m) y 33.9897 dB ( $\mu$ V/m).

La figura 3.32, presenta una comparación de los datos de nivel de potencia generados por el programa ICS Telecom con los obtenidos con el programa Oasis para la frecuencia 89.3 MHz.



**FIGURA 3.32** Niveles radiados de la frecuencia 89.3 MHz

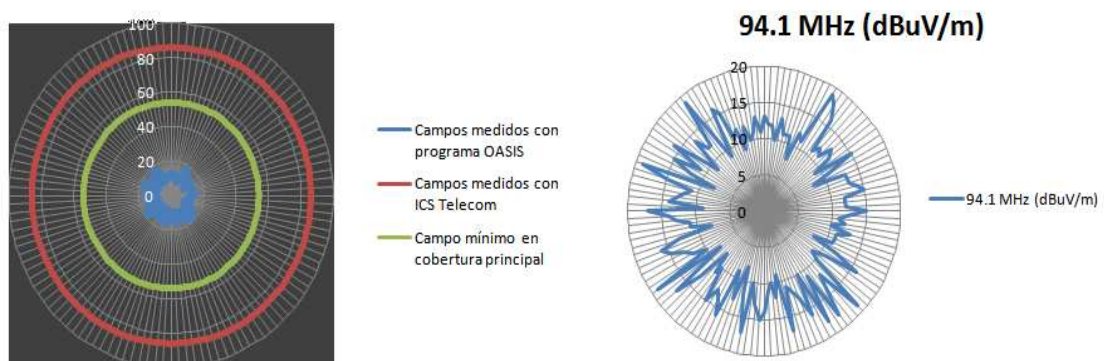
La figura 3.33, muestra un mapa de la ciudad de Quito con la simulación de la cobertura que proporciona la emisora, que tiene asignada la frecuencia 94.1 MHz



**FIGURA 3.33** Cobertura de la frecuencia 94.1 MHz por ICS Telecom

La cobertura obtenida para la frecuencia 94.1 MHz en el sector de medición es de color verde claro, que es equivalente a 86 dB( $\mu$ V/m) o -30 dBm según la paleta ubicado al lado izquierdo del mapa. El programa OASIS determinó los valores comprendidos entre -99 dBm y -88 dBm que equivalen a 7.98 dB( $\mu$ V/m) y 18.98 dB( $\mu$ V/m) respectivamente.

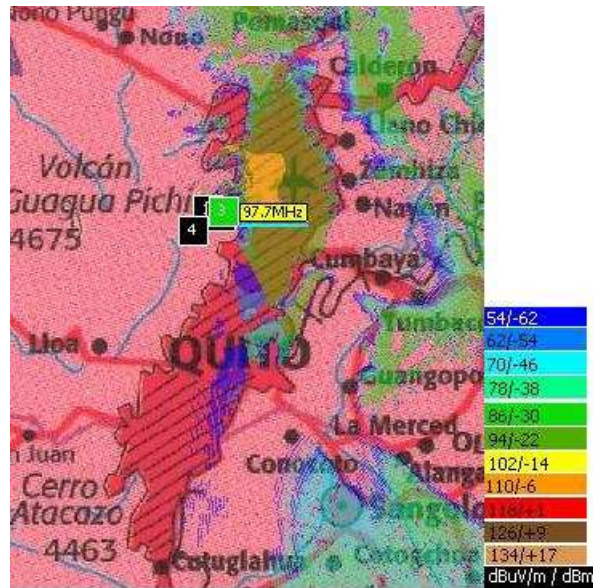
La figura 3.34, presenta una comparación de los datos de nivel de potencia generados por el programa ICS Telecom, con los obtenidos con el programa Oasis para la frecuencia 94.1 MHz.



**FIGURA 3.34** Niveles radiados de la frecuencia 94.1 MHz

La figura 3.35, presenta un mapa de la ciudad de Quito con la simulación de la cobertura que proporciona la emisora, que tiene asignada la frecuencia 97.7 MHz

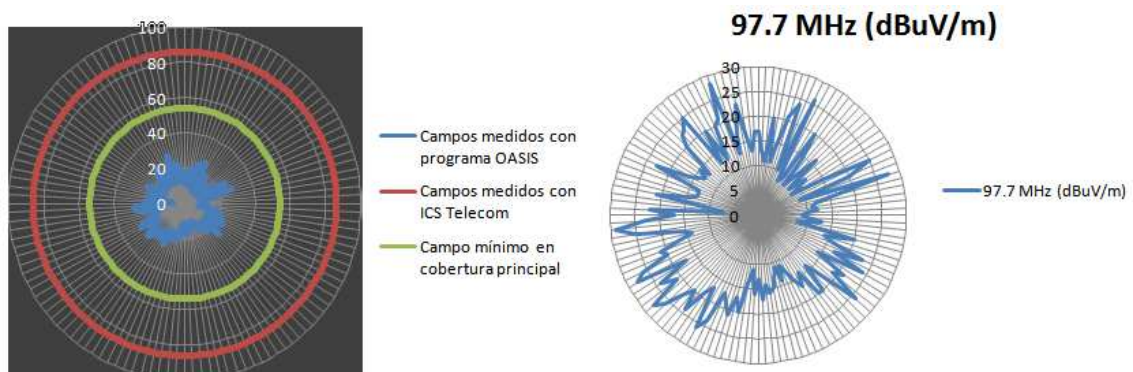




**FIGURA 3.35** Cobertura de la frecuencia 97.7 MHz por ICS Telecom

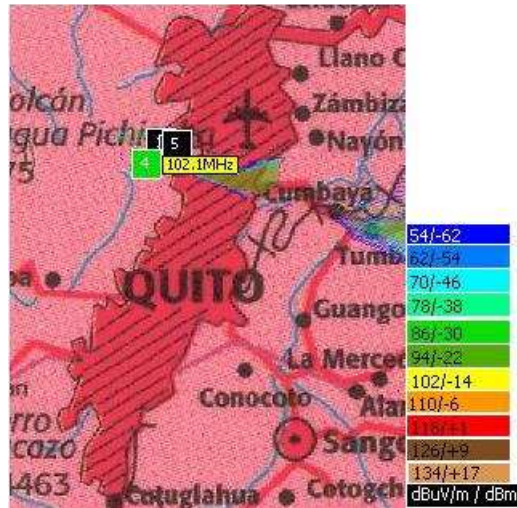
Para los datos de la frecuencia 97.7 MHz, la cobertura que se produjo es de acuerdo la figura 3.35 y a la paleta de colores igual a 86 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) y -30 dBm en la zona elegida para la medición, como se puede apreciar por el color verde que se presenta en esta zona. Con el programa OASIS se tiene los valores comprendidos entre -100 dBm y -78 dBm correspondientes a 6.9897 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) y 28.9897 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )

La figura 3.36, presenta una comparación de los datos de nivel de potencia generados por el programa ICS Telecom con los obtenidos con el programa Oasis para la frecuencia 97.7 MHz.



**FIGURA 3.36** Niveles radiados de la frecuencia 97.7 MHz

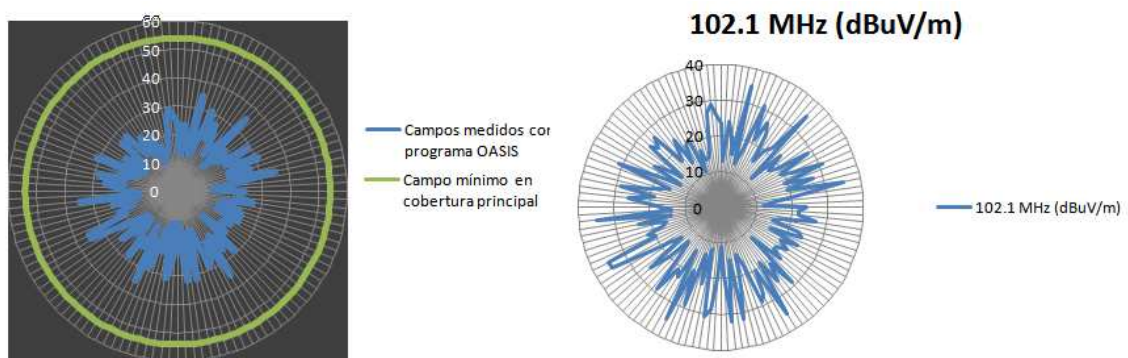
La figura 3.37, presenta un mapa de la ciudad de Quito con la simulación de la cobertura que proporciona la emisora, que tiene asignada la frecuencia 102.1 MHz



**FIGURA 3.37** Cobertura de la frecuencia 102.1 MHz por ICS Telecom

Con los datos de la frecuencia 102.1 MHz el programa ICS Telecom determinó que no existe cobertura en el sitio que se realizó la medición o que el valor de potencia es menor a 54 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) o -62 dBm. Con el programa OASIS se consiguió mediciones entre -96 dBm y -72 dBm equivalentes a 10.9897 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) y 34.9897 dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) respectivamente

La figura 3.38, presenta los datos de nivel de potencia obtenidos con el programa Oasis para la frecuencia 102.1 MHz.



**FIGURA 3.38** Niveles radiados por la frecuencia 102.1 por el programa OASIS

## **CAPÍTULO 4. PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA CERTIFICAR ÁREAS DE COBERTURA**

Las mediciones de nivel de señal de potencia, se realizan por medio de mediciones que requieren de un tratamiento para poder visualizarlas de una manera comprensible.

La obtención de un mapa de niveles de señales de potencia, tiene un costo muy elevado, debido a los equipos que intervienen en la recopilación de datos y al personal especializado para manejar estos equipos. El personal especializado tiene también la tarea de presentar datos recopilados con los equipos y exponerlos de manera inteligible, para que usuarios, representantes de entes regulatorios y de estaciones radiodifusoras puedan entenderlos.

La presentación del proyecto tiene como objetivo principal mostrar una alternativa más económica, con datos que tengan mayor aproximación en tiempo real y que no necesiten de personal muy especializado para poder expresar los resultados de manera evidente a los interesados en los resultados finales.

En el presente capítulo se presenta el esquema principal con el cual se recopila todos los datos necesarios para conseguir la obtención de un mapa con los niveles de señal de potencia emitido por las frecuencias de radiodifusión FM, seleccionadas para la obtención de los mapas, también se detallan los equipos utilizados en el proceso, el software y los programas computacionales aplicados, el trayecto o ruta recorrida en la medición, la velocidad del vehículo a la cual se tomaron los datos, el horario en el que se obtuvo las respectivas mediciones y la frecuencia asignada a una estación radiodifusora FM, desde la cual se obtuvieron las mediciones correspondientes con los equipos. Los datos obtenidos representan las actuales emisiones de potencia por parte de la frecuencia asignada a una de las estaciones radiodifusoras en FM. Con los datos finales y la presentación del mapa se puede establecer si la señal de potencia medida en un lugar específico de la ciudad de Quito, generada en el emisor de una estación de

frecuencia FM, necesita realizar un cambio o mantenerse en los mismos niveles de señal de potencia.

## **4.1 EQUIPOS UTILIZADOS**

Las señales de potencia que se requieren medir necesitan de dispositivos especializados. Equipos que puedan mostrar los datos almacenados o medidos de manera que estos pueden ser interpretados con facilidad por el o los usuarios.

Los equipos utilizados en el proyecto son los siguientes:

- Analizador de espectros Wiltek 9101
- Antena receptora GPS GlobalSat BU-353
- Computador portátil Sony VAIO
- Cable de conexión de red cruzado
- Vehículo Chevrolet Blazer

### **4.1.1 ANALIZADOR DE ESPECTROS WILTEK 9101**

El analizador de espectros Willtek 9101 fue seleccionado por que este dispositivo posee gran facilidad para indicar de una manera evidente los datos de potencia asignados a una frecuencia o rango de frecuencias, adicionalmente permite la fácil exportación de datos a programas computacionales de uso masivo. La figura 4.1 indica este instrumento de medición.



**FIGURA 4.1** Analizador de espectros Willtek 9101

#### **4.1.2 ANTENA RECEPTORA GPS GLOBALSAT BU-353**

La antena receptora GPS GlobalSat BU-353, es una antena de bajo costo y de fácil manejo tiene un conector USB y un imán adherido a la antena que permite colocarla en la parte externa del vehículo, garantizando una mejor recepción de los datos que son enviados por los satélites. Se requiere de un computador para poder visualizar los datos recibidos por la antena. La figura 4.2 presenta la antena receptora GPS GlobalSat BU-353.



**FIGURA 4.2** Antena Receptora GlobalSat BU-353

#### **4.1.3 COMPUTADOR PORTÁTIL SONY VAIO**

Con respecto al uso de los computadores, en el mercado existen muchos modelos y de muchas marcas, la opción que se utilizó en el presente proyecto se debe a la capacidad del computador, la compatibilidad tanto con los programas usados como con los dispositivos involucrados en la medición. La figura 4.3 exhibe un computador Sony VAIO similar al utilizado en el presente proyecto



**FIGURA 4.3** Computador portátil Sony VAIO



#### 4.1.4 CABLE DE CONEXIÓN DE RED CRUZADO

Para intercambiar datos entre el computador portátil Sony VAIO y el analizador de espectros de frecuencia Willtek 9101 se requiere de un cable de red cruzado parecido al de la figura 4.4 con este cables se puede enviar y recibir señales entre la computadora y el analizador de espectros.



**FIGURA 4.4** Cable de red cruzado

#### 4.1.5 VEHÍCULO CHEVROLET BLAZER

El uso de un vehículo es importante para llevar los respectivos equipos de medición y economizar tiempo en el proceso de medición. La SUPERTEL para este propósito permitió el uso de un vehículo Chevrolet modelo Blazer similar al de la figura 4.5



**FIGURA 4.5** Vehículo

## **4.2 SOFTWARE**

El software necesario para la obtención del mapa de niveles de señal está conformado básicamente por los siguientes programas:

- Software de prueba OASIS
- Google Earth Pro versión gratuita de siete días.

### **4.2.1 SOFTWARE DE PRUEBA OASIS**

El software de prueba OASIS, sirve para recopilar los respectivos datos, desde el analizador de espectros Willtek 9101 y de la antena receptora GPS BU-353, para luego almacenarlos en uno o varios archivos con los concernientes datos por ejemplo fecha, frecuencia, latitud, longitud entre otros dependiendo de los diferentes propósitos que presenta el software y los que el usuario requiera.

### **4.2.2 SOFTWARE GOOGLE EARTH PRO VERSION GRATUITA DE SIETE DIAS**

El programa Google Earth Pro versión gratuita de siete días es un GIS conocido de las siglas en inglés (Sistema de Información Geográfica), el programa Google Earth Pro utiliza los datos almacenados y recopilados por parte del software de prueba OASIS y los maneja con la respectiva configuración de tal forma que estos datos se pueden visualizar de una manera gráfica en un solo mapa.

## **4.3 ANTENA**

Las antenas que se utilizan en el analizador de espectros de frecuencias Wiltek 9101, se muestran en la figura 4.6. Estas antenas están diseñadas para la medición del nivel de potencia radiada por una frecuencia o rango de frecuencias asignadas a los diferentes servicios de telecomunicaciones como radiodifusión, televisión, telefonía celular y otros.



**FIGURA 4.6** Antenas del analizador de espectros

#### **4.3.1 ANTENA TELESCÓPICA OMNIDIRECCIONAL EXTENSIBLE**

La antena que se utilizó para obtener las mediciones de nivel de señal de potencia para el servicio de radiodifusión FM en el analizador de espectros Willtek 9101, es la que se presenta en la figura 4.7, este tipo de antena se denomina antena telescópica omnidireccional y es la antena que generalmente suelen utilizar los receptores de radio AM y FM.



**FIGURA 4.7** Antena telescópica omnidireccional



La antena telescópica es un monopolo de longitud ajustable, halando a la posición correcta, la antena puede ser sintonizada en diferentes frecuencias. Las antenas telescópicas son usadas generalmente para frecuencias menores a 400 MHz<sup>44</sup>.

Las frecuencias a medirse están en el rango de 88 MHz a 108 MHz, lo cual implica que los valores de frecuencia están dentro de los parámetros permitidos para el uso de la antena telescópica omnidireccional.

#### **4.4 FRECUENCIA**

Los valores de frecuencias que conforman el rango de FM están comprendidos entre 88 MHz a 108 MHz. En la ciudad de Quito los valores del rango de frecuencia FM se han distribuido en 50 emisoras que brindan el servicio de radiodifusión FM.

Se eligió cinco frecuencias al azar que representan una muestra del 10 % de todas las frecuencias que están operando en la ciudad de Quito. Las frecuencias elegidas fueron:

- 89.3 MHz
- 94.1 MHz
- 97.7 MHz
- 102.1 MHz
- 106.5 MHz

Con estas frecuencias se obtuvo las respectivas mediciones de potencia.

#### **4.5 FECHA**

La fecha que se eligió para la recopilación de datos fue el día martes 4 de octubre de 2011. El motivo de elegir esta fecha se debe a la disponibilidad de los equipos de propiedad de la SUPERTEL y al poco tiempo que se disponía para el uso de la licencia de versión de prueba del software OASIS

---

<sup>44</sup><http://www.qsl.net/9w2sl/antnote2.html>

#### **4.6 HORA**

El horario en el cual se realizó las mediciones fue desde las 12:52:49.67 pm a 13:09:56.60 pm, este horario se tomó en cuenta por varias consideraciones entre ellas se cita: la disponibilidad de los equipos, la hora de almuerzo, la programación de las emisoras.

#### **4.7 RUTA**

Para asignar la ruta en la cual se realizó las mediciones de potencia se optó por conseguir una gran cantidad de datos, razón por la cual se requería de un barrio residencial o que tenga mucha circulación de transeúntes o vehículos y que adicionalmente presente una línea de vista con las antenas emisoras de radiodifusión FM.

El sector designado de acuerdo a lo postulado anteriormente, fue un barrio ubicado al Nororiente en el sector industrial norte de Quito conocido con el nombre “La Castellana”.

Ubicados en el barrio “La Castellana”, inició el trayecto desde la calle Juan Molineros y la calle de los Guacamayos, luego se tomó la calle Molineros hasta llegar a la esquina de la Avenida Eloy Alfaro y la calle Juan Molineros, por la Avenida Eloy Alfaro se avanzó hacia el sur hasta la intersección entre la Avenida Eloy Alfaro y la calle Fray Leonardo Murialdo. En la calle Fray Leonardo Murialdo se siguió hasta la calle de los Guacamayos, en la esquina formada entre las calles de los Guacamayos y Fray Leonardo Murialdo se prosiguió hacia el norte hasta alcanzar el cruce de las calles de los Guacamayos con la calle Juan Molineros, en esta esquina se dobló a la derecha para llegar una vez más a la avenida Eloy Alfaro y la calle Fray Leonardo Murialdo, donde se tomó la ruta hacia la derecha (hacia el sur) para llegar hasta la esquina de la avenida Eloy Alfaro y la calle de las Anonas. En la calle de las Anonas se avanzó hasta llegar a la intersección de la calle de las Anonas y la avenida 6 de Diciembre. Por la avenida 6 de Diciembre se dobló a la derecha avanzando hacia el norte hasta llegar al cruce de la avenida 6 de Diciembre y la calle Juan Molineros donde se realizó una vuelta en U para regresar hacia el Sur por la misma avenida 6 de Diciembre hasta llegar al último

punto donde se realizó la medición ubicado en la avenida 6 de Diciembre y la calle Mariano Bustamante. La figura 4.8, muestra un mapa en el cual se puede visualizar de manera más clara la ruta efectuada para las correspondientes mediciones.

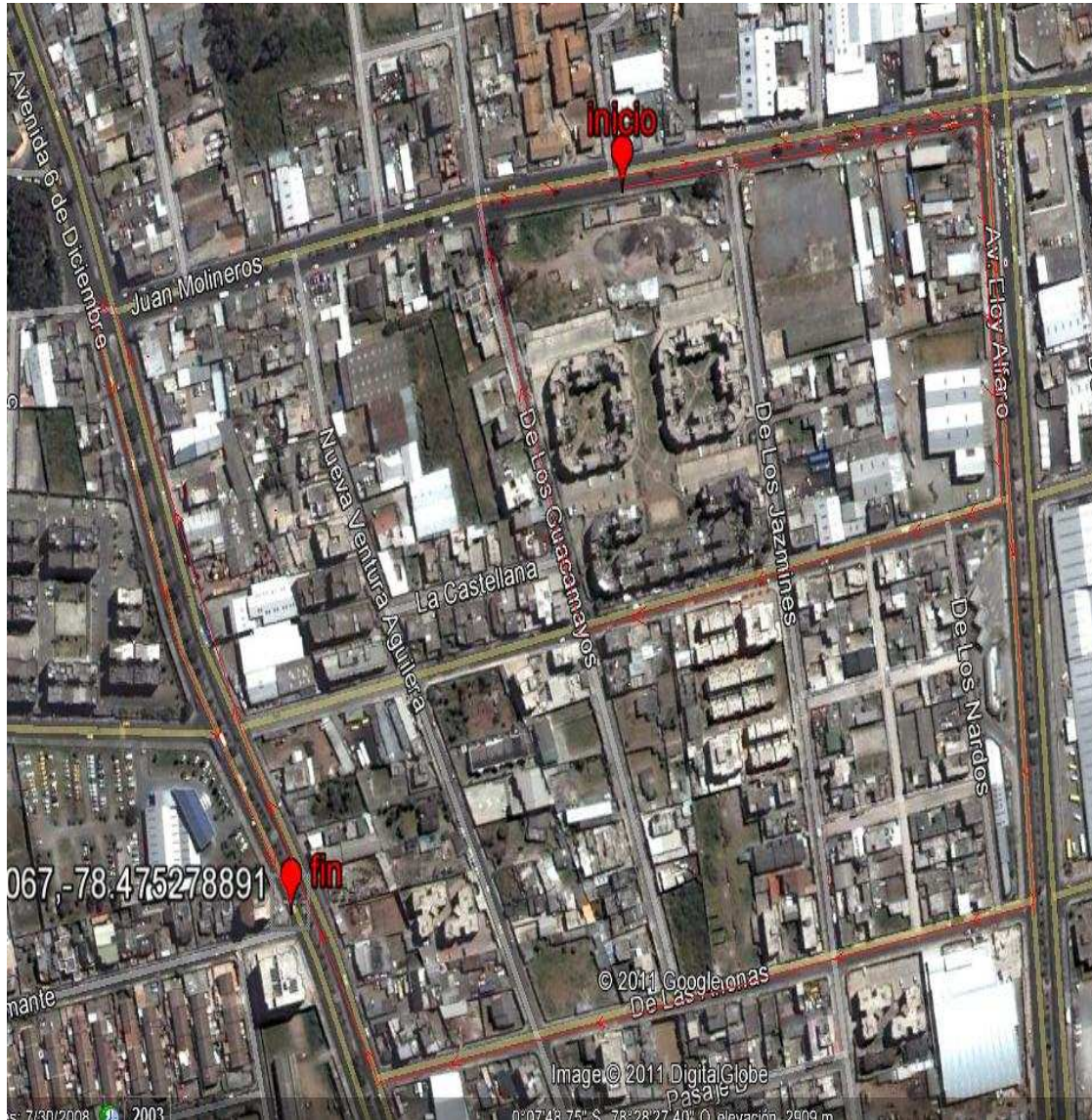


FIGURA 4.8 Ruta de la medición

#### 4.8 VELOCIDAD DEL VEHÍCULO

La velocidad a la que se tomó las muestras no se pudo realizar a una velocidad constante debido a problemas de tráfico, señales de tránsito y otros problemas imprevistos que se generaron durante el transcurso de la ruta.

Los valores de velocidad oscilaron desde los 10 [Km/h] hasta los 60 [Km/h], debido a semáforos y otras circunstancias fuera de nuestro alcance se obtuvo en algunos casos velocidades de 0 [Km/h], pero se puede asumir que la velocidad promedio a la cual se realizó la medición es de 30 [Km/h].

#### 4.9 MUESTRAS

El número de muestras se obtuvo de acuerdo al tiempo durante el cual se realizaron las mediciones, esto quiere decir que en el software OASIS versión de prueba cuando se ejecuta el botón Drive Test del programa las mediciones se detienen y se muestran las mediciones obtenidas hasta el momento de poner en funcionamiento el botón antes mencionado.

Durante el lapso de tiempo que se recolectaron los datos se obtuvieron 124 muestras para cada una de las frecuencias elegidas.

La tabla 4.1 muestra los primeros diez valores obtenidos con el software OASIS de la frecuencia 89.3 MHz

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitudo (Degrees)	Distance (miles)	89.3MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.47326499	0	-81.935	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-77	8
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.47300698	0.047768	-82	5
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.47269399	0.069516	-80	6
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-93	0
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.47229589	0.096856	-84	4
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.47176667	0.134138	-88	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.47157889	0.147187	-83	5
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.47140101	0.159614	-81	6
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.47140101	0.159614	-78	7

**TABLA 4.1** Presentación de los 10 primeros datos para la frecuencia 89.3 MHz

En la tabla 4.2, se presentan los primeros diez valores obtenidos con el software OASIS de la frecuencia 94.1 MHz

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	94.1MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-93.80762	4
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-95	3
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.473007	0.047768	-95	3
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-97	1
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-94	4
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.4722959	0.096856	-96	2
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.4717667	0.134138	-96	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.4715789	0.147187	-96	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-99	0
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-95	3

**TABLA 4.2** Presentación de los 10 primeros datos para la frecuencia 94.1 MHz

En la tabla 4.3, se indica los primeros diez valores obtenidos con el software OASIS para la frecuencia 97.7 MHz

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	97.7MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.47326499	0	-89.97927	4
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-94	2
10/04/2011	12:53:02	-0.1289459	-78.47300698	0.047768	-96	1
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.47269399	0.069516	-87	5
10/04/2011	12:53:13	-0.1288909	-78.472523	0.081322	-96	1
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.47229589	0.096856	-93	3
10/04/2011	12:53:34	-0.1287908	-78.47176667	0.134138	-86	6
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.47157889	0.147187	-83	7
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.47140101	0.159614	-97	1
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.47140101	0.159614	-81	8

**TABLA 4.3** Presentación de los 10 primeros datos para la frecuencia 97.7 MHz

En la tabla 4.4, se muestra los primeros diez valores obtenidos con el software OASIS para la frecuencia 102 .1 MHz

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	102.1MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128951	-78.473265	0	-83.1777	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129001	-78.473578	0.008	-94	0
10/04/2011	12:53:02	-0.128946	-78.473007	0.047768	-83	5
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.472694	0.069516	-87	3
10/04/2011	12:53:13	-0.128891	-78.472523	0.081322	-92	1
10/04/2011	12:53:20	-0.128868	-78.4722959	0.096856	-72	9
10/04/2011	12:53:34	-0.128791	-78.4717667	0.134138	-94	0
10/04/2011	12:53:40	-0.12876	-78.4715789	0.147187	-90	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128757	-78.471401	0.159614	-76	8
10/04/2011	12:53:57	-0.128757	-78.471401	0.159614	-86	4

**TABLA 4.4** Presentación de los 10 primeros datos para la frecuencia 102.1 MHz

En la tabla 4.5 se presenta los primeros diez valores obtenidos con el software OASIS para la frecuencia 106.5 MHz

Date	Time	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Distance (miles)	106.5 MHz (dBm)	bin
10/04/2011	12:52:50	-0.128950998	-78.47326499	0	-90.23	5
10/04/2011	12:52:56	-0.129000991	-78.473578	0.008	-96	2
10/04/2011	12:53:02	-0.128945889	-78.47300698	0.047768	-99	0
10/04/2011	12:53:09	-0.12892	-78.47269399	0.069516	-95	2
10/04/2011	12:53:13	-0.128890919	-78.472523	0.081322	-94	3
10/04/2011	12:53:20	-0.128867977	-78.47229589	0.096856	-96	2
10/04/2011	12:53:34	-0.128790789	-78.47176667	0.134138	-95	2
10/04/2011	12:53:40	-0.12876001	-78.47157889	0.147187	-95	2
10/04/2011	12:53:52	-0.128756988	-78.47140101	0.159614	-96	2
10/04/2011	12:53:57	-0.128756988	-78.47140101	0.159614	-95	2

**TABLA 4.5** Presentación de los 10 primeros datos para la frecuencia 106.5 MHz

En todas las tabla se muestra de izquierda a derecha los datos de fecha y hora (Date\_Time), latitud en grados (Latitude (Degrees)), longitud en grados (Longitude (Degrees)), distancia en millas (Distance (miles)), el nivel de potencia en dBm para las respectivas frecuencias y un valor denominado (bin) el cual el programa

OASIS asigna de acuerdo a los valores de potencia que se obtuvieron en la columna de nivel de potencia,

La tabla 4.6 se muestra los valores de relación de potencia de frecuencia con el valor de bin para las diferentes frecuencias

89.3MHz (dBm)	bin	94.1MHz (dBm)	bin	97.7MHz (dBm)	bin	102.1MHz (dBm)	bin	106.5MHz (dBm)	bin
-93	0	-99	0	-98	0	-94	0	-99	0
-90	1	-97	1	-96	1	-92	1	-85	1
-88	2	-96	2	-94	2	-90	2	-96	2
-86	3	-95	3	-93	3	-87	3	-94	3
-84	4	-94	4	-90	4	-86	4	-93	4
-82	5	-93	5	-87	5	-83	5	-90	5
-80	6	-92	6	-86	6	-80	6	-89	6
-78	7	-91	7	-83	7	-78	7	-88	7
-77	8	-90	8	-81	8	-76	8	-87	8
-73	9	-88	9	-78	9	-72	9	-84	9

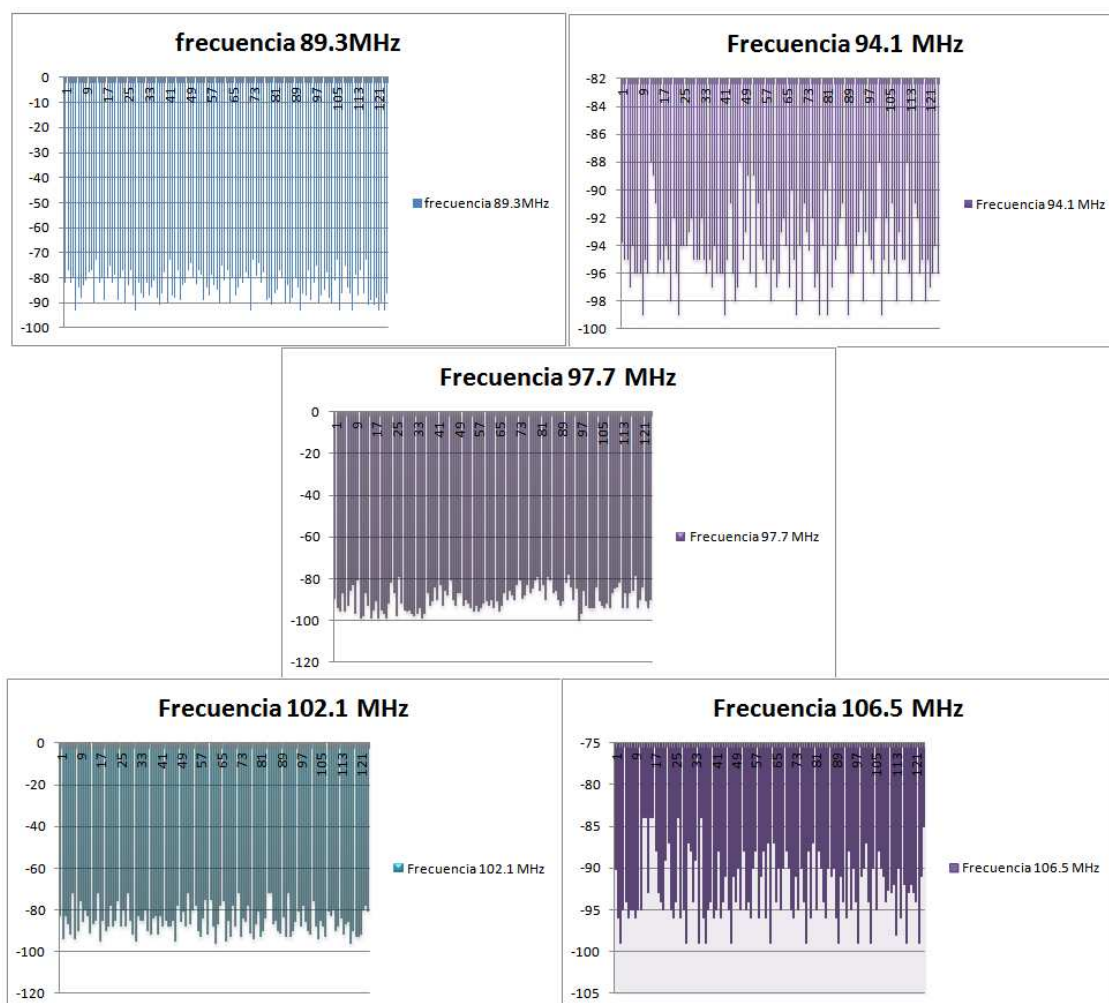
**TABLA 4.6** Valores bin asignados a las diferentes frecuencias utilizadas

Los valores en la columnas bin sirven para la asignación de puntos que representan el nivel de señal de potencia en (dBm) en el mapa, a estos valores entre 0 y 9 se les atribuye un color de acuerdo a la configuración que se realiza en el programa Google Earth Pro en el diseño de plantillas.

#### **4.9.1 PRESENTACIÓN DE LOS NIVELES DE POTENCIA EN (dBm)**

La gráfica de la figura 4.9 presenta un esquema de todas las 124 muestras de valores de señal de potencia en (dBm) para la frecuencia 89.3



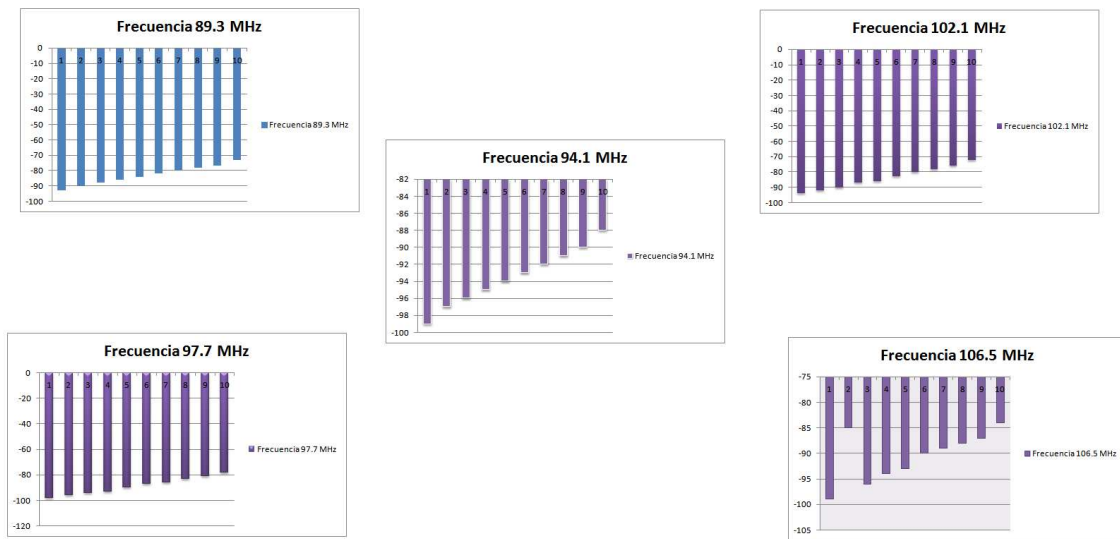


**FIGURA 4.9** Valores de señales de potencia en (dBm) para las diferentes frecuencias

Como se puede apreciar en la figura 4.9 se observa que en la trayectoria en la cual se realizó las mediciones de las diferentes radiodifusoras los valores de nivel de señal de potencia en (dBm) oscilan entre los -100 (dBm) hasta -72 (dBm) para las 124 muestras generadas en cada una de las frecuencias.

Los valores numéricos que se observan en la columna bin de la tabla representan el valor de nivel de señal de potencia expresado en (dBm), para la obtención del mapa, la figura 4.10, expone los respectivos valores para la respectiva comparación que relaciona con los respectivos valores de las columnas de potencia.





**FIGURA 4.10** Representación de los valores bin en niveles de potencia en (dBm)

## 4.10 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE SEÑAL

Para obtener el mapa final de niveles de señal de potencia expresados en dBm en una determinada zona o barrio de una ciudad, para una frecuencia fija o para un rango de frecuencias establecidas se procede a realizar los siguientes pasos:

- Selección de equipo a utilizar
- Instalación de programa OASIS
- Instalación de programa Google Earth Pro
- Selección de la ruta en la cual se va a realizar las mediciones
- Selección de la frecuencia o rango de frecuencias
- Configuración de programa OASIS
- Configuración de programa Google Earth Pro
- Visualización del mapa de niveles de señal en una determinada zona de la ciudad de Quito

### 4.10.1 SELECCIÓN DE EQUIPO A UTILIZAR

El equipo a utilizar en este proyecto está conformado por:

- Analizador de espectros Willtek 9101
- Antena receptora GPS GlobalSat BU-353
- Computador portátil Sony VAIO
- Vehículo Chevrolet Blazer

Los equipos enunciados pueden ser diferentes para la obtención del mapa, estos solo sirven de referencia.

#### **4.10.2 INSTALACIÓN DE PROGRAMA OASIS**

La instalación del programa OASIS se realiza en el computador de acuerdo a los requerimientos de software que el programa necesita. El programa OASIS sirve para recolectar datos desde el analizador de espectros de frecuencia “Los niveles de señal” y datos desde el receptor GPS como latitud y longitud. Los datos obtenidos mediante el programa OASIS pueden ser visualizados en otros programas de uso común como Word, Excel o bloc de notas.

#### **4.10.3 INSTALACIÓN DE PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO**

El software Google Earth Pro se instala en el computador después de cumplir con las peticiones que necesita el programa. El programa es compatible con el software OASIS y mediante el uso de los archivos almacenados en el programa OASIS se puede visualizar los datos en un mapa el software Google Earth Pro con la configuración respectiva.

#### **4.10.4 SELECCIÓN DE LA RUTA EN LA CUAL SE VA A REALIZAR LAS MEDICIONES**

La zona o la ruta que se va a elegir para realizar las correspondientes mediciones se realiza en base a diferentes situaciones entre ellas puede ser por baja recepción de señal de una o varias frecuencias asignadas a una estación radiodifusora FM, notificaciones por parte de usuarios, interferencia de otras estaciones, etc. Para este caso se tomó la ruta para obtener un número significativo de valores.

#### **4.10.5 SELECCIÓN DE FRECUENCIA O RANGO DE FRECUENCIAS**

La elección de una o varias frecuencias para la respectiva medición depende también de diversas situaciones similares a las del punto anterior. Las frecuencias asignadas a estaciones radiodifusoras FM pueden presentar algún problema en la recepción en algún lugar en el cual debería existir un buen servicio de esta radiodifusora FM. Las cinco frecuencias en esta ocasión fueron seleccionadas al azar.

#### **4.10.6 CONFIGURACIÓN DE PROGRAMA OASIS**

El programa OASIS se configura para recibir las señales del analizador de espectros de frecuencia, se especifica el rango de frecuencias en el cual se va a realizar las mediciones, luego se configura el receptor o la antena receptora GPS. Posteriormente se configura el programa para obtener los datos en vivo y finalmente se almacena los datos en el respectivo archivo "Drive Test" y se los guarda para que estos valores sean manipulados por el programa Google Earth para la obtención del mapa.

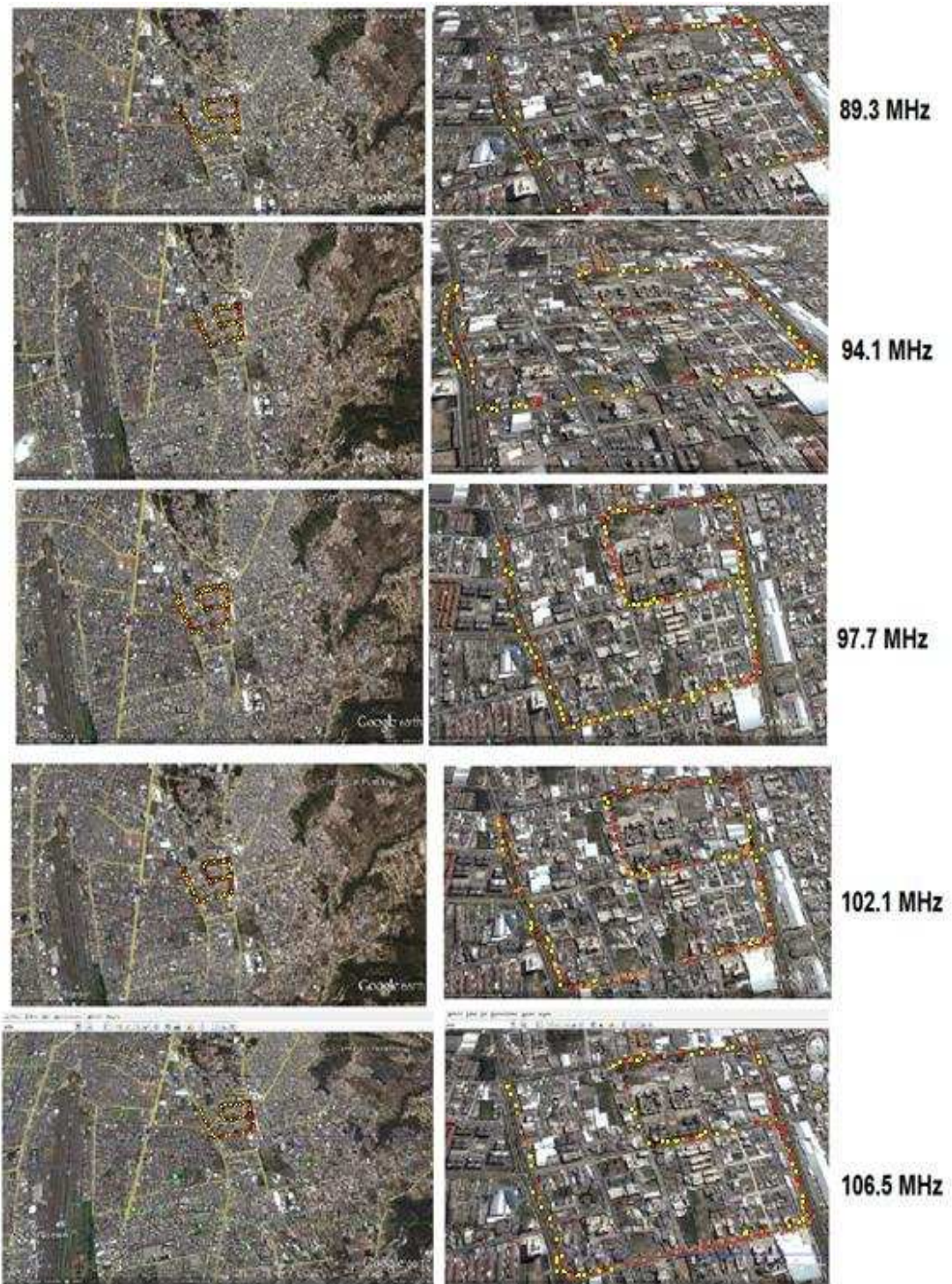
#### **4.10.7 CONFIGURACIÓN DE PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO**

La obtención del mapa de niveles de señal de potencia se obtiene en este programa, se importan los datos desde los archivos almacenados con el programa OASIS y luego se crea una nueva plantilla, se realiza las respectivas modificaciones para finalmente obtener el mapa.

#### **4.10.8 VISUALIZACIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE SEÑAL EN UNA DETERMINADA ZONA DE LA CIUDAD**

Luego de obtener el mapa con las respectivas configuraciones de los programas y los respectivos equipos que intervienen en este proceso, se puede visualizar en una determinada zona varios puntos de diferentes colores que representan un valor de nivel de señal de potencia en dBm, para las diferentes frecuencias FM que fueron seleccionadas.

En la figura 4.11, se puede visualizar los mapas cercanos y lejanos de las diferentes frecuencias.



**FIGURA 4.11** Visualización final de mapas lejano y cercano para las diferentes frecuencias

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los valores de nivel de señal de potencia en un determinado sector de la ciudad de Quito y los puntos de localización como la latitud y longitud se pueden recopilar de una manera muy breve y concisa con el uso de un vehículo, una antena receptora GPS, un analizador de espectros de frecuencia, un computador portátil y el software OASIS que permite presentar los datos que han sido almacenados por el analizador de espectros de frecuencia y los datos recopilados por la antena receptora GPS en un mismo archivo.
- Los archivos generados por el software mencionado en el punto anterior tienen compatibilidad con varios programas de Sistemas de Información Geográfica, conocidos como GIS por sus siglas en inglés. Los archivos originales pueden ser exportados para exponerlos de una manera gráfica, en un nuevo documento que contenga un mapa con las respectivas calles referentes al sector en el cual se hicieron las mediciones.
- Los datos necesarios para conseguir un mapa en el cual se presentan niveles de señal de potencia son básicamente la potencia de la señal, la cual se consigue con el analizador de espectros de frecuencia; y la longitud y latitud ubicada en un lugar específico donde se quiere realizar la medición, para ello se hace uso de un dispositivo receptor GPS.
- Los valores correspondientes al nivel de señal de potencia obtenidos en una determinada zona o específicamente en un establecido punto generalmente presentará un valor diferente en comparación a cualquier valor antes medido en ese punto, este fenómeno se debe a que la potencia generada en las antenas de transmisión de radiodifusión no son constantes. La portadora no presenta un nivel estable de transmisión específica, siempre hay variaciones, aunque a veces son mínimas o muy pequeñas.

- Los valores de nivel de señal de potencia, obtenidos mediante el software OASIS se encuentran muy por debajo de la cobertura que debe existir en una zona principal. De acuerdo a La recomendación UIT R.P.1546-2 y a los requerimientos de la SUPERTEL el valor mínimo de potencia para una zona principal en (dB $\mu$ V/m) es de 54 y para una zona secundaria es de 36. Con el programa OASIS y el analizador de espectros el valor más alto obtenido fue de 34.9897 que es un valor muy cercano al valor requerido para una zona secundaria.
- El programa OASIS no influye con las mediciones, solo coloca las mediciones del analizador de espectros y los datos de longitud y latitud obtenidos de un receptor GPS de una manera que puedan ser interpretado por el programa Google Earth.
- El modelo presentado muestra algunos beneficios sobre los actuales procesos de medición en las cuales se utiliza un receptor en un punto específico luego se realiza la recopilación de los datos de señal y el proceso tiene que ser repetido en varios puntos que se considera como parte del nuevo mapa o de toma puntos algo distantes, para luego hacer una estimación en una determinada zona. Sin la utilización del software OASIS el proceso para obtener un mapa de niveles de señal de potencia es un poco inexacto y llevaría mucho tiempo especialmente la localización de los puntos de posición es decir la latitud y longitud se debería ingresar mediante teclado y posteriormente hacer coincidir con los datos de nivel de señal previamente almacenados en un computador.
- El software OASIS permite obtener mediciones de varias frecuencias a la vez. En este caso se tomaron las frecuencias de FM comprendidas en el rango de 88 MHz a 108 MHz. Y de estas se consideraron cinco frecuencias al azar.
- Los sistemas de información geográficos conocidos como GIS de sus siglas en inglés tienen una gran importancia ya que gracias a estos se

puede localizar una posición exacta y visualizar las calles por las cuales se realizó la medición, también sobre la zona en la cual se efectuó las mediciones se puede aumentar información adicional como se realiza con los niveles de potencia, añadir puntos de principio o de fin, referencias y otros.

- En la configuración para la recolección de datos en el programa OASIS se establece un lapso de tiempo para cada medición, si se realiza una medición con lapsos menores de tiempo en cada una de las mediciones se obtendrá un archivo final con más datos pero se necesita un computador con más capacidad para obtener los datos, de lo contrario el computador se vuelve lento y no puede tomar la información de todos los datos, el computador colapsa y se apaga o se cierra el programa OASIS.
- Los datos obtenidos para las cinco frecuencias tienen valores similares de nivel de potencia, de acuerdo con las mediciones del analizador de espectros Willtek ninguna emisora de las seleccionadas tiene el nivel mínimo requerido para la emisión de radiodifusión FM.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Para obtener datos más exactos en lo que a latitud y longitud se refiere se puede utilizar un dispositivo receptor GPS de mayor sensibilidad.
- La medición de la latitud y longitud mediante el receptor GPS preferentemente debe realizarse en un día despejado ya que la línea de vista con los satélites cercanos es directa y en un día despejado no existen reflexión ni refracción y tampoco pérdidas por rebotes, adicionalmente en un día despejado se puede tener en el receptor GPS mayor cantidad de satélites y una mejor exactitud de la posición a la que se encuentra y que está siendo medida en ese instante.
- Es importante colocar la puntuación en el computador portátil de manera que el punto separe las cifras decimales y la coma las cifras de miles,



porque al importar los datos al programa GIS para representarlos en un mapa, el programa GIS no reconoce los datos y se generan problemas, en conclusión no se puede generar el correspondiente mapa de niveles de potencia.

- Los datos obtenidos son una aproximación muy cercana a la realidad pero si se requiere de una mayor exactitud se debe hacer uso de software original ya que estos proporcionan mayor número de datos y no presentan restricciones.
- Otra opción para obtener el mapa de niveles de señales de potencia es mediante el equipo analizador de espectros de frecuencia Wiltek 9102, el cual posee su propio receptor GPS y software propietario, con en este dispositivo no es necesario de un software externo, pero si necesita un software GIS para mostrar los resultados finales en forma gráfica.
- La velocidad adecuada del vehículo para la recolección de datos debe ser menor a los 50 [Km/h], debido a la localización de los satélites mediante el receptor GPS y la sensibilidad que posee.
- De ser posible se debería hacer uso de otros analizadores de espectros para realizar comparaciones de los datos obtenidos en cada uno de ellos.
- Si debería haber hecho por lo menos tres mediciones en el mismo lugar para comparar el desempeño de cada una de las frecuencias. (Esto no se pudo realizar por la limitación de recursos que tiene la SUPER, los equipos están en constante uso por las mediciones que deben realizar para otros servicios de telecomunicaciones)
- Se puede realizar un mapa completo de la incidencia de la intensidad de campo eléctrico de las distintas emisoras de la ciudad de Quito, siguiendo la metodología que se ha usado en la herramienta indicada en este proyecto.





## REFERENCIAS

### Libros y Tesis

- “TELECOMUNICACIONES MÓVILES”, ADUANERO J., BARBA A., AYALA M., DELGADO J., RODRÍGUEZ L., QUILEZ V., RECACHA F. y otros autores, Serie Mundo Electrónico, 2ª edición, editorial Marcombo BOIXAREU EDITORES, Barcelona 1998
- “Guía de Referencia PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE CAMPO (DRIVE TEST)”, COMITÉ DE NORMALIZACION, Tegucigalpa, Honduras 2008
- “CALIDAD DE LAS OPERADORAS CELULARES EN CUENCA”, ROBLES DURAZNO Iván y SARMIENTO DURÁN Germán, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de ingenierías, Carrera en ingeniería Electrónica 2007
- “Estudio e instalación de enlaces microonda en banda libre entre Quito y Latacunga para transmisión de datos e internet para la empresa Ecuonline S.A.”, Chulde Klever, director Ing. Pablo López, julio 2010.
- “PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA AMPLIACION DE COBERTURA DE LA RED CELULAR GSM Y AJUSTE DE PARAMETROS (INITIAL TUNING) MEDIANTE UN REPETIDOR ACTIVO PARA LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE NAPO PARA UNA EMPRESA DE TELEFONIA CELULAR”, Lydy Melina Aguirre León, director Ing. Carlos Herrera, junio 2010
- “INTRODUCCION A LAS TELECOMUNICACIONES MODERNAS”, HERRERA Enrique, primera edición, LIMUSA, México, 2004
- “SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS”, TOMASI Wayne, cuarta edición, Prentice Hall, México, 2003

- Base de datos SIRA TV (SUPERTEL)

### **Direcciones electrónicas**

- <http://telefonicamoviles.gio.etsit.upm.es/catedra/2009/03/los-drive-test-como-control-de-emisiones-radioelectricas/>
- [http://telecom.ucsp.edu.pe/index.php?option=com\\_content&task=view&id=24&Itemid=46](http://telecom.ucsp.edu.pe/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=46)
- <http://www.ericsson.com/tems>
- <ftp://labeledc.uniandes.edu.co/Especializaciones/Telecomunicaciones/HERRAMIENTA%20AUTOM.%20XA%20ANALISIS%20CALIDAD%20SERV.%20REDES%20GSM%20BASANDOSE%20EN%20DATOS%20OBTENIDOS%20EN%20DRIVE%20TEST/Documento%20Jorge%20Cardenas.pdf>
- <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/4/Capitulo%203.pdf>
- <http://www.sonystyle.com/webapp/wcs/store/servlet/CategoryDisplay?catalogId=10551&storeId=10151&langId=1&categoryId=8198552921644699998>
- [http://tm.livingston.es/p\\_anritsu/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/anritsu-ml8720b/](http://tm.livingston.es/p_anritsu/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/anritsu-ml8720b/)
- <http://tm.livingstong.es/p-bv-systems/telecomunicacionesradiocomunicaciones/drive-test-medidas-de-cobertura/bv-systems-004025ac/>
- [http://www.ecuadorgps.com/index.php?option=com\\_content&task=blogsection&id=10&Itemid=10](http://www.ecuadorgps.com/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=10&Itemid=10)
- <http://guayaquil.olx.com.ec/alquilo-autos-camionetas-4x4-furgonetas-iid-47520565>
- <http://www.ecuadorciencia.org/noticias.asp?id=9528&fc=20100920>
- [http://www.festivalbeckett.com.ar/?page\\_id=8](http://www.festivalbeckett.com.ar/?page_id=8)

- <http://www.supertel.gob.ec/index.php/Ultimas-noticias/supertel-detecto-llamadas-caids-en-pruebas-de-telefonía-movil-en-quito.html>
- [http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/4/Capitulo% 203.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/177/4/Capitulo%203.pdf)
- [http://books.google.com.ec/books?id=ztTpTayFeSUC&pg=PT264&lpg=PT264&dq=Intensidad+de+campo+en+el+%C3%A1rea+de+cobertura+de+la+celda&source=bl&ots=JF8l0dSOS1&sig=v48UCPCYMhrhvLctskmreEKyYHU&hl=es&ei=\\_bXqTP2gLoL7lweOv5yiCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8&ved=0CD8Q6AEwBw#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.ec/books?id=ztTpTayFeSUC&pg=PT264&lpg=PT264&dq=Intensidad+de+campo+en+el+%C3%A1rea+de+cobertura+de+la+celda&source=bl&ots=JF8l0dSOS1&sig=v48UCPCYMhrhvLctskmreEKyYHU&hl=es&ei=_bXqTP2gLoL7lweOv5yiCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CD8Q6AEwBw#v=onepage&q&f=true)
- [http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=786](http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=786)
- <http://www.slideshare.net/chestrellita/jornadas-esmeraldas-servicio-mvil-avanzado>
- <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/672/1/1181.pdf>
- [http://www.emagister.com/cursos-gratis/frame.cfm?id\\_centro=43204110021466565570676950524550&id\\_curso=37437070041970686556505356684550&id\\_user=31744421001201007486566685349536&id\\_segmento=3&id\\_categ=475&id\\_búsqueda=655676](http://www.emagister.com/cursos-gratis/frame.cfm?id_centro=43204110021466565570676950524550&id_curso=37437070041970686556505356684550&id_user=31744421001201007486566685349536&id_segmento=3&id_categ=475&id_búsqueda=655676)
- [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=600:sector-de-radio-y-television&catid=253=normas&Itemid=249](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=600:sector-de-radio-y-television&catid=253=normas&Itemid=249)
- <http://www.supertel.gob.ec/index.php/Ultimas-noticias/principales-parametros-tecnicos-controlados-a-las-estaciones-de-radiodifusion-y-television-del-pais.html>

- <http://raulcaroy.iespana.es/FISICA/49%20ondas%20electromagneticas%20i.pdf>
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo1.pdf)
- <http://www.slideshare.net/walter13333/propagacin-de-las-ondas-de-radio>
- <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=14>
- <http://es.scribd.com/doc/13724587/Propagacion-por-onda-de-superficie-Cap11>
- <http://alleynethompson.blogspot.com/>
- <http://.cpdee.ufmg.br/~fernando/artigos/momag06b.pdf>
- <http://www.catr.cn/radar/itur/201007/P020100714443687115054.pdf>
- [http://www.wmagister.com/cursos-gratis/frame.cmf?id\\_centro=43204110021466557067695052455&id\\_curso=37437070041970686556505356684550&id\\_user=31744421001201007486566685349536&id\\_segmento=3&id\\_categ=475&id\\_busqueda=655676](http://www.wmagister.com/cursos-gratis/frame.cmf?id_centro=43204110021466557067695052455&id_curso=37437070041970686556505356684550&id_user=31744421001201007486566685349536&id_segmento=3&id_categ=475&id_busqueda=655676)
- [http://books.google.com.ec/books?id=XLCCdIdIVNkC&pg=PA12&dq=gis+geographic+information+system&hl=es&ei=Q7zRTsLrKMGtgQfQg82vDQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCQ#v=onepage&q=gis%20geographic%20information%20system&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=XLCCdIdIVNkC&pg=PA12&dq=gis+geographic+information+system&hl=es&ei=Q7zRTsLrKMGtgQfQg82vDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCQ#v=onepage&q=gis%20geographic%20information%20system&f=false)
- [http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/indata/v02\\_n2/sistemas.htm#TIPOS](http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n2/sistemas.htm#TIPOS)

- <http://software.geocomm.com/>
- [http://www.mpieletronica.com.br/site2/pdf/9101\\_ug\\_0608-450-A.pdf](http://www.mpieletronica.com.br/site2/pdf/9101_ug_0608-450-A.pdf)
- <http://www.qsl.net/9w2sl/antnote2.html>

## **ANEXOS**