REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL” bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

IMPACTO AMBIENTAL DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE GENERADA POR SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

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

ROMO MORALES JOSÉ ALBERTO

(josea.romom@gmail.com)

RUBIO MORA DANIELA ALEXANDRA

(danny.rubiom@hotmail.com)

DIRECTOR: ING. EFRÉN DÍAZ

(ediaz@supertel.gob.ec)

Quito, Junio 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, José Alberto Romo Morales y Daniela Alexandra Rubio Mora, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

_____ _____

José Alberto Romo Morales Daniela Alexandra Rubio Mora

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Alberto Romo Morales y Daniela Alexandra Rubio Mora, bajo mi supervisión.

_____

ING. EFRÉN DÍAZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Expreso el más profundo de mis agradecimientos a Dios, por ser nuestro creador, quien nos llena de salud y amor para hacer placentero nuestro paso por la vida terrenal.

A mis padres, por su incansable esfuerzo y dedicación con el único afán de entregarme en vida la mejor de las herencias: La Educación. A mis hermanos por su apoyo, confiabilidad y fidelidad en los momentos precisos. A mi abuelito Lizardo por sus sabias palabras que hicieron de mí una persona leal a mis convicciones. A mis familiares y amigos, por su apoyo y consejo apropiado en el momento indicado.

A todos y cada uno de mis maestros, de manera especial al Ing. Efrén Díaz, mentores del saber, que durante mi vida universitaria han sabido nutrirme de sus conocimientos, brindándome de esta manera una valiosa herramienta para enfrentar con decisión la batalla que se libra fuera de las aulas.

A la Superintendencia de Telecomunicaciones, por abrirme sus puertas y permitirme aprender de sus actividades, a los Ingenieros: Xavier Páez, Fausto Sánchez, Marcelo Filian, Carlos Giler, Guillermo Ramos por su apoyo incondicional durante el desarrollo del presente proyecto.

A mis compañeros de clase, del E.O.T.P. y del Club Politécnico, quienes me brindaron su voz de aliento en todo momento y compartieron conmigo aquellos instantes de recreación para librarnos del estrés que puede generar el estudiar en la Poli.

Extiendo un agradecimiento muy especial a la mejor compañera, amiga y confidente Daniela Rubio, quien además ha sido mi compañera para el desarrollo de este proyecto en el cual ha demostrado su excelencia académica, intachable personalidad y apoyo incondicional.

José

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres, quienes me guiaron y acompañaron en cada momento de mi vida. A mis hermanos, a pesar de que a veces nos molestamos, siempre supe que estarían ahí para mí. A mi prima Sonia y Patricio, por su apoyo incondicional y cariño que han sabido demostrarme, y a mis primitos Andy y Criss (Avatar) a quienes adoro. Y a Miriam, gracias por la laptop.

A mis profesores de la Escuela Politécnica Nacional, quienes a través de sus enseñanzas no solo nos han impartido sus conocimientos, sino sus valores esperando que podamos construir un mejor futuro para nuestro país. Al Ingeniero Efrén Díaz, gracias porque siempre estuvo dispuesto a ayudarnos y a resolver nuestras inquietudes.

A la Superintendencia de Telecomunicaciones y de manera especial al Ingeniero Xavier, Fausto, Marcelo, Mauricio, Guillermo y al Inge Carlitos por todo el apoyo que supieron brindarnos durante la realización de este proyecto,

A José, mi compañero de tesis y amigo. Gracias por tu compromiso y dedicación con el trabajo que llevamos a cabo, y para el amigo no existen palabras que expresen lo agradecida que estoy por el apoyo y soporte que supiste darme durante el tiempo que compartimos en la poli.

A los amigos y compañeros que encontré en el transcurso de mi vida estudiantil en la Poli, pero especialmente quiero expresar mi agradecimiento a Dieguito Pato, quien más que mi amigo te considero como el hermano mayor que nunca tuve, gracias por los consejos y jalones de oreja aunque algunas veces fueron innecesarios, y a los chicos SHPE, quienes me enseñaron el verdadero trabajo en equipo.

Gracias a todos…

Daniela

DEDICATORIA

A mis padres Nancy y José, por enseñarme a levantarme después de un tropiezo y seguir hacia delante, por extenderme sus dos manos llenas de cariño y afecto, las mismas que en el momento indicado también supieron reprender con el único afán de hacer de mi una persona de bien, pero sobre todo por enseñarme a ser responsable, gracias a ustedes he llegado a la culminación de este proyecto y ascender un escalón más en mi preparación académica.

José

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con todo mi amor y cariño a toda mi familia y especialmente a mi mamá Mariana, quien me enseño a través de su ejemplo a luchar y trabajar arduamente hasta conseguir la meta planteada.

Y a mi sobrinita Aly, el pequeño angelito de mi familia que llegó a darnos felicidad y dicha.

Daniela

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN I
CERTIFICACIÓN II
AGRADECIMIENTO III
DEDICATORIA V
CONTENIDO VII
ÍNDICE DE FIGURAS XIII
ÍNDICE DE TABLAS XVI
RESUMEN XVIII
PRESENTACIÓN XX

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

MARCO REGULATORIO DE RADIACIONES NO IONIZANTES

1.1. ORGANISMOS INTERNACIONALES DE REGULACIÓN 1
1.1.1. ANTECEDENTES 1
1.1.2. COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN NO IONIZANTE (ICNIRP) 2
1.1.3. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) 3
1.1.3.1. Proyecto Internacional CEM 4
1.1.4. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT) 4
1.1.5. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA) 5
1.1.6. INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (IEEE) ... 5
1.2. RECOMENDACIONES Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES 6
1.2.1. DE LA UIT 6
1.2.1.1. UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos 6
1.2.1.2. UIT-T K.61 Orientación sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para el cumplimiento de los límites de exposición humana de las instalaciones de telecomunicaciones 7
1.2.2. DE LA IEEE 7

1.3. MARCO REGULATORIO VIGENTE EN EL ECUADOR RELACIONADO CON RNI …. 8

1.3.1. DECRETO EJECUTIVO Nº 8 8

1.3.1.1. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) 8

1.3.2. ORGANISMOS DE REGULACIÓN, REGLAMENTACIÓN Y CONTROL DE LAS RNI 10

1.3.2.1. Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) 10

1.3.2.2. Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) 11

1.3.2.3. Ministerio del Ambiente 12

1.3.2.4. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito 12

1.3.3. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR 13

1.3.4. RESOLUCIÓN No. 01-01-CONATEL-2005 15

1.3.4.1. Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico 16

1.3.4.1.1. Magnitudes y Unidades 17

1.3.4.1.2. Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija 18

1.3.4.1.3. Cálculo de los valores máximos de exposición para las bandas de frecuencia del Servicio Móvil Avanzado. 19

1.3.4.1.4. Organismo de Control 21

1.3.5. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL 21

1.3.5.1. REGISTRO OFICIAL No. 41 – Miércoles 14 de Marzo de 2007 22

1.3.5.2. ACUERDO 010 FICHA AMBIENTAL DE ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS FIJAS DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO 23

1.3.6. ORDENANZA METROPOLITANA No. 0227 24

CAPÍTULO 2

SISTEMA DE MEDIDA

2.1. TELEFONÍA MÓVIL 26

2.1.1. ORGANIZACIÓN DE LA RED 26

2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RADIOBASES 28

2.1.2.1. Inclinación del haz o "Tilt" 32

2.1.3. SISTEMA DE PARARRAYOS 34

2.1.3.1. Pararrayo de Franklin 34

2.1.3.2. Pararrayo Dipolo Corona 35

2.1.4. BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS A LAS OPERADORAS EN ECUADOR 36

2.1. EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZARSE EN RNI 37

2.2. MEDIDOR SELECTIVO EN FRECUENCIA NARDA SRM-3000 38

2.3.1. COMPONENTES DEL SRM-3000 38

2.3.1.1. Unidad Básica SRM 39

2.3.1.2. Antena de Tres Ejes 40

2.3.1.3. Cables 41

2.3.2. MODO "SAFETY EVALUATION" 42

2.3.3. PC SOFTWARE 42

2.3.4. CONFIGURACIÓN DE LOS "SERVICE TABLES" 44

2.3.5. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PARA REALIZAR LAS MEDICIONES DE RNI …… 56

2.3.5.1. Selección del "Measurement Range" 60

CAPÍTULO 3

MEDICIONES Y ANÁLISIS DE VALORES DE RNI

3.1. MOTIVOS PARA REALIZAR UNA MEDICIÓN 61

3.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN 62

3.2.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ESTABLECIDO POR EL REGLAMENTO DE PROTECCIÓN DE EMISIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES GENERADAS POR EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 62

3.2.1.1. Procedimiento de Medición 62

3.2.1.2. Método de Medición 63

3.2.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN REALIZADO 64

3.2.3. TIEMPO DE MEDICIÓN 68

3.2.3.1. Configuración del tiempo de medición en la unidad básica SRM 69

3.3. CANTIDAD Y UBICACIÓN DE LAS RADIOBASES INSTALADAS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 69

3.3.1. RADIOBASES PERTENECIENTES A LA OPERADORA CONECEL S.A. 70

3.3.1.1. Representación de las Radiobases de la Operadora CONECEL S.A. en Google Earth 73

3.3.1.2. Radiobases de la Operadora CONECEL S.A. que trabajan en la Banda de 1900 MHz .. 73

3.3.1.3. Representación de las Radiobases que trabajan en la banda de 1900 MHz de la Operadora CONECEL S.A. en Google Earth 75

3.3.2. RADIOBASES PERTENECIENTES A LA OPERADORA OTECEL S.A. 76

3.3.2.1. Representación de las Radiobases de la Operadora OTECEL S.A. en Google Earth 79

3.4. SELECCIÓN DE LA MUESTRA 79

3.4.1. MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO 80

3.4.2. MUESTREO PARA CONECEL S.A. (PORTA) 81

3.4.3. MUESTREO PARA OTECEL S.A. (MOVISTAR) 83

3.5. ANÁLISIS DE LA MUESTRA 84

3.5.1. REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS 84

3.5.1.1. Distribución de Frecuencias 85

3.5.1.1.1. Histogramas 85

3.5.1.1.2. Polígonos de Frecuencia 86

3.5.2. MEDIDAS DESCRIPTIVAS 86

3.5.2.1. Estadísticos de Tendencia Central 86

3.5.2.1.1. La Media 86

3.5.2.1.2. La Mediana 87

3.5.2.1.3. La Moda 87

3.5.2.2. Medidas de Dispersión o Variabilidad 87

3.5.2.2.1. Rango 88

3.5.2.2.2. Varianza 88

3.5.2.2.3. Desviación Estándar 88

3.5.3. VARIABLE DE ESTUDIO 89

3.5.3.1. Mediciones pertenecientes a la Muestra de CONECEL S.A. realizadas en el año 2010 90

3.5.3.2. Mediciones pertenecientes a la Muestra de OTECEL S.A. realizadas en el año 2010 91

3.5.4. CÁLCULO DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS 92

3.5.4.1. Medidas Descriptivas pertenecientes a la Muestra de CONECEL S.A. 92

3.5.4.2. Medidas Descriptivas pertenecientes a la Muestra de OTECEL S.A. 94

3.5.4.3. Histogramas de Frecuencia 96

3.5.4.3.1. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de CONECEL S.A. 97

3.5.4.3.2. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de OTECEL S.A. 98

3.5.5. CÁLCULO DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS CORRESPONDIENTE A LAS MEDICIONES PREVIAS DE RNI 99

3.5.5.1. Medidas correspondientes a la operadora CONECEL S.A. 99

3.5.5.1.1. Mediciones de RNI realizadas en años anteriores pertenecientes a la muestra de CONECEL S.A. 99

3.5.5.1.2. Cálculo de las Medidas Descriptivas referentes a las Mediciones previas realizadas a la muestra de CONECEL S.A. 100

3.5.5.1.3. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de CONECEL S.A. 102

3.5.5.2. Medidas correspondientes a la operadora OTECEL S.A. 103

3.5.5.2.1. Mediciones de RNI realizadas en años anteriores 103

3.5.5.2.2. Cálculo de las Medidas Descriptivas Globales 104

3.5.5.2.3. Distribución de Frecuencias 106

3.5.6. COMPARACIÓN DE VALORES 107

3.5.6.1. CONECEL S.A. 107

3.5.6.2. OTECEL S.A. 108

3.6. ANÁLISIS DEL SEGUIMIENTO REALIZADO A LAS RADIOBASES "LA Y" (CONECEL S.A.) Y "BALTRA" (OTECEL S.A.) 110

3.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LAS RADIOBASES SELECCIONADAS EN EL SEGUIMIENTO 111

3.6.1.1. Global System for Mobile Comunication – GSM 111

3.6.2. TRÁFICO CURSADO MEDIDO EN ERLANGS EN LA HORA CARGADA POR LAS RADIOBASES SELECCIONADAS PARA EL SEGUIMIENTO 112

3.6.2.1. Tráfico Cursado por la RBS "La Y" 113

3.6.2.2. Tráfico Cursado por la RBS "Baltra" 114

3.6.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 116

3.6.3.1. Radiobase "La Y" (CONECEL S.A.) 116

3.6.3.2. Radiobase "Baltra" (OTECEL S.A.) 119

3.6.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS 122

3.6.4.1. Gráficas en función del día de medición 122

3.6.4.1.1. CONECEL S.A. 122

3.6.4.1.2. OTECEL S.A. 125

3.6.4.2. Gráficas en Función de la Hora de Medición 129

3.6.4.2.1. CONECEL S.A. 130

3.6.4.2.2. OTECEL S.A. 131

3.6.4.3. Gráficas en Función del Tiempo de Medición 132
3.6.4.3.1. CONECEL S.A. 132
3.6.4.3.2. OTECEL S.A. 133

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES 135
4.2. RECOMENDACIONES 138

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 143
ANEXOS 146

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Ejemplo de la Organización de una Red Celular y su Patrón de Reuso de Frecuencias 27
Figura 2.2 Torre Autosoportada Figura 2.3. Torre con riendas para soporte ... 29
Figura 2.4. Torre Monopolo Figura 2.5. Torre sobre la terraza de edificio 29
Figura 2.6. Radiobase instalada sobre una terraza 30
Figura 2.7. Mimetizada Sobre una Terraza 30
Figura 2.8. Microceldas Interiores 30
Figura 2.9. Representación de la Emisión debajo de una Antena Celular 31
Figura 2.10. Ejemplo de una antena celular con tilt mecánico 33
Figura 2.11. Patrón de Radiación de una antena con tilt mecánico 33
Figura 2.12. Patrón de Radiación de una antena con tilt eléctrico 34
Figura 2.13. Pararrayos Punta Simple Franklin 35
Figura 2.14. Pararrayos Dipolo Corona 35
Figura 2.15. Frecuencias concesionadas para Telefonía Móvil en Ecuador, Banda de 850 MHz 36
Figura 2.16. Frecuencias concesionadas para Telefonía Móvil en Ecuador, Banda de 1900 MHz 37
Figura 2.17. Equipo de Medición Narda SRM-3000 38
Figura 2.18. Unidad Básica SRM 40
Figura 2.19. Antena de tres ejes 41
Figura 2.20. Antena conectada al Cable de Control de 1.5 [m] 42
Figura 2.21. Pantalla de Inicio del Software "SRM-TS" 44
Figura 2.22. Pantalla de Inicio de "Device Configuration" 45
Figura 2.23. Selección de nuevo documento 45
Figura 2.24. Selección de configuración de nuevo documento 46
Figura 2.25. Pantalla de configuración de las Tablas de Servicio 46
Figura 2.26. Selección de configuración de una nueva Tabla de Servicio 47
Figura 2.27. Ventana para configuración de la nueva Tabla de Servicio 47
Figura 2.28. Asignación de nombres de la tabla de servicio 48
Figura 2.29. Ingreso de Frecuencias 49
Figura 2.30. Ejemplo del Ingreso de frecuencias de una tabla de servicio 49
Figura 2.31. Ejemplo del ingreso del primer servicio en una Tabla de Servicio 50
Figura 2.32. Ejemplo del ingreso de varios servicios en una Tabla de Servicio 50
Figura 2.33. Ejemplo de una Tabla de Servicio terminada 51
Figura 2.34. Ejemplo de una Configuración de Tablas de Servicio Terminadas 51
Figura 2.35. Ejemplo de la Conexión de la Unidad Básica con una Laptop 52
Figura 2.36. Transferir la configuración a la unidad SRM a través del menú "File" 53
Figura 2.37. Transferir la configuración a la unidad SRM a través de la barra de herramientas 53
Figura 2.38. Ejemplo de la señal de advertencia que da el programa 54

Figura 2.39. Ejemplo de Selección del puerto COM 54
Figura 2.40. Ejemplo del proceso de transferencia de la configuración en el software 55
Figura 2.41. Ejemplo del proceso de transferencia en la unidad básica SRM 55
Figura 2.42. Ejemplo del encendido del equipo 56
Figura 2.43. Ejemplo de la selección del modo “Safety Evaluation” 57
Figura 2.44. Ejemplo de la selección de la opción "Service Tables" 57
Figura 2.45. Ejemplo de la selección de la tabla de servicio de la operadora OTECEL S.A. (Movistar) 58
Figura 2.46. Ejemplo de la pantalla del SRM al momento de seleccionar la tabla de servicio de OTECEL S.A. (Movistar) 58
Figura 2.47. Ejemplo de selección del “Measurement Range” 59
Figura 2.48. Ejemplo de selección del "Result Type" 59
Figura 2.49. Ejemplo de selección de las unidades en las que se presenta la medición .. 60

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Ejemplo de la forma de ubicación para realizar una medición 65
Figura 3.2. Ejemplo de la obtención de coordenadas en un punto de medición 66
Figura 3.3. Ejemplo de cómo escoger los puntos medición 66
Figura 3.4. Ejemplo de cómo llenar el certificado 67
Figura 3.5. Ejemplo de una radiobase con su certificado 68
Figura 3.6. Representación en Google Earth del total de radiobases instaladas de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito 73
Figura 3.7. Representación en Google Earth de las radiobases que operan en la banda de los 1900 MHz de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito 75
Figura 3.8. Representación en Google Earth del total de radiobases instaladas de OTECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) 79
Figura 3.9. Representación gráfica del Muestreo Aleatorio Estratificado 81
Figura 3.10. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a la muestra de CONECEL S.A. 94
Figura 3.11. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones del año 2010 de la muestra de OTECEL S.A. 96
Figura 3.12. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de la muestra perteneciente a CONECEL S.A referente a las mediciones realizadas en el año 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia 97
Figura 3.13. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de OTECEL S.A referentes a las mediciones realizadas en el año 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia. 98
Figura 3.14. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones previas al año 2010 de la muestra de CONECEL S.A. 101
Figura 3.15. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de la muestra perteneciente a CONECEL S.A. correspondiente a las mediciones realizadas en años anteriores al 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia 102

Figura 3.16. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones previas al año 2010 de la muestra de OTECEL S.A. 105
Figura 3.17. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de OTECEL S.A. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia referente a las mediciones realizadas previamente a las radiobases que conforman la muestra 106
Figura 3.18. Comparación de los valores de densidad de potencia entre las mediciones realizadas en el año 2010 y las de años anteriores correspondiente a la operadora CONECEL S.A. 108
Figura 3.19. Comparación de los valores de densidad de potencia entre las mediciones realizadas en el año 2010 y las de años anteriores correspondiente a la operadora OTECEL S.A. 109
Figura 3.20. Representación Gráfica del Tráfico cursado medido en Erlangs en la hora cargada durante el mes de febrero del año 2011 de la RBS “La Y” 113
Figura 3.21. Representación Gráfica del Tráfico cursado medido en Erlangs en la hora cargada durante el mes de febrero del año 2011 de la RBS “Baltra” 115
Figura 3.22. Ubicación de la RBS “La Y” con sus respectivos sectores de direccionamiento 117
Figura 3.23. Ubicación de la RBS “Baltra” con sus respectivos sectores de direccionamiento 119
Figura 3.24. Representación de Resultados en el Primer Punto de Medición 122
Figura 3.25. Representación de Resultados en el Segundo Punto de Medición 123
Figura 3.26. Representación de Resultados en el Tercer Punto de Medición 124
Figura 3.27. Representación de Resultados en el Cuarto Punto de Medición 125
Figura 3.28. Representación de Resultados en el Primer Punto de Medición 125
Figura 3.29. Representación de Resultados en el Segundo Punto de Medición 126
Figura 3.30. Representación de Resultados en el Tercer Punto de Medición 127
Figura 3.31. Representación de Resultados en el Cuarto Punto de Medición 128
Figura 3.32. Representación de Resultados en el Quinto Punto de Medición 129
Figura 3.33. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función de la hora de medición 130
Figura 3.34. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función de la hora de medición 131
Figura 3.35. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función del tiempo de medición 132
Figura 3.36. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función del tiempo de medición 133

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1. Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija 18
Tabla 1.2. Límites Máximos de Exposición establecidos por Estación Radioeléctrica Fija 21

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Total de radiobases instaladas de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) 73
Tabla 3.2. Radiobases que operan en la banda de 1900 MHz de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DQM) 75
Tabla 3.3. Total de radiobases instaladas de OTECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) 78
Tabla 3.4. Muestra perteneciente a la Operadora CONECEL S.A. 82
Tabla 3.5. Muestra perteneciente a la Operadora OTECEL S.A. 84
Tabla 3. 6. Valores de densidad de potencia en mW/cm2 perteneciente a la Operadora CONECEL S.A. 90
Tabla 3.7. Valores de densidad de potencia en mW/cm2 perteneciente a la Operadora OTECEL S.A. 92
Tabla 3.8. Medidas Descriptivas de la Muestra de CONECEL S.A. 93
Tabla 3.9. Medidas Descriptivas de la Muestra de OTECEL S.A. 95
Tabla 3.10. Valores de densidad de potencia perteneciente a la Operadora CONECEL S.A. correspondientes a las mediciones realizadas en años anteriores 100
Tabla 3.11. Medidas Descriptivas pertenecientes a las Mediciones Previas 100
Tabla 3.12. Valores de densidad de potencia perteneciente a la Operadora OTECEL S.A. correspondientes a las mediciones realizadas en años anteriores 104
Tabla 3.13. Medidas Descriptivas correspondientes a las mediciones realizadas en años previos al 2010 en las radiobases que conforman la muestra 104
Tabla 3.14. Hora cargada correspondiente al tráfico cursado medido en Erlangs en cada una de las celdas de la RBS “La Y” durante el mes de febrero del año 2011 114
Tabla 3.15. Hora cargada correspondiente al tráfico cursado medido en Erlangs en cada una de las celdas de la RBS “Baltra” durante el mes de Febrero del año 2011 116
Tabla 3.16. Información General de las Condiciones en las que se realizaron las mediciones 117
Tabla 3.17. Resultados obtenidos en el Primer Punto de Medición 118
Tabla 3.18. Resultados obtenidos en el Segundo Punto de Medición 118
Tabla 3.19. Resultados obtenidos en el Tercer Punto de Medición 118
Tabla 3.20. Resultados obtenidos en el Cuarto Punto de Medición 119
Tabla 3. 21. Información General de las Condiciones en las que se realizaron las mediciones 120
Tabla 3.22. Resultados obtenidos en el Primer Punto de Medición 120
Tabla 3.23. Resultados obtenidos en el Segundo Punto de Medición 120

Tabla 3.24. Resultados obtenidos en el Tercer Punto de Medición 121
Tabla 3.25. Resultados obtenidos en el Cuarto Punto de Medición 121
Tabla 3.26. Resultados obtenidos en el Quinto Punto de Medición 121

RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación muestra una descripción del procedimiento de medición de las emisiones de Radiación No Ionizante generadas por las Estaciones Base del Sistema Móvil Avanzado (SMA) instaladas dentro del Distrito Metropolitano de Quito y contiene un análisis comparativo-estadístico de los valores obtenidos con el objeto de prevenir, controlar, corregir y compensar posibles impactos ambientales negativos en las bandas de frecuencias de 850 MHz y 1900 MHz.

Este trabajo se divide en 4 capítulos, y cuenta con anexos en los que se incluye el Reglamento de Protección de Emisiones no Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico, así como el respaldo de las mediciones de RNI realizadas a las radiobases pertenecientes a las operadoras CONECEL S.A. Y OTECEL S.A. instaladas en el Distrito Metropolitano de Quito.

El primer capítulo contiene una revisión de la literatura de las organizaciones Nacionales e Internacionales que conforman el sector de las Telecomunicaciones, así como sus pronunciamientos en el marco de las Radiaciones No Ionizantes. Adicionalmente, hace referencia al Marco Regulatorio correspondiente a RNI vigente en nuestro país.

En el segundo capítulo, se presenta una descripción del modo de operación, funciones y características del equipo de medición de radiaciones no ionizantes “Narda SRM-3000” utilizado en el proceso de medición, así como del software “Narda SRM-TS”, que permite obtener la configuración eficiente del equipo “Narda SRM-3000” al momento de realizar las mediciones de radiación no ionizante.

El tercer capítulo contiene una descripción de la obtención y análisis de los valores de emisiones de radiación no ionizante generados por las radiobases de las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A. ubicadas dentro del área del Distrito Metropolitano de Quito. Este proyecto se enfoca en la banda de los 850 MHz, así como en la banda de los 1900 MHz donde se han incorporado nuevos

sistemas de telecomunicaciones con el fin de garantizar que los niveles de radiación a los que están expuestos los ciudadanos, no sobrepasan los niveles máximos permitidos en la Norma Técnica vigente.

En el capítulo cuarto se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo investigativo desarrollado en este proyecto

PRESENTACIÓN

El creciente desarrollo de las Telecomunicaciones en los últimos años y el empleo de radiofrecuencias ha dado lugar a la presencia de campos electromagnéticos no ionizantes generados por el hombre en el medio ambiente.

Las emisiones de radiación no ionizante generadas por las estaciones base del Servicio Móvil Avanzado (SMA) son objeto de interés de las autoridades y del público en general, por lo que varias organizaciones internacionales realizan investigaciones científicas y establecen restricciones básicas para precautelar la seguridad de la población, así como para reducir el impacto ambiental que podrían generar dichas emisiones.

El presente Proyecto de Titulación tiene el objetivo de verificar que las radiobases pertenecientes a los concesionarios CONECEL S.A. y OTECEL S.A. instaladas dentro del Distrito Metropolitano de Quito cumplan con la Resolución 01-01-CONATEL-2005 del 11 de enero del 2005, publicada en el Registro Oficial No. 536 del 03 de marzo de 2005, que establece los límites máximos de exposición a las emisiones de radiación no ionizante (RNI) generadas por el uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

Este proyecto se basa en el requerimiento realizado a las empresas del Servicio Móvil Avanzado (SMA) antes mencionada por la Superintendencia de Telecomunicaciones para que se efectúen las mediciones de RNI en las radiobases pertenecientes a dichos concesionarios, con el fin de demostrar que los valores de emisión de sus radiobases cumplen con el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico, requisito para obtener el permiso de operación que emite el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, así como el cumplimiento de las Normas Ambientales vigentes en nuestro país.

CAPÍTULO I

MARCO REGULATORIO DE RADIACIONES NO IONIZANTES

1.1. ORGANISMOS INTERNACIONALES DE REGULACIÓN

El creciente desarrollo de las Telecomunicaciones en los últimos años y el empleo de radiofrecuencias[1], ha dado lugar a la presencia de campos electromagnéticos[2] no ionizantes generados por el hombre en el medio ambiente. Las posibles consecuencias sobre la salud humana y los efectos que las radiaciones electromagnéticas puedan causar, son objeto de interés de las autoridades y del público en general, por lo que varias organizaciones internacionales realizan investigaciones científicas y establecen restricciones básicas para de esta manera precautelar la seguridad de la población, así como para reducir el impacto ambiental que la radiación pueda generar.

1.1.1. ANTECEDENTES

En 1974 la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) conformó un grupo de trabajo para Radiaciones No Ionizantes[3] (RNI), el cual examinó los problemas producidos por varios tipos de RNI. En el Congreso de la IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en Comité Internacional para las RNI (INIRC) por sus siglas en inglés.

---

[1] La radiofrecuencia (no ionizante), tiene un margen bastante grande que va desde los 3 kHz a los 300 GHz.

[2] Existen fuentes naturales de campos electromagnéticos los cuales son imperceptibles para el ojo humano, por ejemplo: el campo magnético de la Tierra y el campo eléctrico resultante de las tormentas.
También existen los campos electromagnéticos artificiales o creados por el hombre, tales como los rayos X para radiografías, la electricidad, las ondas de radio para transmisión de información en televisión, los radios y los celulares.

[3] Las radiaciones no ionizantes son ondas o partículas que no son capaces de arrancar electrones de la materia que ilumina, es decir la energía de sus emisiones no es lo suficientemente fuerte como para producir efectos en los átomos de la materia sobre la que inciden, a lo mucho puede producir excitaciones electrónicas.

En cooperación con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA-INIRC desarrolló un número significativo de documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS, auspiciado por Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP). Cada uno de estos documentos incluye una visión panorámica de las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes y aplicaciones de las RNI, así como una revisión total de la literatura sobre los efectos biológicos y una evaluación de los riesgos a la salud provenientes de la exposición a las RNI. Estos criterios de salud han proveído la base de datos científicos para el desarrollo de los límites de exposición y los códigos de práctica relacionados a las RNI.

En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente, la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), como sucesora de la IRPA-INIRC.

1.1.2. COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN NO IONIZANTE (ICNIRP)

La ICNIRP fue creada por la IRPA para fomentar la protección contra las RNI en beneficio de las personas y del medio ambiente. Sus funciones son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, proporciona orientación científica, desarrolla recomendaciones internacionales sobre límites de exposición y trata todos los aspectos sobre protección contra la exposición a RNI.

ICNIRP es una organización no gubernamental formalmente reconocida en la protección contra las RNI por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional de Trabajo (OIT) y la Unión Europea (EU). Mantiene una relación cercana y activa con otros organismos científicos y técnicos, éstos incluyen la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC), el Comité Europeo en Estandarización Electrotécnica (CENELEC), las Acciones Europeas COST (Cooperación en el Campo de Ciencia y Tecnología), la Comisión Internacional en

Iluminación (CIE), la Junta Gubernamental Americana de Higienistas e Industriales (ACGIH), la Organización Internacional de Estándares (ISO), la Comisión Internacional de Salud Ocupacional (ICOH), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y el Consejo Nacional Americano para Protección y Medición de la Radiación (NCRP).

ICNIRP reconoce que la aceptabilidad y adopción de un sistema completo de protección también requiere datos y evaluaciones basados en consideraciones sociales, económicas y políticas. Esta Comisión considera que estos aspectos son más apropiados a las funciones de gobiernos nacionales y a sus autoridades, sin embargo, ICNIRP y otros organismos asesores científicos, pueden proveer información básica de relevancia para tales evaluaciones.

1.1.3. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)

La OMS es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. Es la responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales.

La OMS, a través del Proyecto Internacional CEM (Campos Electromagnéticos), creo un programa para monitorear la literatura científica en el área de campos electromagnéticos, evaluar los efectos en la salud de la exposición a CEM en el rango de 0 a 300 GHz, proporcionar asesoramiento sobre posibles peligros relacionados con CEM e identificar medidas apropiadas de mitigación. Como resultado de los estudios realizados, la OMS emitió un pronunciamiento respecto de las estaciones base y su efecto en la salud de las personas, en la Nota descriptiva Nº 304 de Mayo de 2006 donde concluye: *“Teniendo en cuenta los muy bajos niveles de exposición y los resultados de investigaciones reunidos hasta el momento, no hay ninguna prueba científica convincente de que las débiles señales de RF procedentes de las estaciones base y de las redes inalámbricas tengan efectos adversos en la salud”*. Se debe tomar en cuenta que

este pronunciamiento hace referencia a las estaciones base y no a los terminales móviles (teléfonos celulares).

Si bien no se espera descubrir efectos en la salud relacionados con la exposición a campos de RF provenientes de estaciones base y redes inalámbricas, la OMS sigue promoviendo la investigación para determinar si existe alguna consecuencia en la salud proveniente de la mayor exposición a radiofrecuencia de la telefonía móvil.

1.1.3.1. Proyecto Internacional CEM

Hoy en día, todas las poblaciones del mundo están expuestas a CEM en mayor o menor grado, y conforme avance la tecnología el grado de exposición continuará creciendo.

En respuesta a la preocupación pública por los efectos sobre la salud de la exposición a CEM, la OMS creó en 1996 el Proyecto Internacional CEM para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz. El Proyecto CEM fomenta las investigaciones dirigidas a facilitar el desarrollo de normas aceptables internacionalmente que limiten la exposición a CEM, asesora a las autoridades nacionales y de otros ámbitos sobre los efectos sanitarios y ambientales de los CEM, y sobre las medidas o actuaciones de protección necesarias.

1.1.4. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT)

Fundada en París en 1865 como International Telegraph Union. A partir de 1932 cambia su denominación a International Telecommunication Union. En 1947 se convierte en una agencia especializada de la ONU.

La UIT es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las tecnologías de la información y de la comunicación. En su calidad

de coordinador mundial de gobiernos y sector privado, la función de la UIT abarca tres sectores fundamentales: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo.

La UIT fomenta el desarrollo y la operación eficiente de las instalaciones de telecomunicaciones. Como organización internacional responsable de asesorar a los gobiernos nacionales y a la industria en materias relativas a las telecomunicaciones, la UIT conoce la controversia sobre los posibles efectos sobre la salud de los CEM y ha creado un comité de trabajo (ITU-T Study Group 5) para recopilar información de interés sobre esta materia. La UIT dispone de abundante información sobre sistemas de comunicaciones actuales y futuros que será de gran utilidad para el Proyecto CEM.

1.1.5. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA)

El PNUMA encabeza y promueve la cooperación para el cuidado del medio ambiente, inspirando, informando y capacitando a pueblos y naciones para la mejora de la calidad de vida sin comprometer la de las generaciones futuras. El PNUMA ha colaborado en la elaboración de monografías sobre criterios de salubridad ambiental relacionados con los campos electromagnéticos, en conjunto con la Organización Mundial de la Salud.

1.1.6. INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (IEEE)

La IEEE es una sociedad técnica de profesionales dedicada a promover el desarrollo de la tecnología en beneficio de la humanidad. Sus profesionales intervienen en todos los campos relacionados con la electricidad, electrónica e informática y en áreas afines a la ciencia y tecnología.

Debido a la preocupación por la seguridad de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF) generados por las antenas de las estaciones base de telefonía móvil y otros servicios de comunicaciones

inalámbricas, la IEEE expidió su norma en el año 1995, siendo ésta de uso voluntario.

1.2. RECOMENDACIONES Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES

1.2.1. DE LA UIT

La UIT a través de su Comisión de Estudio 5 – CE5 (Protección contra los Efectos Electromagnéticos del Entorno) ha formulado recomendaciones basadas en los estudios realizados por el ICNIRP en conjunto con la OMS, las cuales se enuncian a continuación:

- UIT-T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.
- UIT-T K.61, Orientación sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para el cumplimiento de los límites de exposición humana de las instalaciones de telecomunicaciones

1.2.1.1. UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos

La finalidad de esta Recomendación es la de facilitar el cumplimiento de los límites de seguridad de las instalaciones de telecomunicaciones y de los teléfonos móviles u otros dispositivos que emitan radiaciones, cuando existe exposición de las personas a campos electromagnéticos. El procedimiento de evaluación de las instalaciones está basado en los límites de seguridad proporcionados por la ICNIRP, ayuda a los usuarios a determinar la probabilidad de que las instalaciones sean conformes basándose en criterios de accesibilidad, propiedades de las antenas y la potencia del emisor, y a limitar la exposición de los operarios y público en general a los CEM en caso de que éstos sobrepasen los límites.

La Recomendación no impone límites de seguridad; su objetivo es presentar técnicas y procedimientos para evaluar el cumplimiento de los límites de seguridad nacionales o internacionales de los CEM por las instalaciones de telecomunicaciones producidos por los equipos de telecomunicaciones que operan en la gama de frecuencias de 9 kHz a 300 GHz.

1.2.1.2. UIT-T K.61 Orientación sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para el cumplimiento de los límites de exposición humana de las instalaciones de telecomunicaciones

Esta Recomendación ayuda a los operadores de telecomunicaciones a verificar el cumplimiento de las normas de exposición promulgadas por las autoridades locales o nacionales. Proporciona una guía sobre los métodos de medición y predicción numérica de la exposición a CEM en diversas situaciones. Define las herramientas, métodos y procedimientos que se pueden utilizar para lograr una evaluación de los campos electromagnéticos.

La exposición generada por el uso de teléfonos móviles u otros dispositivos de radiación utilizados en las proximidades del cuerpo humano no se especifican en la Recomendación, de igual forma, no sugiere procedimientos para evaluar la exposición a CEM correspondientes al uso de sistemas telefónicos inalámbricos y fijos destinados al uso en redes de telecomunicaciones inalámbricas (por ejemplo, WLAN, Bluetooth, etc.).

1.2.2. DE LA IEEE

La IEEE formuló el Estándar C95.1, “Norma del IEEE para Niveles de Seguridad con respecto a la exposición Humana a Campos Electromagnéticos de Radiofrecuencia en el Rango de 3 kHz a 300 GHz”.

Esta Norma de la IEEE da recomendaciones para evitar efectos perjudiciales en seres humanos expuestos a campos electromagnéticos en el rango de frecuencias de 3 kHz a 300 GHz. Las recomendaciones están destinadas a

aplicarse a la exposición en entornos controlados, así como en los entornos no controlados. Los límites de exposición en ambientes no controlados son menores que en ambientes controlados bajo ciertas condiciones como resonancia o cuando existen riesgos asociados como descargas de radiofrecuencia o posibles quemaduras, adicionalmente la norma establece un tiempo de medición de 30 minutos.

1.3. MARCO REGULATORIO VIGENTE EN EL ECUADOR RELACIONADO CON RNI

Con el fin de establecer la base legal sobre la calidad ambiental y niveles de exposición a campos electromagnéticos a los que están expuestas las personas en su diario vivir, se hace referencia a los aspectos jurídicos relacionados con el manejo ambiental y protección contra las emisiones radioeléctricas no ionizantes.

1.3.1. DECRETO EJECUTIVO Nº 8

Este Decreto expedido por el Presidente de la Republica el 13 de Agosto de 2009 cuya vigencia es inmediata sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, crea el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, mediante el cual, entre otros aspectos, se contempla la fusión del Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) con el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), y la atribución del Secretario Nacional de Telecomunicaciones de asumir las funciones de Carácter Administrativo, que las venía ejerciendo el Presidente del CONARTEL.

1.3.1.1. Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)

En el Artículo 1 del Decreto Ejecutivo Nº 8, se crea el Ministerio como el órgano rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación, que incluyen las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico.

La creación del Ministerio de Telecomunicaciones responde a la necesidad de coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicación, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y así el buen vivir de la población ecuatoriana.

Según el Artículo 2 del Decreto, son atribuciones del Ministerio:

- Ejercer la representación del Estado en materia de Sociedad de la Información y Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Formular, dirigir, coordinar y evaluar las políticas, planes y proyectos para la promoción de la Sociedad de la Información y del Conocimiento y las Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Promover, en coordinación con instituciones públicas o privadas, la investigación científica y tecnológica en materia de Tecnologías de la Información y Comunicación, para el desarrollo de la Sociedad de la Información y del Conocimiento.
- Dictar las políticas relativas al funcionamiento del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL) y realizar las actuaciones necesarias para garantizar el cumplimiento de sus fines de conformidad con lo dispuesto en el ordenamiento jurídico vigente.
- Coadyuvar en la promoción del uso de Internet y de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los organismos gubernamentales.
- Formular las políticas y planes para la creación, regulación y supervisión de la Central de Datos del Ecuador, intercambio de información por medios electrónicos, seguridad en materia de información e informática, así como la evaluación de su ejecución; sin perjuicio de las competencias asignadas en el ámbito de la rectoría del Sistema Nacional de Información a la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo; y,
- Establecer los parámetros e indicadores para el seguimiento, supervisión y evaluación de la gestión de las empresas de propiedad del Estado, relacionadas con las Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información y Comunicación.

1.3.2. ORGANISMOS DE REGULACIÓN, REGLAMENTACIÓN Y CONTROL DE LAS RNI

1.3.2.1. Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)

Es el ente regulador, creado por la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 770 el 30 de Agosto de 1995, como entidad autónoma dependiente del Jefe de Estado.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones administra y regula los servicios de Telecomunicaciones en Ecuador, en nombre del Estado, y le representa ante la UIT.

Según lo establecido en el Decreto Ejecutivo Nº 8, se fusiona el CONARTEL con el CONATEL, especificando en su Artículo 14 que las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al CONARTEL serán desarrolladas, cumplidas y ejercidas por el CONATEL, en los mismos términos constantes en la Ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias.

Entre las atribuciones que le conciernen al CONATEL se tienen las siguientes:

- Dictar las Políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones;
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones;
- Aprobar el Plan de Frecuencias y de Uso del Espectro Radioeléctrico;
- Aprobar el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión, o sus reformas;
- Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de Telecomunicaciones;
- Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de contratos de alquiler para el uso del Espectro Radioeléctrico;
- Resolver los reclamos y apelaciones que presenten los concesionarios de estaciones de radiodifusión y televisión;

- Velar por el pleno respeto de las libertades de la información, de expresión de pensamiento y de programación, así como al derecho de propiedad en la producción, transmisiones o programas;
- Declarar de utilidad pública con fines de expropiación, los bienes indispensables para el normal funcionamiento del sector de las Telecomunicaciones.
- Regular y controlar en todo el territorio nacional, la calidad artística, cultural y moral de los actos o programas de las estaciones de radiodifusión y televisión

En vista de la necesidad de crear una Norma Técnica que permita reglamentar la instalación de radiobases de Telefonía Móvil Avanzada y al ser el principal organismo regulador del país, el CONATEL en el año 2005 expidió el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

1.3.2.2. Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL)

Fue creada por la Ley Especial de Telecomunicaciones del 10 de Agosto de 1992, modificada por la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones del 30 de Agosto de 1995, que la configura como el ente encargado del control de las Telecomunicaciones del país.

Al ser el organismo de control en el sector de las Telecomunicaciones tiene como misión el vigilar a las empresas públicas y privadas proveedoras de servicios de Telecomunicaciones, a fin de que las actividades económicas y los servicios que presten, se sujeten a la ley y atiendan el interés general.

Entre las principales funciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones, se pueden citar las siguientes:

- Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;
- Controlar y monitorear el Espectro Radioeléctrico;
- Control de los operadores que exploten servicios de Telecomunicaciones;

- Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y regulación que apruebe el CONATEL;

La SUPERTEL es la encargada de realizar las inspecciones técnicas para verificar el cumplimiento de la Normativa Vigente.

1.3.2.3. Ministerio del Ambiente

El Ministerio del Ambiente es el organismo del Estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias, los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Entre sus funciones está el proponer y definir las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de la biodiversidad y de los recursos con los que cuenta nuestro país.

Conforme a lo establecido en la Constitución Política del Ecuador, donde se consagra el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Ministerio de Medio Ambiente a través de la Ley de Gestión Ambiental formuló la Norma Técnica Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte.

1.3.2.4. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito

El Concejo Metropolitano del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito es el encargado de cumplir con la tarea legislativa para la aprobación de las ordenanzas, resoluciones y acuerdos que rigen dentro de su jurisdicción.

A través de la Ordenanza Municipal No. 227 se regula la implantación y funcionamiento de estaciones radioeléctricas, centrales fijas y de los servicios móvil-terrestres de radiocomunicaciones, dedicando su Sección Sexta a la regulación de la instalación de las estructuras de soporte de las radiobases y

antenas de telefonía móvil avanzada en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.3. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR

La Constitución Política del Ecuador, aprobada en referéndum por el pueblo ecuatoriano, entró en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial el 20 de Octubre del 2008. En su contenido establece los deberes y derechos a los cuales están sujetos los ciudadanos.

La carta magna en su Título II, Derechos, establece los derechos de los que gozan los ciudadanos ecuatorianos, como lo especifica en cada uno de sus Capítulos y Secciones. En su Capítulo Segundo, Derechos del Buen Vivir, Sección Segunda, Ambiente Sano, establece:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

En el Capítulo sexto, Derechos de libertad:
Art. 66: Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Del Título VI, Régimen de desarrollo, Capítulo primero, Principios generales:
Art. 276: El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:
4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Del Título VII, Régimen del Buen Vivir, Capitulo 3, Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Primera, Naturaleza y Ambiente:
Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397: Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:
2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta. El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales sobre derechos humanos.

1.3.4. RESOLUCIÓN No. 01-01-CONATEL-2005

A partir de Diciembre del año 2003, la Superintendencia de Telecomunicaciones, manifestó la necesidad de emitir una Norma Técnica de Seguridad para el control de emisiones de radiofrecuencia de las radiobases en el país o de considerarse adecuado, adoptar en el país alguna legislación internacional respecto al tema.

Para el año 2004, la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones (ASETEL)[4], mediante un oficio solicitó al Presidente del CONATEL la elaboración de una norma técnica que regule la instalación de radiobases de telefonía móvil avanzada, necesaria para el desarrollo de la industria de telecomunicaciones en el país.

Debido a la solicitud generada por la SUPERTEL y ASETEL, el CONATEL delega a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL)[5] la elaboración de un

[4]La Asociación de Empresas de Telecomunicaciones es una entidad de derecho privado que tiene por objeto el promover el desarrollo de las Telecomunicaciones cuyas actividades corresponden al ámbito de la industria de servicios.
[5] La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones es la encargada de promover el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC , mediante la administración y regulación

proyecto de norma técnica para la instalación de antenas de radiobases de telefonía móvil avanzada.

A pesar de los diferentes estudios realizados por la OMS, en conjunto con el ICNIRP, no se ha demostrado hasta la fecha que se produzcan efectos adversos en la salud de los seres humanos, pero con el fin de prevenir afecciones se han establecido normas y reglamentos que protejan a los ciudadanos de las emisiones de radiación no ionizante. Para ello la UIT mediante su Recomendación UIT-T K.52 facilita el cumplimiento de los límites de seguridad por las instalaciones de telecomunicaciones cuando la ciudadanía se encuentra expuesta a campos electromagnéticos.

Debido a estos antecedentes, los límites aceptados internacionalmente por el ICNIRP, la OMS y la UIT fueron la base para la creación de la normativa ecuatoriana, por lo cual, el CONATEL mediante su Resolución 01-01-CONATEL-2005 de 11 de enero del 2005 publicada en el Registro Oficial Nº 536 de 3 de Marzo de 2005, expide: El Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

1.3.4.1. Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico

Este Reglamento se encuentra vigente a partir del año 2005 y hasta la fecha no se han realizado modificaciones. El Reglamento tiene por objeto establecer los límites de protección de emisiones de Radiación No Ionizante, generadas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico en Telecomunicaciones, su monitoreo y control. Este se aplica tanto a la exposición ocupacional[6] como a la exposición

---

eficiente del espectro radioeléctrico y los servicios, así como de ejecutar las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad.

[6] **Exposición Ocupacional.-** Se aplica a situaciones en las que las personas que están expuestas como consecuencia de su trabajo han sido advertidas del potencial de exposición a emisiones RNI y pueden ejercer control sobre la misma. La exposición ocupacional también se aplica cuando la exposición es de naturaleza transitoria, resultado del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites establecidos, para la población en general, ya que la persona expuesta ha sido advertida del potencial de exposición y puede controlar ésta, abandonando la zona o adoptando las debidas seguridades.

poblacional[7] por el uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, pero no considera la exposición producida por el uso de teléfonos móviles u otros dispositivos personales de baja potencia.

1.3.4.1.1. Magnitudes y Unidades

- **Intensidad de Campo Eléctrico.-** Fuerza por unidad de carga que experimenta una partícula cargada dentro de un campo eléctrico. Para efectos del presente Reglamento se expresa en voltios por metro (V/m).
- **Intensidad de Campo Magnético.-** Magnitud vectorial axial que junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Para efectos del presente Reglamento se expresa en amperios por metro (A/m).
- **Densidad de Potencia.**- Potencia por unidad de superficie normal a la dirección de propagación de la onda electromagnética, en Watts por metro cuadrado (W/m2). Para una onda plana la densidad de potencia está relacionada con el campo eléctrico, el campo magnético y la impedancia del espacio libre.
- **Impedancia del Espacio Libre.-** Es el valor de la oposición total al flujo de energía de campo electromagnético, que ofrece el espacio libre. Se mide en ohmios y esta dada por la siguiente expresión:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = \frac{E}{H} = 377\Omega$$

Donde:

- μ_0= Permeabilidad del vacío
- ε_0= Permitividad del vacio

(''Definición tomada del Capítulo VIII, Glosario de Términos y Definiciones, de la Resolución 01-01-CONATEL 2005'').

[7] **Exposición Poblacional.-** Se define como la exposición poblacional a los niveles de emisiones de radiación no ionizantes que se aplican a la población o público en general cuando las personas expuestas no puedan ejercer control sobre dicha exposición. *(''Definición tomada del Capítulo VIII, Glosario de Términos y Definiciones, de la Resolución 01-01-CONATEL 2005'').*

Esta fórmula expresa la relación que existe entre el campo eléctrico y magnético asociados, es decir para ondas electromagnéticas en una espacio normal sin obstrucciones.

1.3.4.1.2. Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija

Como se determina en su Artículo 5, los máximos límites de exposición por Estación Radioeléctrica Fija están de acuerdo con los establecidos en la Recomendación UIT-T K.52, en la Tabla 1 de su Anexo 1, lo que se puede apreciar a continuación en la Tabla 1.1:

Tipo de Exposición	Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Intensidad de Campo Magnético H (A/m)	Densidad de Potencia de Onda Plana Equivalente S (W/m^2)
OCUPACIONAL	3-65 kHz	610	24,4	-
	0,065 - 1 MHz	610	1.6/f	-
	1 - 10 MHz	610/f	1.6/f	-
	10 - 400 MHz	61	0.16	10
	400 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	f/40
	2 - 300 GHz	137	0.36	50
POBLACIONAL	3 - 150 kHz	87	5	-
	0.15 - 1 MHz	87	0.73/f	-
	1 - 10 MHz	$87/f^{1/2}$	0.73/f	-
	10 - 400 MHz	28	0.073	2
	400 - 2000 MHz	$1.375\ f^{1/2}$	$0.0037\ f^{1/2}$	f/200
	2 - 300 GHz	61	0.16	10

Tabla 1.1. Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija

Donde:

a) Los valores límites señalados en esta tabla corresponden a valores eficaces (RMS) sin perturbaciones.
b) f es la magnitud de la frecuencia indicada en la columna rango de frecuencias; se deben omitir las unidades al momento de hacer el cálculo del límite respectivo.

c) Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos.
d) Para las frecuencias superiores a 10 GHz; el tiempo en el que se debe realizar la medición será $68/f^{1.05}$ minutos (f en GHz).

1.3.4.1.3. Cálculo de los valores máximos de exposición para las bandas de frecuencia del Servicio Móvil Avanzado.

Según lo establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generado por el uso del Espectro Radioeléctrico, los límites máximos de exposición por estación radioeléctrica fija se los obtiene como se especifica en la Tabla 1.1, dentro de la banda de 400 – 2000 MHz.

- **Banda de frecuencia 850 MHz**

✓ Intensidad de Campo Eléctrico (E)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL
$E = 3\ .\ f^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 3(850)^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 87.4643\ [V/m]$	$E = 1.375\ f^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 1.375(850)^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 40.0878\ [V/m]$

✓ Intensidad de Campo Magnético (H)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL
$H = 0.008\ f^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.008(850)^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.2332\ [A/m]$	$H = 0.0037\ f^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.0037(850)^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.1079\ [A/m]$

✓ Densidad de Potencia (S)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL

$S = \frac{f}{40}\ [W/m^2]$ $S = \frac{850}{40}\ [W/m^2]$ $S = 21.25\ [W/m^2]$	$S = \frac{f}{200}\ [W/m^2]$ $S = \frac{850}{200}\ [W/m^2]$ $S = 4.25\ [W/m^2]$

- **Banda de frecuencia 1900 MHz**

✓ Intensidad de Campo Eléctrico (E)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL
$E = 3\ .\ f^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 3(1900)^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 130.7670\ [V/m]$	$E = 1.375\ f^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 1.375(1900)^{\frac{1}{2}}\ [V/m]$ $E = 59.9349\ [V/m]$

✓ Intensidad de Campo Magnético (H)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL
$H = 0.008\ f^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.008(1900)^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.3487\ [A/m]$	$H = 0.0037\ f^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.0037(1900)^{\frac{1}{2}}\ [A/m]$ $H = 0.1613\ [A/m]$

✓ Densidad de Potencia (S)

OCUPACIONAL	POBLACIONAL
$S = \frac{f}{40}\ [W/m^2]$ $S = \frac{1900}{40}\ [W/m^2]$ $S = 47.50\ [W/m^2]$	$S = \frac{f}{200}\ [W/m^2]$ $S = \frac{1900}{200}\ [W/m^2]$ $S = 9.50\ [W/m^2]$

Donde los límites máximos de exposición establecidos por estación radioeléctrica fija para la zona poblacional son:

BANDAS	W/m^2	mW/cm^2
Banda 850 MHz	4.25	0.425
Banda 1900 MHz	9.50	0.950

Tabla 1.2. Límites Máximos de Exposición establecidos por Estación Radioeléctrica Fija

1.3.4.1.4. Organismo de Control

La Normativa técnica establece en su Artículo 11 que la SUPERTEL es el organismo encargado de inspeccionar la instalación de las radiobases y monitorear los niveles de radiación no ionizante con el fin de verificar el cumplimiento de lo normado en el Reglamento.

Los funcionarios de la SUPERTEL, quienes realizan las mediciones de radiación, deberán elaborar el Informe Técnico de Inspección de Emisiones de RNI, según lo establecido en el Artículo 12 del Reglamento. En las inspecciones realizadas estará presente un técnico responsable de la estación radioeléctrica designado por la operadora. Las operadoras deben dar las facilidades necesarias al funcionario de la SUPERTEL a fin de que cumpla con sus funciones y realice las mediciones e inspecciones planificadas.

El Informe Técnico aprobado por la SUPERTEL es el único documento que garantiza el cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Reglamento, en concordancia a lo establecido en su Artículo 13.

1.3.5. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

La Ley de Gestión Ambiental se expidió en respuesta a lo establecido en la Constitución Política de la República del Ecuador respecto a la preservación del medio ambiente y el derecho a vivir en un ambiente sano.

Según el Capítulo II, artículo 19 sobre la Evaluación del Impacto Ambiental y del Control Ambiental, las obras públicas, privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que pueden causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

El artículo 21 establece que los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos; planes de manejo ambiental[8]; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono.

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental se llevará a cabo a través del Reglamento de Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), en donde en el Artículo 19, se define el Estudio de Impacto Ambiental; para ello se tomará en cuenta las normas técnicas ambientales principalmente el Registro Oficial No. 41 – Miércoles 14 de Marzo de 2007.

1.3.5.1. REGISTRO OFICIAL No. 41 – Miércoles 14 de Marzo de 2007

Considerando lo establecido en la Constitución Política del Ecuador y las leyes ambientales, se expidieron las Normas Técnicas Ambientales para la prevención y control de la contaminación ambiental para los sectores de infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos).

[8] El Plan de Manejo Ambiental es un instrumento de gestión destinado a proveer una guía de programas, procedimientos, medidas, prácticas y acciones, orientados a prevenir, eliminar, minimizar o controlar aquellos impactos ambientales o sociales negativos determinados como significativos. De igual forma, el Plan de Manejo Ambiental busca maximizar aquellos aspectos identificados como positivos durante la evaluación del proyecto.

Estas Normas Técnicas Ambientales han sido adoptadas por el Ministerio de Medio Ambiente y están basadas en el Reglamento de Protección de Radiaciones No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico.

Según lo especificado en la Norma Técnica Ambiental en su Libro VI, Anexo 10, Normas de Radiaciones No Ionizantes de Campos Electromagnéticos, se establece los requerimientos de seguridad para la exposición a campos eléctricos y magnéticos de 60 Hz y las disposiciones para radiaciones no ionizantes generadas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico (3kHz a 300 GHz).

Las disposiciones para RNI de la norma son aplicables a las frecuencias utilizadas a servicios de radiodifusión y televisión, servicios de telecomunicaciones y servicios de móvil marítimo utilizados por la Armada Nacional, se excluye la exposición generada por teléfonos celulares, radios portátiles u otros dispositivos similares.

1.3.5.2. ACUERDO 010 FICHA AMBIENTAL DE ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS FIJAS DE SERVICIO MÓVIL AVANZADO

En Noviembre de 2008, la ASETEL remite a la Subsecretaría de Calidad Ambiental la Propuesta Técnica Ambiental para el proceso de licenciamiento para Estaciones Radioeléctricas Fijas del Servicio Móvil Avanzado denominada “Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Estaciones Radioeléctricas Fijas de Servicio Móvil Avanzado”.

En respuesta a la ASETEL, la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, el 8 de Diciembre de 2008, emite un pronunciamiento favorable a la Propuesta Técnica Ambiental. La implementación de las medidas propuestas garantiza la prevención, el control y la mitigación de impactos ambientales en la actividad referida a estaciones radioeléctricas del servicio móvil avanzado.

Considerando los estudios realizados por la OMS y las mediciones realizadas por la SUPERTEL en el periodo 2007 – 2008, las cuales no sobrepasan los límites máximos de exposición establecidos en la Norma Técnica, se acuerda la aprobación de la Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para Estaciones Radioeléctricas Fijas del Servicio Móvil Avanzado.

La aplicación de la Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental, es de carácter obligatorio para todas las empresas Operadoras de Telefonía Móvil del país, en sus etapas de instalación, operación, mantenimiento y cierre de las Estaciones Radioeléctricas y será de aplicación nacional.

1.3.6. ORDENANZA METROPOLITANA No. 0227

En el año 2005, el Concejo Metropolitano aprobó la Ordenanza Metropolitana No. 149 que regula la *"Implantación de Estaciones Radioeléctricas, Centrales Fijas y de Base de los Servicios Fijo – Móvil de Radiocomunicaciones, en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito"*.

En el año 2006 se aprobó la Ordenanza No. 174, que modifica a la Ordenanza No. 149. Para Febrero de 2007, el Concejo Metropolitano aprobó la Ordenanza No. 212 que sustituye la Sección 6ta., Capítulo VI, Título I, Libro II del Código Municipal, que derogaba a las Ordenanzas Metropolitanas No. 149 y 174, pero al no ser publicada en el Registro Oficial no entró en vigencia.

En vista que las Ordenanzas Metropolitanas 149, 174 y 212 presentaban problemas administrativos al momento de su aplicación, se ve la necesidad de reformarlas, por lo cual se expide: La Ordenanza Metropolitana sustitutiva de la Sección 6ta., del Capítulo VI, Titulo I, Libro II del Código Municipal, agregado por la Ordenanza Metropolitana No. 149, Reformada y sustituida por las Ordenanzas Metropolitanas 174 y 212, que regulan la Implantación y Funcionamiento de Estaciones Radioeléctricas, Centrales Fijas y de Base de los Servicios Móvil Terrestre de Radiocomunicaciones en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito, incluida la zona del nuevo aeropuerto de Quito.

La ordenanza tiene como objeto establecer las normas básicas que regulen la instalación y operación de las estructuras de soporte de las radiobases y antenas del servicio móvil avanzado y se aplica en todo el territorio del Distrito Metropolitano de Quito.

La ordenanza 227 en su párrafo IV (CONDICIONES PARTICULARES DE IMPLANTACIÓN) Art. II. 194.11, que trata de los Impactos Visuales, Paisajísticos y Ambientales menciona: *"Las características de las estructuras de soporte deberán propender a lograr el menor tamaño y complejidad de instalación y permitir así la máxima reducción del impacto visual y del entorno arquitectónico-urbano; para estos efectos se presentarán las debidas justificaciones técnicas en el plan de manejo del estudio de Impacto Ambiental…"*.

Una vez aprobado el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) la ordenanza 227 en su Párrafo VI (DEL PROCEDIMIENTO Y REQUISITOS) Art. II 194.17, establece los requisitos complementarios para la obtención de la Licencia Ambiental y Certificado Ambiental para la implantación de las estructuras de soporte de radiobases y de antenas de telefonía celular y servicio móvil avanzado.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE MEDIDA

2.1. TELEFONÍA MÓVIL

La telefonía móvil celular es un servicio público de Telecomunicaciones que permite a todos los usuarios comunicarse desde el sitio en que se encuentren.

Actualmente, este servicio se presta a través de tres operadoras a nivel nacional que son: CONECEL S.A. (CLARO), OTECEL S.A. (MOVISTAR) y CNT ALEGRO EP. Estas operadoras son las compañías o empresas autorizadas por la Ley para administrar, operar y explotar, por su cuenta y riesgo todos los servicios de telefonía móvil dentro de toda la región concesionada.

2.1.1. ORGANIZACIÓN DE LA RED

Para lograr cobertura en un territorio, se divide el área en pequeñas celdas o células. Dentro de cada celda se ubica una antena que permita transmitir y recibir ondas de radio para que los usuarios puedan hablar y mantenerse comunicados. Mientras más usuarios existan, mayor número de celdas se requieren.

A cada celda se le asigna un grupo de frecuencias dependiendo del tráfico esperado. En celdas adyacentes se asignan grupos de frecuencias diferentes a las asignadas en celdas vecinas. El objetivo es usar el mismo grupo de canales de radio en otras celdas cercanas, separadas a distancias lo suficientemente grandes para mantener los niveles de interferencia dentro de los límites tolerables.

El proceso de diseño de selección y asignación de grupos de canales para todas las radiobases que forman el sistema se conoce como Reuso de Frecuencias o Planeamiento de Frecuencias.

Dentro del patrón de reuso de frecuencias, se define un Clúster, el cual es un grupo de celdas que tienen diferentes grupos de frecuencias. Un Clúster se repite las veces que sea necesaria para cubrir un área determinada a una distancia tal que no se produzcan interferencias.

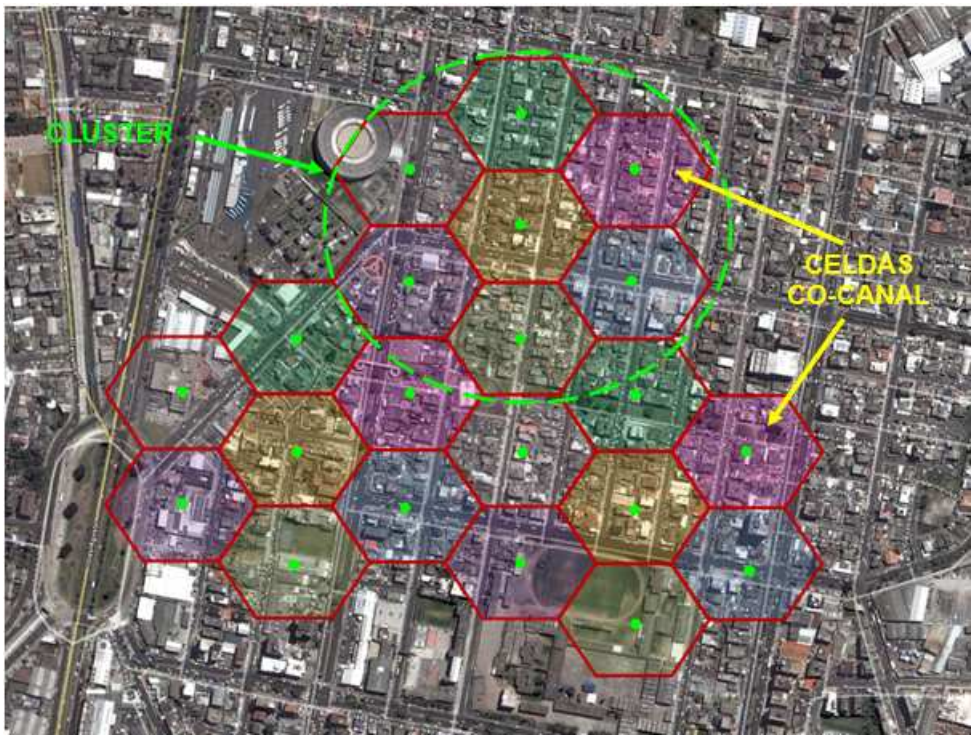

Figura 2.1 Ejemplo de la Organización de una Red Celular y su Patrón de Reuso de Frecuencias

Cada celda solo puede servir a un número determinado de usuarios. Si existen más usuarios, se debe disponer de más celdas, y por tanto de más antenas. Mientras mayor sea la densidad de usuarios del servicio, las celdas deberán ser más pequeñas, y en consecuencia se requiere más celdas y más radiobases. Para tener celdas más pequeñas se reduce la potencia de cada antena de la radiobase, en el caso de nuestro país, una radiobase que opera dentro de una ciudad donde existe una gran densidad de usuarios, la máxima potencia a la que

puede transmitir es de 20 W, por otra parte la potencia de salida de un teléfono móvil no supera los 2 W. Debido a las bajas potencias de transmisión de los móviles y de las radiobases, y a la densidad de usuarios del servicio, es necesario distribuir en las grandes ciudades un grupo considerable de radiobases con el fin de garantizar niveles apropiados de señal a los usuarios.

2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RADIOBASES

Una radiobase está constituida básicamente por:

- Torre o Soporte donde se instalan las antenas
- Antenas Celulares y Microondas
- Equipos
- Sistema Eléctrico, y
- Sistema de Pararrayo.

Las antenas normalmente se ubican en lo alto de las torres, o se cimentan en terrazas o fachadas de edificios, e inclusive existen antenas que se pueden instalar en el interior de edificaciones.

Los diferentes tipos de soporte de las antenas celulares y microondas que se pueden encontrar en la ciudad son:

- Torre reticulada Autosoportada
- Torre reticulada con riendas para soporte
- Torre Monopolo
- Torres soportadas sobre terrazas de edificios
- Terrazas o fachadas de edificios con o sin mimetización
- Microceldas interiores

Figura 2.2 Torre Autosoportada

Figura 2.3. Torre con riendas para soporte

Figura 2.4. Torre Monopolo

Figura 2.5. Torre sobre la terraza de edificio

Figura 2.6. Radiobase instalada sobre una terraza

Figura 2.7. Mimetizada Sobre una Terraza

Figura 2.8. Microceldas Interiores

Las antenas utilizadas en las radiobases son antenas direccionales que emiten ondas electromagnéticas casi exclusivamente hacia el frente. El arreglo de antenas utilizado en el sistema celular consiste en una agrupación sectorial, con conjuntos de antenas direccionales que transmiten y reciben en sectores separados unos 90º o 120º y están apuntando al horizonte. Las antenas producen un haz muy estrecho en el plano vertical. A medida que el haz se aleja de la antena, una parte de la energía llega al suelo para dar cobertura dentro del área. La densidad de potencia contenida en este haz decrece al alejarse de la antena de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Debido a que el haz es muy estrecho en el plano vertical, los campos de RF son mucho menores fuera del haz que dentro de él. La exposición que una persona recibe de una estación base depende de la distancia a la que se encuentre de ésta y del ángulo al que esté por debajo del haz principal. A nivel del suelo, el nivel de campo es relativamente pequeño cuando una persona se encuentra cerca de la base de la radiobase, debido a que, las antenas no irradian directamente hacia abajo o si lo hacen es con muy poca intensidad.

Figura 2.9. Representación de la Emisión debajo de una Antena Celular

Cada antena celular cubre una zona determinada y envía y recibe ondas electromagnéticas de todos los teléfonos móviles que se desplazan por su zona,

para luego trasmitir la señal a su Central de Comunicaciones Móviles (MSC)[9] a través de enlaces inalámbricos o una línea de cobre.

2.1.2.1. Inclinación del haz o "Tilt"

Como se lo mencionó anteriormente, las antenas celulares tienen una radiación broadside, debido a esto, solamente la mitad inferior del lóbulo de radiación alcanza efectivamente el suelo convirtiéndose en campo aprovechable por la antena receptora del terminal. De esta forma más de la mitad de la energía radiada se pierde si el haz no es de alguna forma inclinado. A esa inclinación es a lo que se le conoce como "tilt".

El tilt es un método de enfoque de la radiación, con el se puede dirigir la radiación de la antena hacia el área que se desee cubrir, con el objetivo de reducir o concentrar la radiación en el área de cobertura de la antena. El tilt se dirige hacia abajo en la mayoría de sus aplicaciones, por lo que toma el nombre de "downtilt".

Existen dos tipos de downtilt:

- Downtilt mecánico
- Downtilt eléctrico

En el tilt mecánico se inclina la antena hacia el suelo para enfocar el área a servir, para ello se utilizan los ejes de antena que permiten este tipo de ajuste.

[9] **Central de Comunicaciones Móviles (MSC).-** En el sistema de comunicación celular, la central de comunicaciones móviles es la encargada de gestionar el tráfico generado por varias radiobases que estén conectadas a ella y ésta a la vez se comunica con otras MSCs.

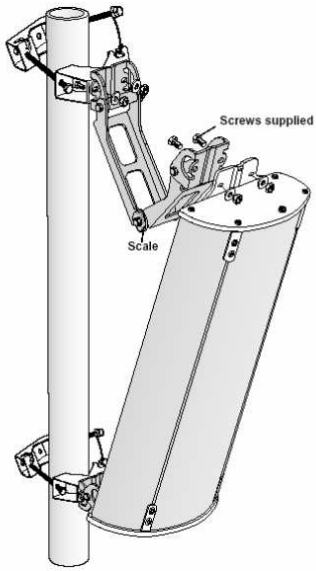

Figura 2.10. Ejemplo de una antena celular con tilt mecánico

Debido a esta inclinación, el lóbulo principal radia frontalmente hacia el apuntamiento, dando como resultado un giro de los lóbulos radiados a +/- 90° del apuntamiento de la antena.

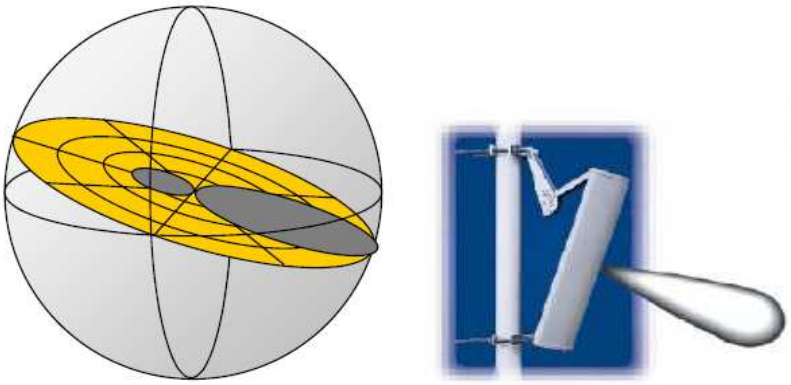

Figura 2.11. Patrón de Radiación de una antena con tilt mecánico

Mientras que en el downtilt eléctrico se consigue el mismo efecto que en el downtilt mecánico, cambiando las propiedades eléctricas de las antenas, mediante la variación de la fase relativa con la que se alimenta cada antena individual, lo que crea una especie de cono uniforme alrededor del sistema radiante.

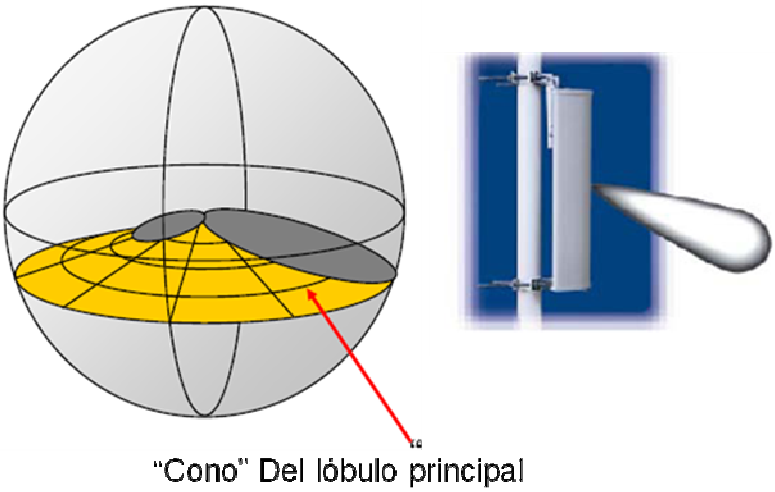

Figura 2.12. Patrón de Radiación de una antena con tilt eléctrico

2.1.3. SISTEMA DE PARARRAYOS

Debido a la cantidad de arreglos de antenas que están presentes en la mayor parte de las radiobases y al estar propensas a descargas producidas por tormentas eléctricas, es necesario tener un sistema de pararrayos que proteja los equipos de las altas corrientes generadas. Hoy en día existen diversos tipos de pararrayos tales como el tipo Franklin que es utilizado en las radiobases de la operadora celular OTECEL S.A. y el Dipolo Corona que es utilizado por la operadora celular CONECEL S.A.

2.1.3.1. Pararrayo de Franklin

Los Pararrayos de Franklin son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados Punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en función del modelo de cada fabricante algunos fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador. El objetivo de estos atrae-rayos es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

Figura 2.13. Pararrayos Punta Simple Franklin

2.1.3.2. Pararrayo Dipolo Corona

Este tipo de Pararrayos es del tipo Desionizador de Carga Electroestática (PDCE), incorporan un sistema de transferencia de carga (CTS), no incorporan ninguna fuente radioactiva. Su principio de funcionamiento se basa en la transferencia de la carga electroestática antes de la formación del rayo eliminando el fenómeno de ionización o efecto corona. El cuerpo del pararrayos está construido por dos discos de aluminio separados por un aislante dieléctrico, todo ello soportado por un pequeño mástil también de aluminio. Su forma es circular y el sistema está conectado en serie con la propia toma de tierra para transferir la carga electroestática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo.

Figura 2.14. Pararrayos Dipolo Corona

En la práctica se ha evidenciado que los sistemas de pararrayos con características CTS proporcionan mayor protección que los pararrayos simplemente terminados en punta.

2.1.4. BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS A LAS OPERADORAS EN ECUADOR

Según lo establecido en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia, las bandas concesionadas a las operadoras que existen en nuestro país se detallan a continuación:

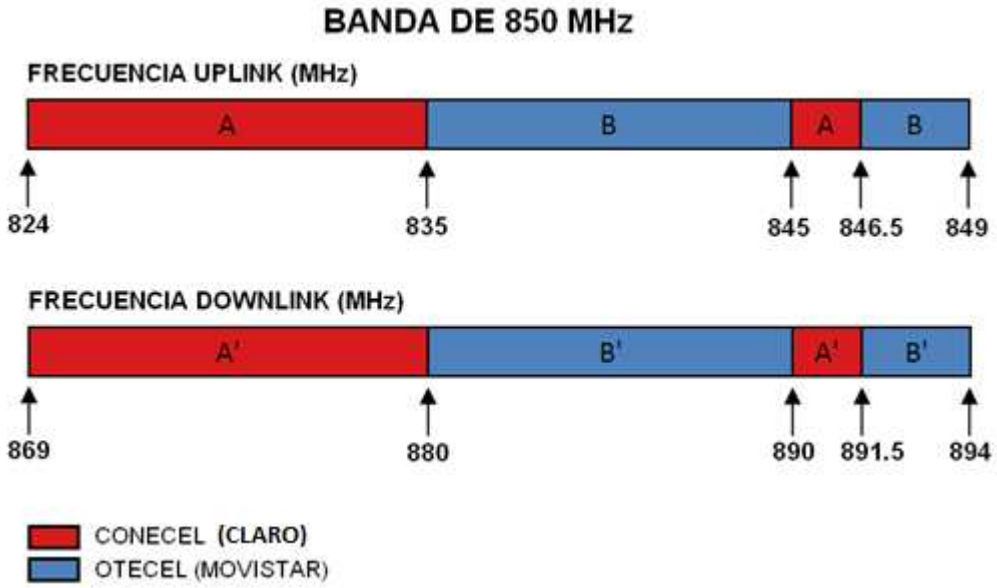

Figura 2.15. Frecuencias concesionadas para Telefonía Móvil en Ecuador, Banda de 850 MHz

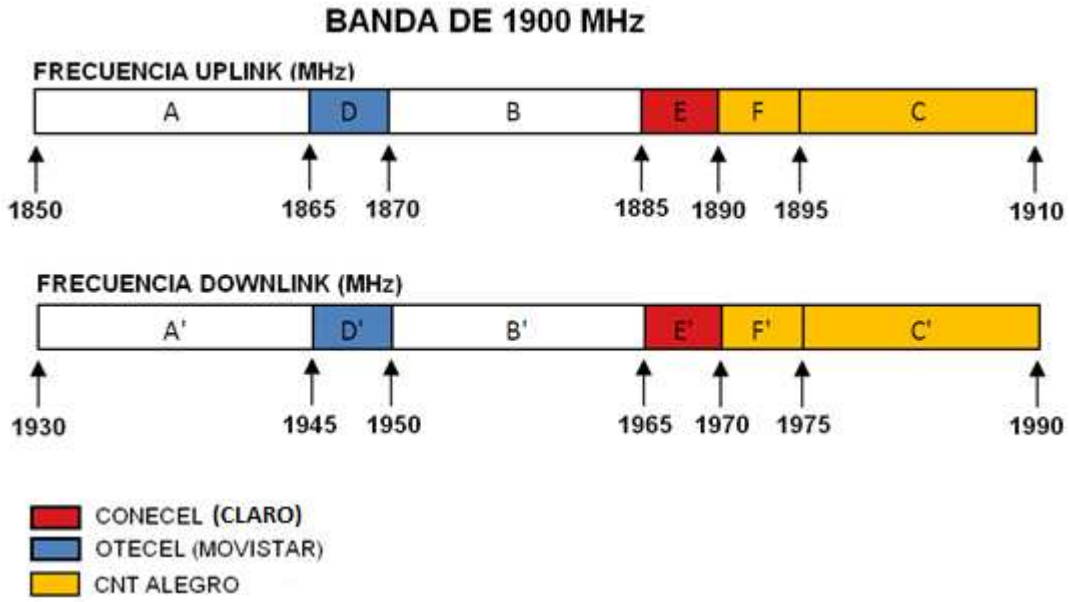

Figura 2.16. Frecuencias concesionadas para Telefonía Móvil en Ecuador, Banda de 1900 MHz

2.1. EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZARSE EN RNI

Basándose en el Artículo 9 del Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generado por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, los instrumentos de medición que pueden utilizarse en las mediciones de RNI son:

- De banda ancha: Medidores Isotrópicos de Radiación
- De banda angosta: Medidores de campo o analizadores de espectro y juego de antenas calibradas para los distintos rangos de medición.

Un medidor de banda ancha es un instrumento isotrópico para medir campos electromagnéticos, que en su lectura de la variable electromagnética (la intensidad de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia) considera el efecto producido por todas las componentes de frecuencia que se encuentran dentro de su ancho de banda, mientras que un medidor de banda angosta es un instrumento selectivo en frecuencia o sintonizable, que permite conocer la

magnitud de la variable electromagnética debida a una componente de frecuencia o a una banda estrecha de frecuencias.

Para la realización de este proyecto se ha considerado el uso de un medidor de banda angosta como lo es el Medidor Selectivo en Frecuencia Narda SRM-3000. A continuación se presentan las características, funcionamiento y configuración del equipo.

2.2. MEDIDOR SELECTIVO EN FRECUENCIA NARDA SRM-3000

El SRM-3000 (Medidor de Radiación Selectivo) es un dispositivo para la medición de campos de alta frecuencia en el rango de 100kHz a 3GHz. El equipo combina un amplio y variado rango de funciones incluidas en un diseño ligero y manejable. Esto hace que sea posible utilizarlo bajo condiciones donde es necesaria una buena movilidad y destreza.

El sistema completo de medida está compuesto por la unidad básica SRM y una antena de tres ejes. Esta antena posibilita la detección de las tres componentes espaciales del campo a ser medido.

Figura 2.17. Equipo de Medición Narda SRM-3000

2.3.1. COMPONENTES DEL SRM-3000

2.3.1.1. Unidad Básica SRM

El SRM es un instrumento diseñado para medir campos electromagnéticos en un rango de frecuencia de 100 kHz a 3GHz. Su principal tarea es la determinación de la intensidad de campo, permitiendo realizar evaluaciones de seguridad rápidas y fiables. Ha sido diseñado especialmente para uso en ambientes exteriores y lugares incómodos difíciles de alcanzar.

El SRM dispone de tres modos de operación que pueden ser configurados según las necesidades del técnico responsable y un cuarto modo de operación opcional:

- Modo “Safety Evaluation”
- Modo “Spectrum Analysis”
- Modo “Time Analysis”
- Modo “UMTS P-CPICH Demodulation” (opcional)

Cada modo de operación está diseñado para recibir resultados informativos, que no requieren ningún tipo de procesamiento o evaluación.

En el modo “Safety Evaluation”, se puede programar una lista de bandas de frecuencias con el objetivo de medir la intensidad del campo electromagnético existente en dichas bandas. Los resultados obtenidos en cada banda de frecuencia a los cuales se los denomina “Service Tables” se muestran en unidades de intensidad de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia, o como un porcentaje de un estándar de seguridad configurado previamente.

En el modo “Spectrum Analysis” todas las componentes de campo en un ambiente específico (medidas en banda ancha) pueden ser detectadas generando un patrón del espectro o determinando valores máximos.

En el modo “Time Analysis”, el SRM realiza mediciones selectivas y continuas en una frecuencia fijada previamente. Esto permite la detección de valores pico y RMS.

En el modo “UMTS P-CPICH Demodulation” (opcional) el SRM decodifica el P-CPICH (Primary Common Pilot Channel) de las celdas de UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), es decir, el SRM decodifica todos los scrambling codes que están presentes en un canal de frecuencia seleccionado UMTS. De esta forma, pueden grabarse y enumerarse las contribuciones realizadas separadamente por cada radio de celda individual para obtener el total del nivel de exposición de campo. Como en el modo “Safety Evaluation”, la intensidad de campo producida por un canal piloto individual puede ser determinada en unidades de intensidad de campo o como un porcentaje de un estándar de seguridad seleccionado.

Figura 2.18. Unidad Básica SRM

2.3.1.2. Antena de Tres Ejes

El Narda SRM-3000 incluye una antena estándar de tres ejes. Esta antena cubre un rango de frecuencia de 27 MHz a 3GHz, internamente la antena determina las tres componentes espaciales del campo que se encuentra midiendo. Ha sido diseñada para usarla en ambientes exteriores y lugares de difícil acceso.

La antena se encuentra equipada con un cable de control, el cual se conecta a la unidad básica SRM a través de un conector multipin, dentro de sus usos está el

transmitir los parámetros de la antena a la unidad básica SRM para su reconocimiento.

Figura 2.19. Antena de tres ejes

2.3.1.3. Cables

El cable utilizado para la conexión de la antena y la unidad básica SRM, está compuesto por ferrita, que cumple la función de reducir los efectos producidos por el campo externo, el cual puede influir en los resultados obtenidos al momento de una medición. A este cable se lo denomina cable de control, se encarga de transmitir los parámetros del cable, tales como tipo, numero serial, fecha de calibración, factores de atenuación, para que puedan ser reconocidos por la unidad SRM. Cuando la antena de tres ejes se conecta, el SRM también utiliza el cable de control para recibir las mediciones de cada uno de los ejes de la antena y obtener un resultado isotrópico.

Adicionalmente, el equipo cuenta con un cable de 1.5 m de longitud el cual es utilizado para alcanzar lugares de difícil acceso para el ser humano, que de igual manera utiliza el conector multipin para conectarse con la unidad básica SRM.

Figura 2.20. Antena conectada al Cable de Control de 1.5 [m]

2.3.2. MODO “SAFETY EVALUATION”

El modo “Safety Evaluation” fue desarrollado especialmente para la evaluación de la intensidad de un campo electromagnético dentro de un ambiente de radiación de múltiples frecuencias. Ofrece una descripción de los valores del nivel de exposición para una banda de frecuencia seleccionada en términos de unidades de intensidad de campo o como el porcentaje de un estándar de seguridad configurado previamente. Esto significa que la información que se refiere a la conformidad con valores límites definidos está disponible directamente en el lugar de medida, así como los datos sobre las contribuciones realizadas por las bandas de frecuencia o los intereses generales del nivel de exposición.

Las bandas de frecuencia que se requieran para ser monitoreadas se configuran mediante la creación de tablas de servicio. Las tablas de servicio que forman el modo de “Safety Evaluation” son configuradas mediante el uso de las herramientas del PC software del SRM-3000 y una vez creadas se suben al SRM-3000 mediante el uso del interfaz serial RS-232 ó el interfaz USB.

2.3.3. PC SOFTWARE

El software de configuración del equipo SRM-3000 está definido mediante el uso de cualquiera de los dos siguientes paquetes:

- Narda SRM-TS
- Narda SRM-Tools

El SRM-3000 se gestiona con el software “SRM-Tools”, que proporciona una interfaz cómoda y sencilla entre el SRM y el PC. El software “SRM-Tools” permite:

- Transferir al PC los resultados de las medidas.
- Exportar los resultados de las medidas a Microsoft Office Excel.
- Crear configuraciones de cables y antenas.
- Gestionar las configuraciones del instrumento.
- Crear tablas de servicios y tablas de nombres de celdas para las medidas P-CPICH.
- Habilitar opciones, como lo son modos de operación adicionales.
- Actualizar el software (firmware) del instrumento.

El software “SRM-TS” para PC complementa al software “SRM-Tools” incluido con el equipo. El “SRM-TS” posee todas las funciones del software “SRM-Tools” y además ofrece las siguientes funciones adicionales:

- Visualización de los resultados almacenados.
- Análisis offline de los resultados almacenados.
- Control remoto del SRM-3000 (incluyendo las señales en tiempo real en el PC).
- Exportación de los datos de las medidas a Microsoft Office Excel.
- Base de datos de los resultados de las medidas.
- Impresión directa de los resultados.
- Interfaz de usuario similar a la del equipo (función copiar y pegar).

Debido a las características adicionales que presenta el software “SRM-TS”, es el utilizado en la configuración del equipo de medición Narda SRM – 3000.

2.3.4. CONFIGURACIÓN DE LOS “SERVICE TABLES”

Los “Service Tables” o tablas de servicio son listas de bandas de frecuencia en las que se provee un determinado servicio.

Un servicio se define por los siguientes parámetros:

- Límite inferior de la banda de frecuencia (Fmin)
- Límite superior de la banda de frecuencias (Fmax)
- Nombre que represente al servicio prestado

Las tablas de servicio se crean, editan y transfieren al equipo utilizando el PC software “SRM-TS”.

Para la creación de las tablas de servicio se siguen los siguientes pasos:

- Abrir el software “SRM-TS” y escoger la opción “Device Configuration”

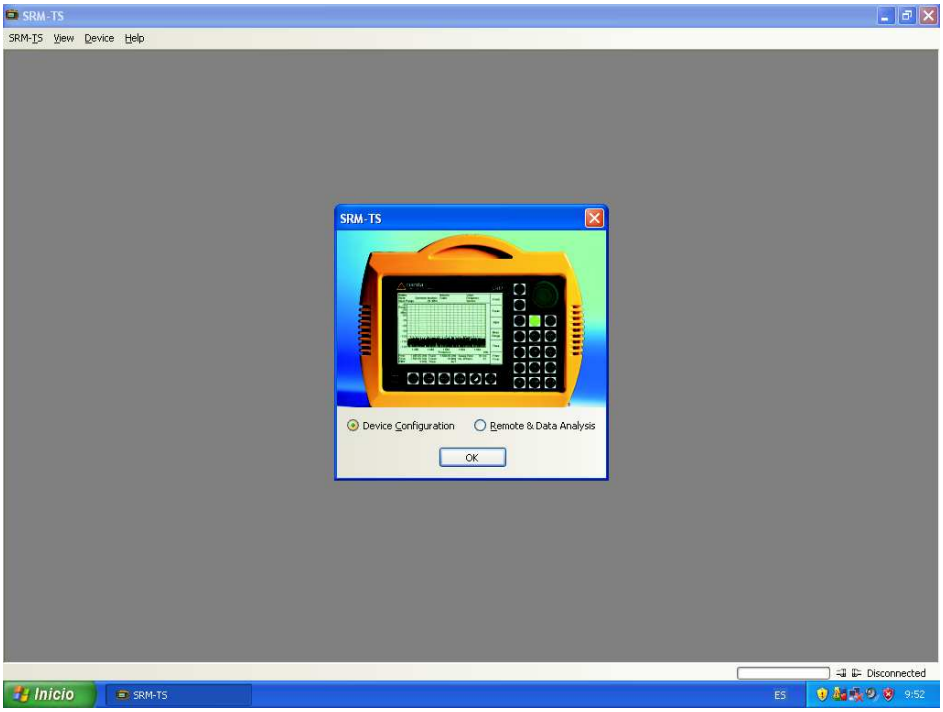

Figura 2.21. Pantalla de Inicio del Software "SRM-TS"

- Una vez seleccionada la opción de configuración, aparecerá la siguiente pantalla:

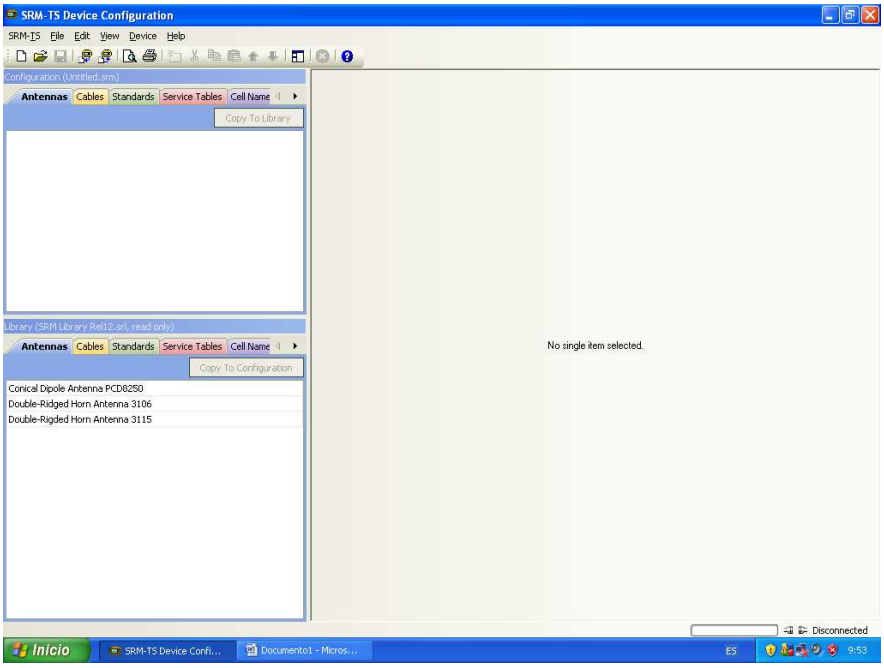

Figura 2.22. Pantalla de Inicio de "Device Configuration"

- Haga click en “File” y seleccione la opción New, o para tener un acceso directo puede utilizar las teclas Ctrl+N

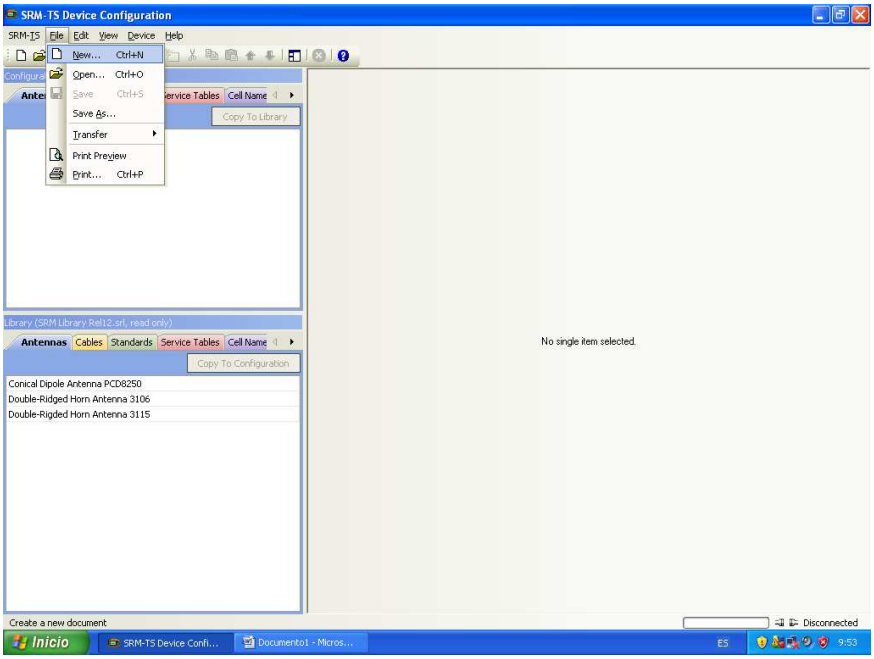

Figura 2.23. Selección de nuevo documento

- A continuación se desplegará una pantalla con las opciones de “Configuration File” y “Library File”, se debe seleccionar la opción “Configuration File” y dar un click en “ok”

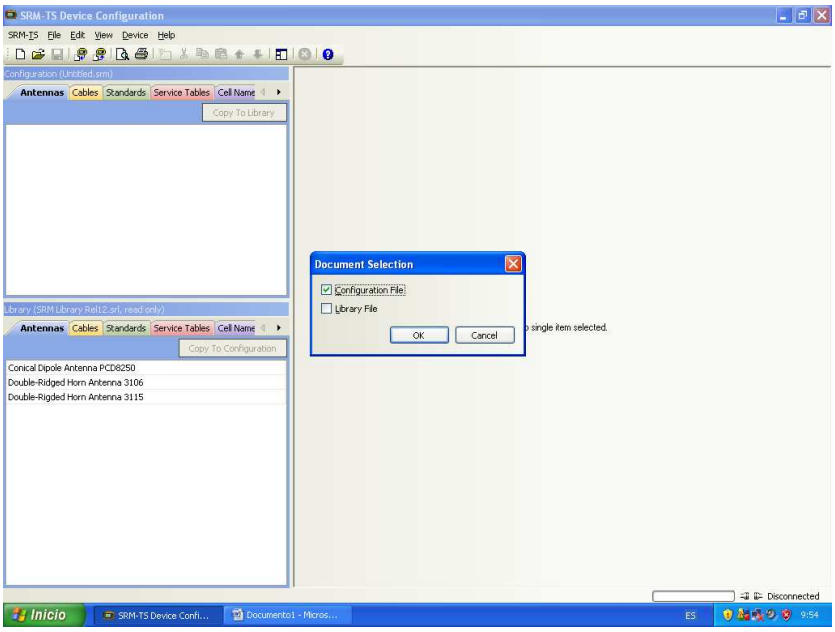

Figura 2.24. Selección de configuración de nuevo documento

- Dé un click en la opcion Service Tables ubicado en la parte izquierda de la pantalla de configuracion. Seleccione “Edit” que se encuentra en la parte superior y de un click en “New Item”

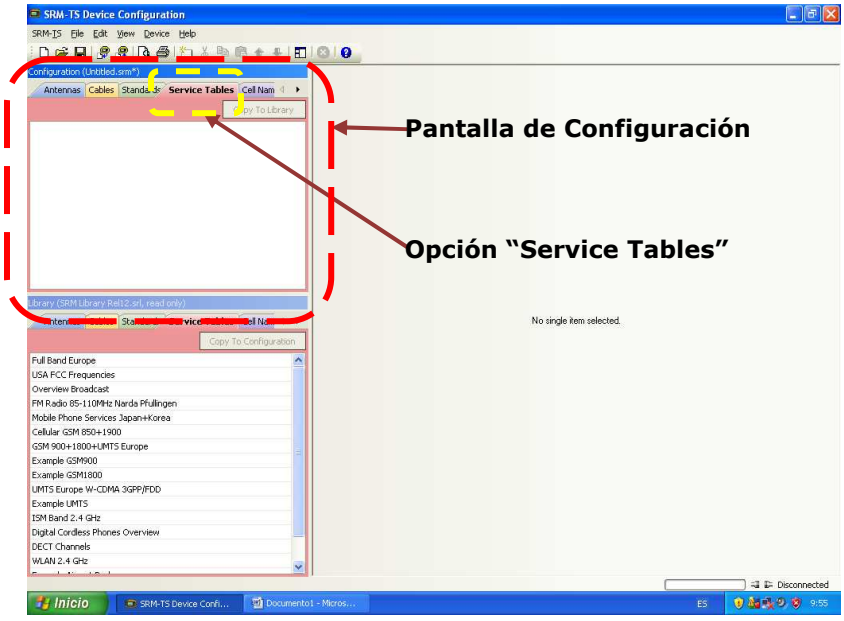

Figura 2.25. Pantalla de configuración de las Tablas de Servicio

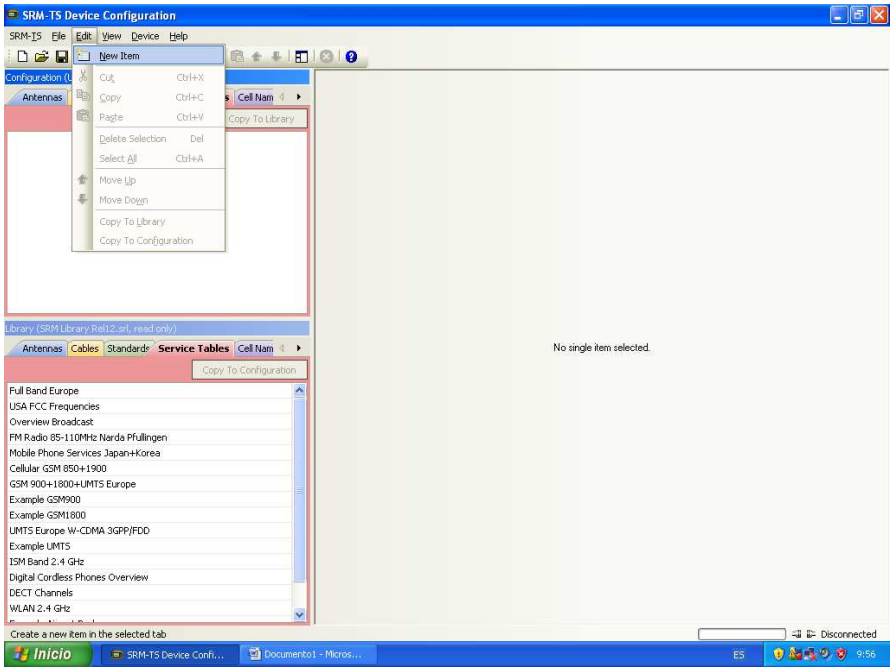

Figura 2.26. Selección de configuración de una nueva Tabla de Servicio

- En la pantalla de configuración, opción “Service Tables”, aparecerá una nueva tabla de servicio en blanco, a ésta se le asignará un nombre dependiendo del servicio que provea y las bandas de frecuencia en las que trabaje.

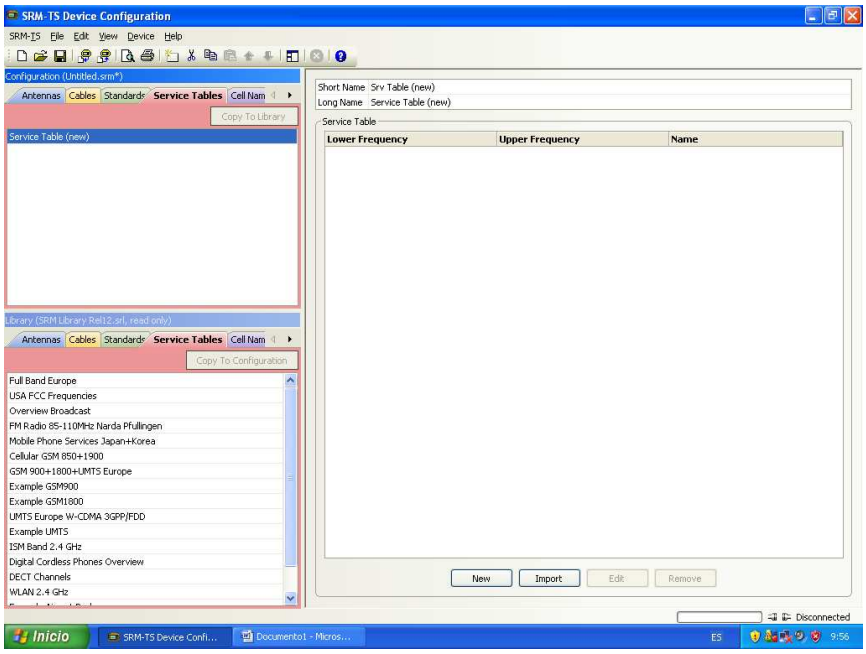

Figura 2.27. Ventana para configuración de la nueva Tabla de Servicio

Inicialmente se cambiará el nombre del servicio, a éste se le asignará dos nombres, aquel que aparecerá en el listado de tablas de servicio y otro que aparecerá en la pantalla del equipo al momento de realizar la medición.

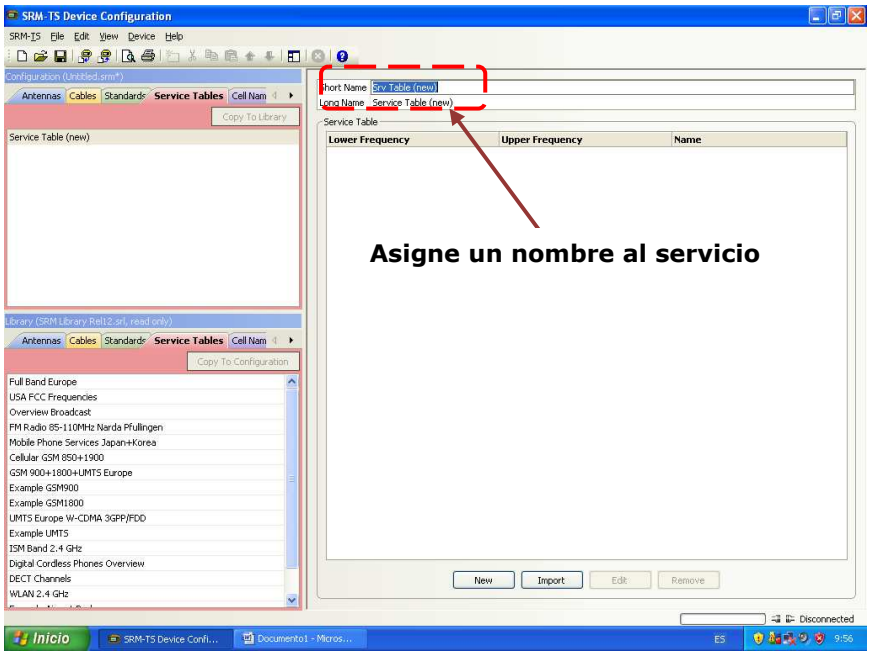

Figura 2.28. Asignación de nombres de la tabla de servicio

- Una vez asignado el nombre a la tabla de servicio, se deberán configurar las frecuencias a medir en dicha tabla. Para esto, se debe dar un click en New, donde se desplegará una pequeña pantalla, en la cual se deberán colocar la frecuencia mínima y máxima de la banda, y un nombre en concordancia con el servicio que provee.

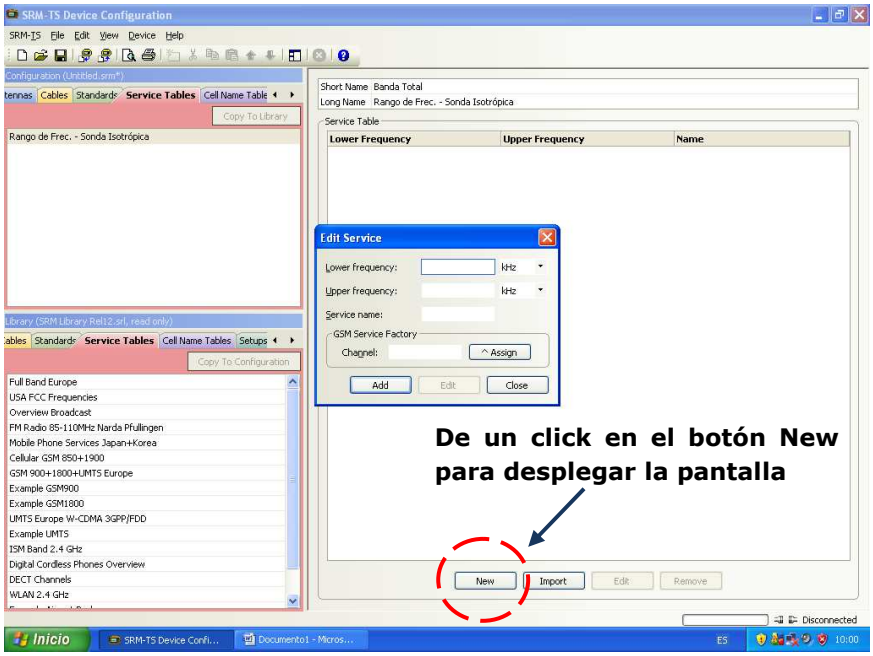

Figura 2.29. Ingreso de Frecuencias

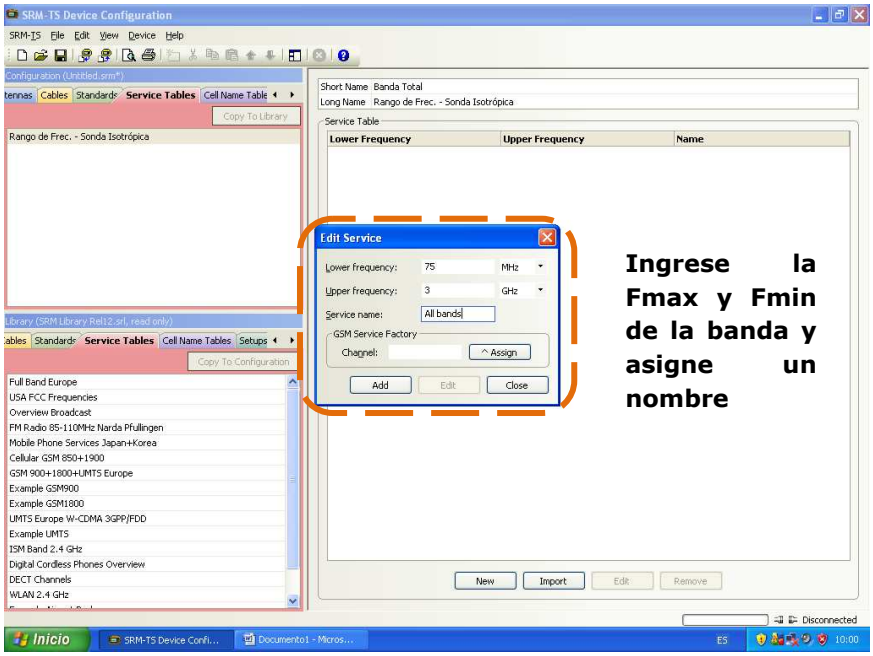

Figura 2.30. Ejemplo del Ingreso de frecuencias de una tabla de servicio

- Ingresados los parámetros del servicio se añaden a la tabla de servicio dando un click en el botón “Add”. Terminados de ingresar todos los servicios que pertenecen a la tabla, se da un click en “Close” para terminar con el proceso de configuración de servicios.

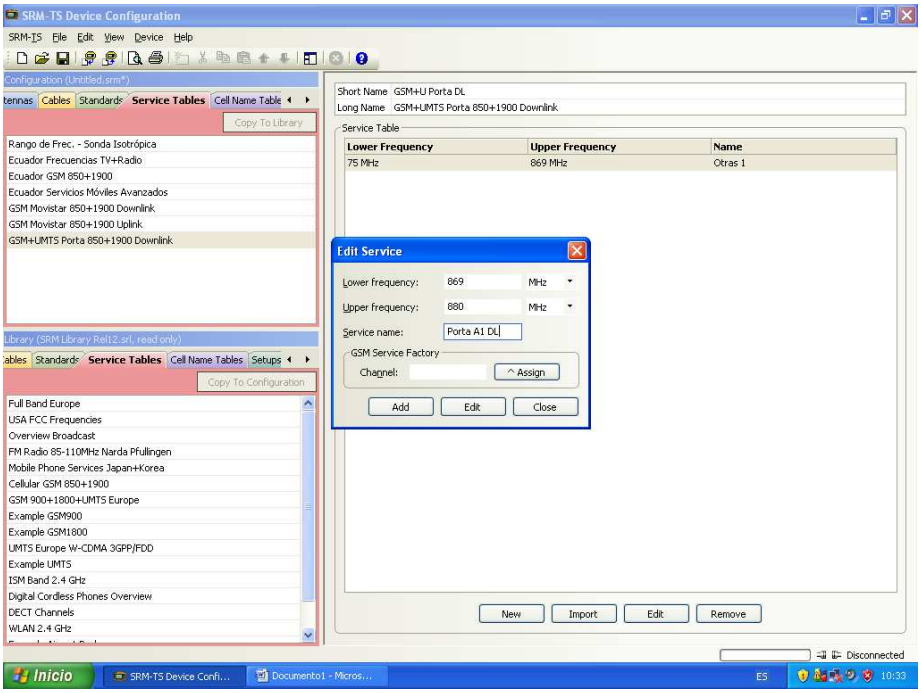

Figura 2.31. Ejemplo del ingreso del primer servicio en una Tabla de Servicio

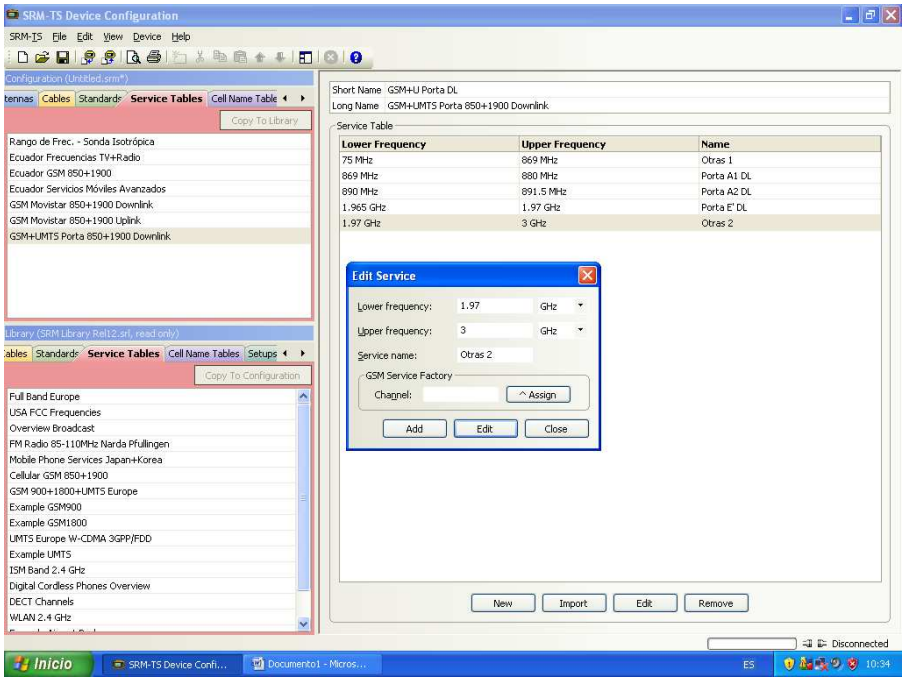

Figura 2.32. Ejemplo del ingreso de varios servicios en una Tabla de Servicio

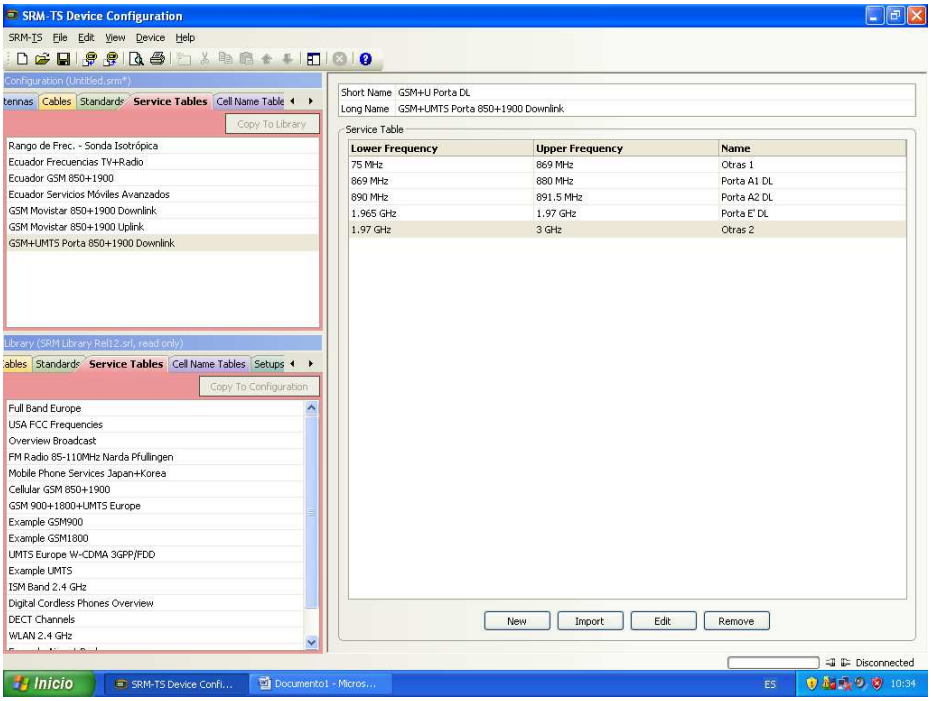

Figura 2.33. Ejemplo de una Tabla de Servicio terminada

- Terminado de ingresar todas las Tablas de Servicio se tiene la siguiente pantalla.

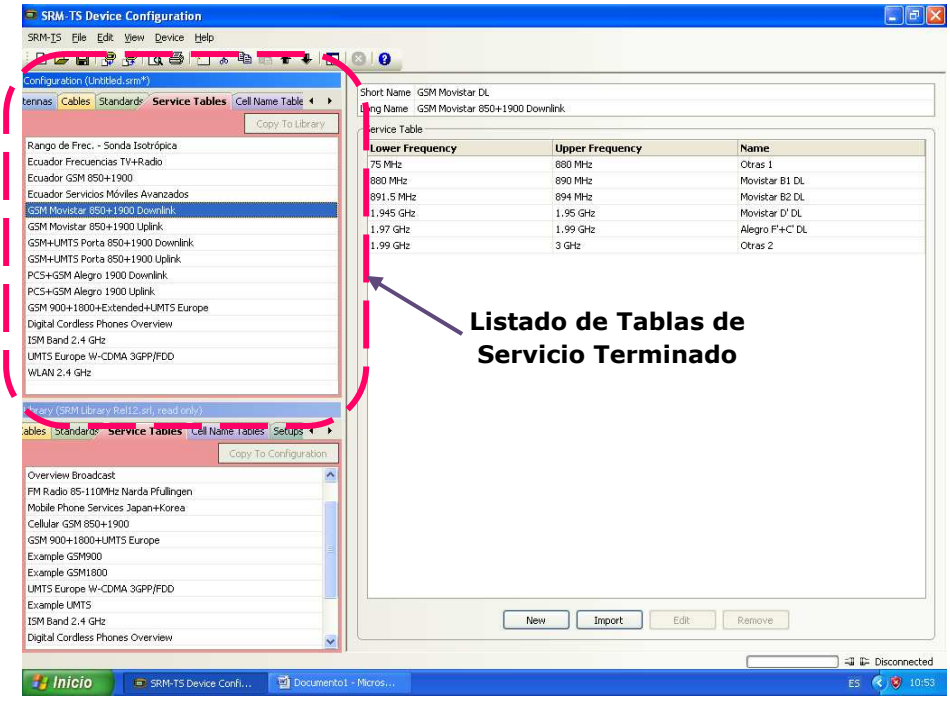

Figura 2.34. Ejemplo de una Configuración de Tablas de Servicio Terminadas

Con toda la información necesaria se procede a guardar la configuración, se asigna un nombre y se la almacena en la ubicación deseada por el programador. El archivo de configuración tiene extensión (*.srm) y puede ser cargado en cualquier dispositivo Narda SRM-3000.

Para transferir la configuración desde el PC hacia la unidad básica SRM, se utiliza ya sea la interfaz serial o USB con la que cuenta el equipo, para ello se conecta la unidad básica SRM al computador o laptop como se muestra en la siguiente figura. La Unidad básica SRM deberá estar encendida al momento de cargar la nueva configuración en el equipo.

Figura 2.35. Ejemplo de la Conexión de la Unidad Básica con una Laptop

- Una vez conectados los dispositivos se procede a transferir la información; existen dos alternativas: la primera es dar click en “File”, opción “Transfer” y seleccionar “From PC to SRM”, la segunda alternativa es buscar en la barra de herramientas el icono “Transfer From PC to SRM” y darle un click.

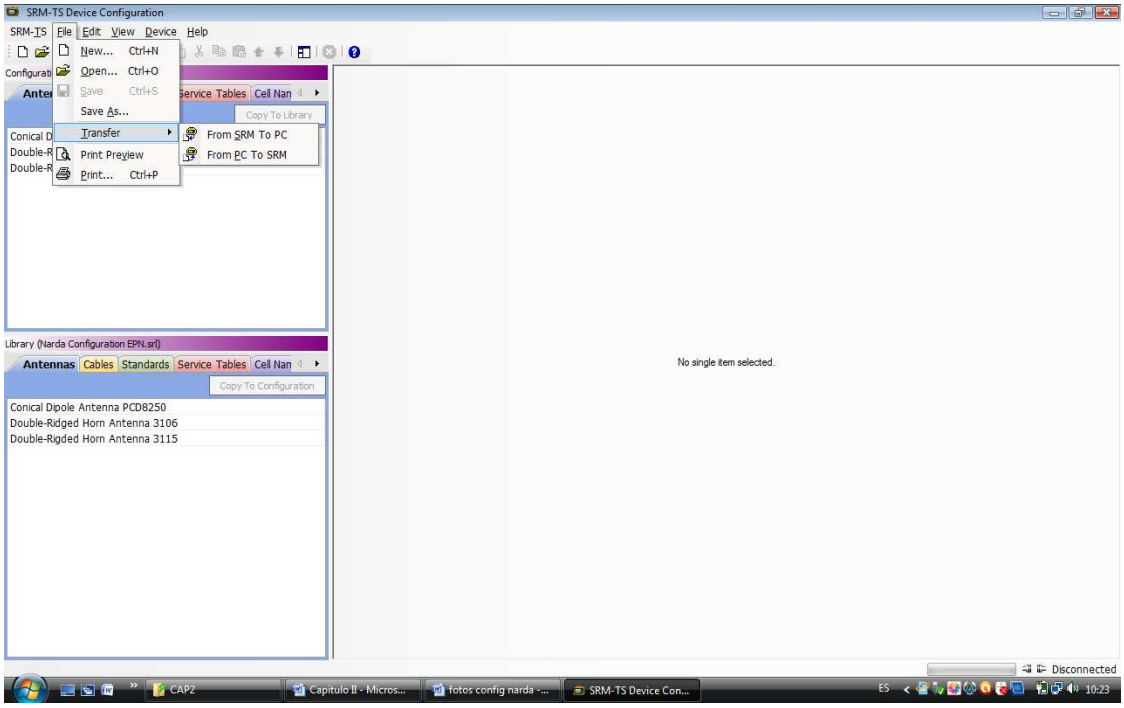

Figura 2.36. Transferir la configuración a la unidad SRM a través del menú "File"

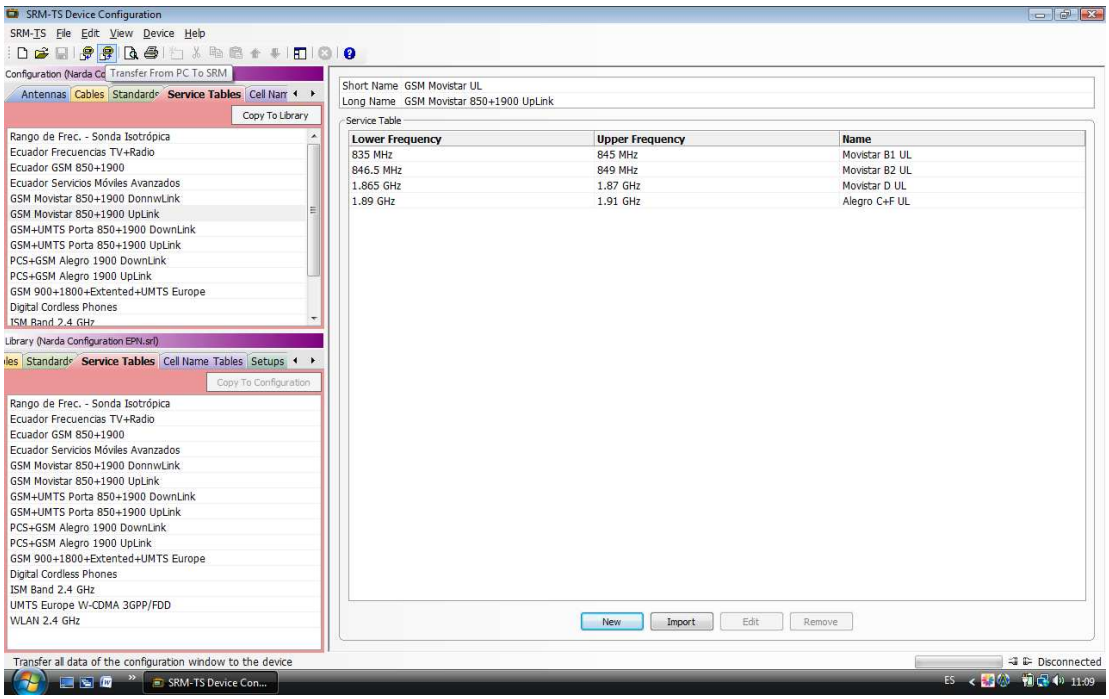

Figura 2.37. Transferir la configuración a la unidad SRM a través de la barra de herramientas

- Al presionar la opción de transferencia, se desplegará una pantalla de advertencia, la cual indica al programador que al aceptar transferir la

nueva configuración a la unidad SRM, se borrará la última configuración existente en el equipo.

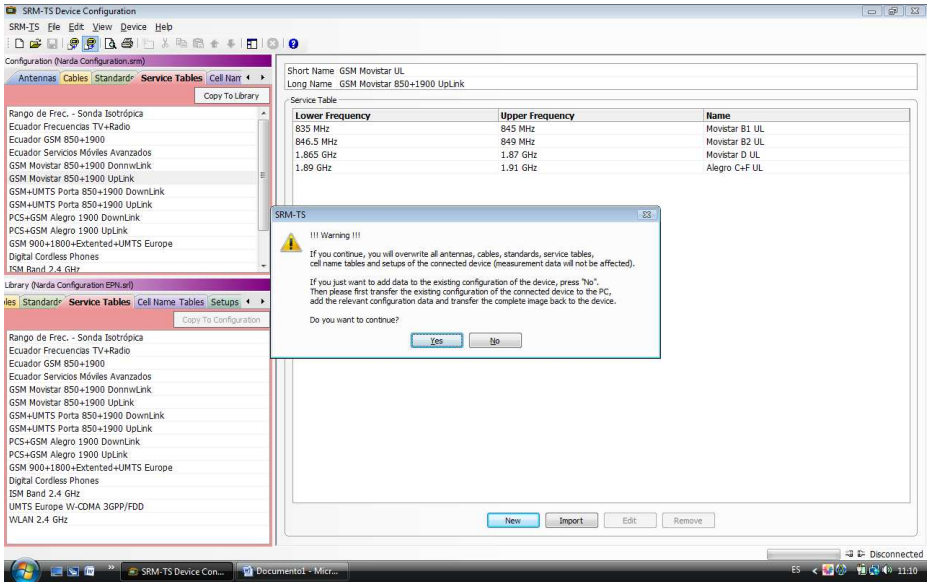

Figura 2.38. Ejemplo de la señal de advertencia que da el programa

- Ahora se seleccionará el puerto COM al cual está conectado la unidad básica SRM (normalmente se asigna el puerto de mayor numero).

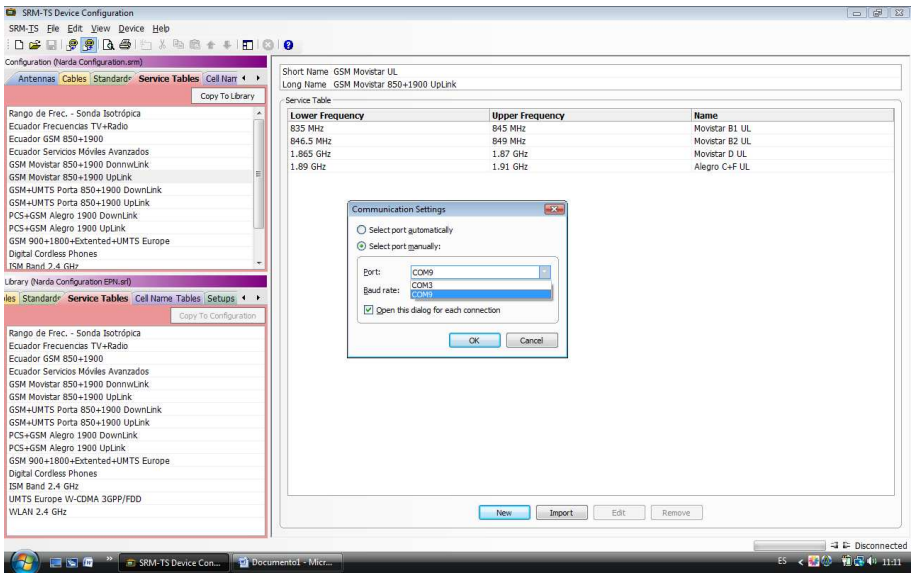

Figura 2.39. Ejemplo de Selección del puerto COM

Al pulsar “Ok” inmediatamente se iniciará el proceso de transferencia, para lo cual se puede notar en la parte inferior que se encuentra un recuadro que se va cargando a medida que la informacion se transfiere a la unidad básica SRM.

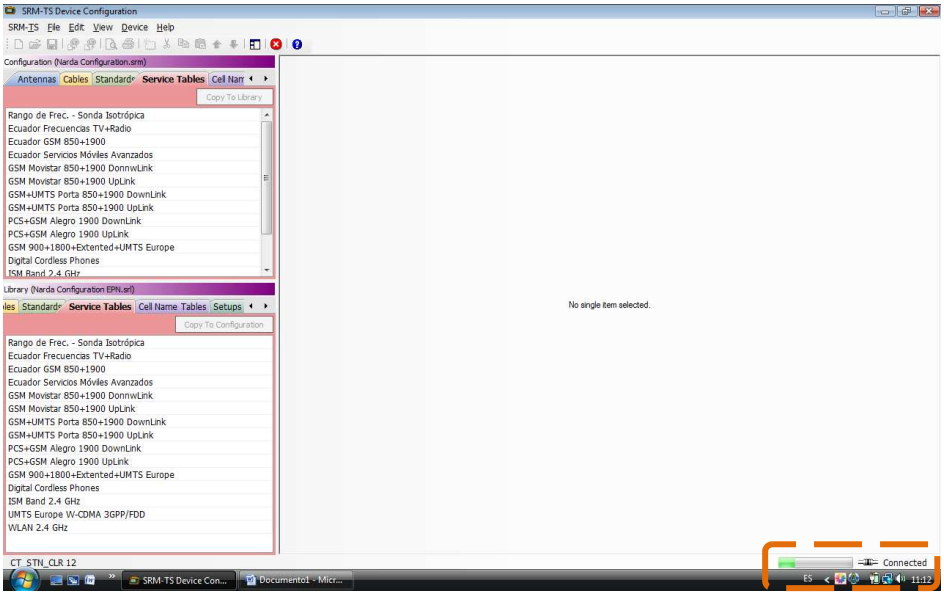

Figura 2.40. Ejemplo del proceso de transferencia de la configuración en el software

Mientras tanto en la unidad básica SRM se podrá observar la siguiente pantalla al momento que se lleva a cabo el proceso de transferencia de la configuración.

Figura 2.41. Ejemplo del proceso de transferencia en la unidad básica SRM

Terminado el proceso de transferencia de la configuración, la unidad básica está lista para realizar las mediciones de RNI, particularmente a las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A. para la realización de este proyecto, pero adicionalmente se han incluido otros servicios dentro del equipo que son necesarios para la labor que realizan en la Superintendencia de Telecomunicaciones.

2.3.5. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PARA REALIZAR LAS MEDICIONES DE RNI

Una vez creadas las tablas de servicio y cargadas en la unidad básica SRM, se puede proceder a realizar las mediciones de RNI, para esto se deben seguir los siguientes pasos:

- Encender el equipo y esperar que se inicialice su configuración;

Figura 2.42. Ejemplo del encendido del equipo

- A través del botón Mode se escoge el modo de operación del equipo, en este caso se debe escoger el modo “Safety Evaluation”, para seleccionar cualquier aplicación siempre se debe presionar el botón “ENT”.

Figura 2.43. Ejemplo de la selección del modo “Safety Evaluation”

- Ahora se debe escoger la tabla de servicio de la operadora que se desee inspeccionar, para esto se debe presionar el botón “CONF” y seleccionar del listado la opción “Service Tables”, aquí se escoge la operadora a la cual se le realizará la inspección. Por tratarse de mediciones de RNI se debe escoger el canal downlink (RBS – Móvil).

Figura 2.44. Ejemplo de la selección de la opción "Service Tables"

Figura 2.45. Ejemplo de la selección de la tabla de servicio de la operadora OTECEL S.A. (Movistar)

- Una vez seleccionada la tabla de servicio de la operadora, el equipo está listo para realizar la medición en las bandas de frecuencia asignadas a dicha operadora.

Figura 2.46. Ejemplo de la pantalla del SRM al momento de seleccionar la tabla de servicio de OTECEL S.A. (Movistar)

- A continuación se debe configurar el “Measurement Range” y el “Result Type”, para el caso del “Measurement Range” se selecciona el menor valor

del rango que presenta el equipo, mientras que para el “Result Type” se debe escoger AVG, en esta opción la señal recibida por la antena es muestreada durante 6 minutos, tiempo de medición establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

Figura 2.47. Ejemplo de selección del “Measurement Range”

Figura 2.48. Ejemplo de selección del "Result Type"

- Las unidades en las que se presenta la medición se pueden escoger mediante el botón “UNIT”, al presionar el botón se despliega una lista de

unidades siendo de nuestro interés obtener los valores de densidad de potencia en mW/cm^2, intensidad de campo eléctrico en V/m y la intensidad de campo magnético en A/m.

Figura 2.49. Ejemplo de selección de las unidades en las que se presenta la medición

2.3.5.1. Selección del “Measurement Range”

El escoger un valor adecuado de “Measurement Range” es fundamental para obtener mayor precisión en las mediciones, ya que éste influye en la sensibilidad del equipo.

Para configurar el “Measurement Range” se debe seleccionar un valor acorde con el valor máximo esperado o en su caso escoger la opción que provee el equipo de buscar automáticamente el “Measurement Range” indicado para un determinado servicio.

CAPÍTULO III

MEDICIONES Y ANÁLISIS DE VALORES DE RNI

3.1. MOTIVOS PARA REALIZAR UNA MEDICIÓN

En la Normativa vigente se establece que cualquier cambio en las instalaciones radioeléctricas fijas que implique una alteración en los niveles del campo electromagnético emitido, amerita una medición de RNI, tales como:

- Cambio de la altura de antena
- Cambio del PIRE
- Cambio de la ganancia de la antena
- Cambio de la frecuencia de operación
- Cambio del ancho de banda

Los concesionarios de frecuencias antes de realizar cualquier cambio en la estación deben presentar un nuevo estudio técnico de emisiones de RNI a la SENATEL para su autorización, la misma que a su vez notificará a la SUPERTEL para realizar la inspección correspondiente.

En la práctica, para planificar una medición de RNI se cuenta con las siguientes razones:

- Por solicitud del concesionario, mediante el envió de un oficio a las Intendencias o Delegaciones Regionales de la SUPERTEL, las cuales son las encargadas de realizar las mediciones de RNI en las provincias del Ecuador.
- Por solicitud de alguna persona que resida cerca a una radiobase o por pedido de los moradores del barrio en el cual se encuentre instalada la radiobase.

- Para realizar un control del cumplimiento del Reglamento establecido para los niveles de RNI a cargo de los técnicos de la SUPERTEL.

3.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Según lo establecido en el Artículo 10 del Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generados por el Uso del Espectro Radioeléctrico, el procedimiento de medición que será aplicado a las estaciones radioeléctricas fijas que operan en el rango de 3 kHz a 300 GHz, señala lo que se detalla a continuación.

3.2.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN ESTABLECIDO POR EL REGLAMENTO DE PROTECCIÓN DE EMISIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES GENERADAS POR EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Conforme a lo señalado en el Anexo 3 del referido Reglamento, el procedimiento de medición de RNI es el siguiente:

3.2.1.1. Procedimiento de Medición[10]

1. Como paso previo a la inspección se realizará un levantamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se tomarán fotografías para dar una vista panorámica del entorno de la antena considerada.
2. Se deberá efectuar la medición en los puntos accesibles al público donde la misma sea prácticamente realizable.
3. A efectos de evitar posibles acoplamientos capacitivos, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto.
4. Se calculará el punto de frontera entre el campo cercano y el campo lejano al fin de medir:

   4.1 En el campo lejano el campo eléctrico E o el campo magnético H.

[10] Anexo 3 Procedimiento de Medición, Reglamento de Protección de Emisiones Radioeléctricas No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico.

4.2 En el campo cercano el campo eléctrico E y el campo magnético H.

Considerando que el punto de frontera está dado por el máximo entre:

$$Máx \quad (3\lambda; 2D^2/\lambda)$$

Donde:

D: Es el diámetro de la antena. (m)

λ: Longitud de onda. (m)

3.2.1.2. Método de Medición[11]

1. El encargado de realizar las medidas correspondientes deberá colocarse en el límite del cálculo teórico de la zona ocupacional y la zona poblacional, (que sea físicamente realizable), cubriendo el área radial cada 30 grados.
2. Si el resultado de la medición es superior al establecido en el artículo 5 del Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante Generadas por el Uso del Espectro Radioeléctrico, se deberá continuar midiendo hasta encontrar el punto que permita cumplir con los límites establecidos.
3. Para cada uno de los radiales deberá cubrirse lo establecido en el punto 1.
4. Se repetirá los puntos 1, 2 y 3 al fin de determinar la zona de rebasamiento.
5. Una vez establecidos y cumplidos los límites máximos de exposición se procederá con levantamiento de la señalización que sea visible al público en general y a los operarios en el caso de la zona de rebasamiento.

Notas:

a) En aquellos casos en los que el responsable técnico de la SUPERTEL, considere que los puntos precedentes no se ajusten para la medición, dadas las características de la instalación y funcionamiento, podrá determinar otros puntos de medición, aclarando en el informe correspondiente las justificaciones del caso.

[11] Anexo 3 Procedimiento de Medición, Reglamento de Protección de Emisiones Radioeléctricas No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico.

b) Los puntos de medición deberán quedar perfectamente definidos sobre el croquis a presentar en el informe técnico de inspección, con el fin de permitir la realización de controles periódicos.
c) En los casos que corresponda, las mediciones se realizarán en las horas de mayor tráfico, para lo cual el concesionario deberá poner a disposición de la SUPERTEL la información que requiera.

3.2.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN REALIZADO

En función de lo especificado en el Reglamento de Protección de Emisiones Radioeléctricas No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico, se siguió el siguiente procedimiento para realizar las mediciones de RNI. Esto se debe básicamente a que las mediciones se realizaron a las radiobases que llevan en operación varios años y en las cuales se ha incrementado antenas celulares en la banda de los 1900 MHz, donde las zonas ocupacional y poblacional están debidamente establecidas con anterioridad.

En concordancia con lo establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico, para realizar las mediciones de RNI a las radiobases de las operadoras se debe contar con la presencia de un representante del concesionario, el cual debe brindar al técnico de la Superintendencia de Telecomunicaciones todas las facilidades e información solicitada por dicho técnico.

Primeramente, al llegar al sitio donde se encuentra ubicada la radiobase, se debe realizar un reconocimiento de la misma, para ello el técnico registra los datos descriptivos de la radiobase, como lo son:

- El tipo de estructura donde se encuentra instalada la radiobase, pudiendo ubicarse en edificios o en torres;
- La altura a la cual está instalada la radiobase, indicando si la radiobase se encuentra o no mimetizada;

- El número de antenas celulares (sectores) y microondas que se encuentran instaladas en la radiobase.

Adicional a esta información, el técnico toma fotografías de la radiobase para sustentar su informe.

A continuación, el técnico procede a realizar la medición ubicándose frontalmente a la antena celular (monopolo sectorial) cubriendo las aéreas por las cuales transita frecuentemente la población, de esta manera se podrá constatar el cumplimiento de los límites establecidos en el Normativa vigente.

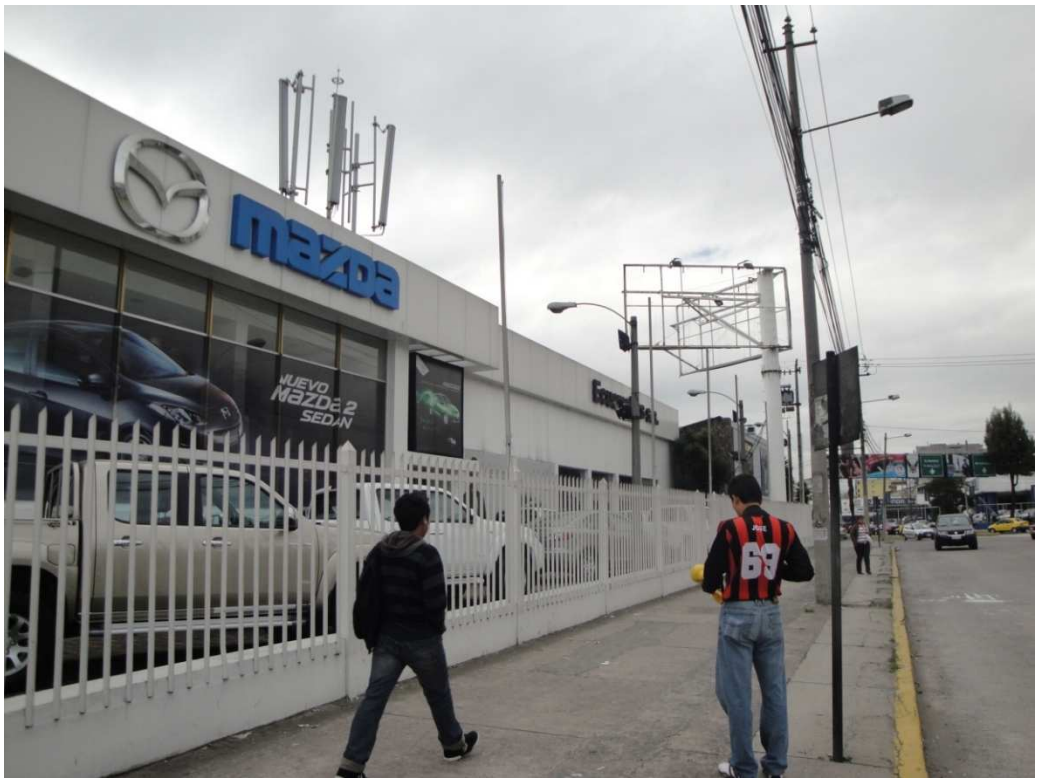

Figura 3.1. Ejemplo de la forma de ubicación para realizar una medición

En cada punto de medición se deberá tomar las coordenadas geográficas mediante el uso de un GPS, a fin de tener un registro que permita realizar un seguimiento del comportamiento de la radiobase causado por cambios en su infraestructura.

Figura 3.2. Ejemplo de la obtención de coordenadas en un punto de medición

El número de mediciones se realiza dependiendo de los sectores que cubre la radiobase, es decir, se realiza cada medición en función de la dirección a la que apunta frontalmente cada una de las antenas, en virtud de lo cual el técnico decidirá el número de puntos a medir por sector y a diferentes distancias de la radiobase.

Figura 3.3. Ejemplo de cómo escoger los puntos medición

Una vez terminadas las mediciones y en caso de que se cumpla con la Normativa, el técnico deberá llenar el Certificado de Emisiones Radioeléctricas No Ionizantes, en el cual se especificará la siguiente información:

- La fecha en la cual se realizó la medición;
- La ciudad o localidad en la que se encuentra ubicada la radiobase;
- El nombre de la radiobase con su dirección y coordenadas geográficas;
- Los valores de densidad de potencia obtenidos en los puntos de medición;
- Los valores de los límites máximos de densidad de potencia especificados en la Normativa;
- Las observaciones en caso de que se presente algún imprevisto;
- Las firmas del técnico responsable de la medición y del representante del concesionario.

SUPERTEL — SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES — INTENDENCIA REGIONAL NORTE

Fecha: FECHA EN LA QUE SE REALIZA LA MEDICIÓN

Dirección y ubicación geográfica: NOMBRE DE LA RADIOBASE, OPERADORA A LA QUE PERTENECE, DIRECCIÓN Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS

CERTIFICADO DE MEDICIÓN DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

Nº IRN — NO. DEL CERTIFICADO DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

La Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo Once del Reglamento de protección de emisiones de radiaciones no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, expedido y publicado en el Registro Oficial Nº. 536 de 3 de marzo de 2005, certifica que esta estación radioeléctrica cumple con los límites máximos de exposición por radiación radioeléctrica fija establecidos en dicho Reglamento, con el siguiente detalle:

Valor Medido (mW/cm²) *	Valor Máximo Permitido (mW/cm²)	CUMPLE O NO
	(850 MHz) 0.425 ! (1900 MHz) 0.950	
VALORES OBTENIDOS EN LAS MEDICIONES DE RNI EN LA RBS	0.425 ! 0.950	CUMPLE O NO CUMPLE CON LA NORMATIVA
	0.425 ! 0.950	
	0.425 ! 0.950	

* Valores medidos en puntos cercanos al elemento radiante, accesibles al público

Dado en _____ a _____

FIRMA DEL TÉCNICO RESPONSABLE
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES

FIRMA DEL REPRESENTANTE DE LA OPERADORA
POR LA EMPRESA OPERADORA

OBSERVACIONES: OBSERVACIONES EN CASO DE QUE EXISTAN

PARA INFORMACIÓN, RECLAMOS Y SUGERENCIAS COMUNÍQUESE CON EL CENTRO DE INFORMACIÓN Y RECLAMOS SUPERTEL LLAMAR GRATUITAMENTE AL 1800-567-567 DE UN TELÉFONO FIJO

Figura 3.4. Ejemplo de cómo llenar el certificado

Finalmente, el técnico colocará el Certificado en un lugar visible en la radiobase para constatar el correcto funcionamiento de la misma.

Figura 3.5. Ejemplo de una radiobase con su certificado

Si durante la inspección los niveles de radiación sobrepasan los límites establecidos en el Reglamento, la Superintendencia de Telecomunicaciones notificará al concesionario para que sus equipos sean recalibrados dentro de un plazo de 15 días en caso de que sea la primera vez que incumple la Norma Técnica, mientras que si existiese reincidencia se procederá con las sanciones correspondientes.

3.2.3. TIEMPO DE MEDICIÓN

En el literal “c” del Anexo 1 del Reglamento de Protección de Emisiones Radioeléctricas No Ionizantes generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico se especifica que: “Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el periodo de tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos”.

Este tiempo de medición se fundamenta en los límites establecidos por el ICNIRP, en los que se basa la Recomendación UIT-T K.52.

3.2.3.1. Configuración del tiempo de medición en la unidad básica SRM

Para configurar el tiempo de medición en la unidad básica del SRM se debe seguir el siguiente proceso:

Una vez encendida la unidad SRM, se presiona el botón “CONF” y mediante el control rotatorio se escoge la opción “Configure Safety Evaluation Mode” y se desplegará una pantalla con distintas opciones; se selecciona “AVERAGE TIME”, “enter” y con el control rotatorio se escoge 6 min.

De esta manera al seleccionar en el “Result Type” la opción “AVG”, el equipo mostrará el tiempo en el cual se debe realizar la medición.

3.3. CANTIDAD Y UBICACIÓN DE LAS RADIOBASES INSTALADAS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El desarrollo de la tecnología en los últimos años, especialmente en los servicios móviles avanzados, donde se ha producido un crecimiento considerable del número de usuarios y un aumento significativo de estaciones base dentro de las ciudades, constituye la principal razón para que al terminar el año 2010 las operadoras del servicio móvil avanzado CONECEL S.A., OTECEL S.A. y CNT ALEGRO EP cuenten con la siguiente cantidad de radiobases instaladas y en funcionamiento dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

- CONECEL S.A.: 237 RBS
- OTECEL S.A.: 224 RBS
- CNT ALEGRO EP: 51 RBS

Cabe recalcar que este número es el total de radiobases que se encuentran en funcionamiento, ya que existen radiobases que cuentan con el permiso de instalación pero aun no han sido implementadas.

3.3.1. RADIOBASES PERTENECIENTES A LA OPERADORA CONECEL S.A.

Durante el desarrollo del proceso de obtención de los valores de RNI a las radiobases de CONECEL S.A. se pudo constatar que del total de radiobases que cuentan con el permiso de instalación, solo las siguientes se encuentran operando:

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
LA MAGDALENA	00º14'16.8"S	78º31'47.1"W	TRIBUNA SUR	00°14'57.7"S	78°31'48.6"W
LA SANTIAGO	00º15'07.0"S	78º32'02.7"W	VILLAFLORA NORTE	00°14'37.6"S	78°30'48.4"W
PSOLAR	00º09'25.6"S	78º28'44.9"W	CONQUISTADORES	00°11'37,9"S	78°28'10,6"W
SANTA ANITA	00º15'22.2"S	78º32'11.6"W	AGD	00°11'07,0"S	78°28'48,6"W
BILOXI	00º15'29.9"S	78º32'41.6"W	CAPULETO	00°11'19,5"S	78°28'57,3"W
CHILLOGALLO	00º17'28.3"S	78º34'43.7"W	CCI	00°10'35,8"S	78°29'03,1"W
CUIDADELA IBARRA	00º17'55.1"S	78º34'00.2"W	LA Y	00°10'04,3"S	78°29'11,2"W
ECUATORIANA	00º18'40.1"S	78º33'46.6"W	MARISCAL	00°12'11,0"S	78°29'22,0"W
QUITO SUR	00º16'50.8"S	78º33'12.8"W	MARRIOT	00°11'53,6"S	78°29'24,2"W
RETME	00º21'04.8"S	78º32'56.7"W	PLAZA DE TOROS	00°09'48,6"S	78°29'00,8"W
SANTO TOMAS	00º19'59.8"S	78º32'37.0"W	POLONIA	00°11'26,1"S	78°29'29,5"W
CIUDADELA EJERCITO	00º18'17.9"S	78º32'43.5"W	QUITO TENIS	00°09'52,3"S	78°29'21,7"W
EPICLACHIMA	00º15'53.5"S	78º31'32.2"W	REPÚBLICA	00°11'36,0"S	78°29'09,7"W
FERROVIARIA	00º15'13.1"S	78º31'07.6"W	VEINTIMILLA	00°12'19,8"S	78°29'36,1"W
MICHELENA	00º14'46.2"S	78º31'51.7"W	VOZANDES	00°10'30,2"S	78°29'21,9"W
SALESIANA	00º17'56.2"S	78º32'46.7"W	AGUA CLARA	00°06'53,2"S	78°29'58,5"W
SANTA RITA	00º15'55.2"S	78º33'06.0"W	ATUCUCHO	00°07'05,8"S	78°30'39,1"W
VILLAFLORA	00º14'52.8"S	78º31'20.4"W	BAKER	00°07'59,8"S	78°29'12,4"W
ALPAHUASI	00º14'42.3"S	78º30'35.8"W	C.C. CONDADO	00°06'14,1"S	78°29'24,7"W
LULUNCOTO	00º14'02.2"S	78º30'29.7"W	DIEGO DE VÁSQUEZ	00°05'39,4"S	78°28'54,8"W
MONJAS	00º13'12.4"S	78º29'45.1"W	GRAL. MOTORS	00°06'00,2"S	78°28'44,0"W
RECOLETA	00º14'16.5"S	78º30'46.1"W	JAIME ROLDOS	00°05'29,3"S	78°30'33,4"W
TOLA BAJA	00º13'40.2"S	78º30'21.7"W	L. HERMOSA	00°06'09,0"S	78°30'17,6"W
ALTAMIRA	00º10'50.0"S	78º29'39.8"W	LA PLANADA	00°05'43,7"S	78°31'00,9"W
AMERICA	00º11'58.5"S	78º30'01.7"W	LUDEÑA	00°07'37,1"S	78°29'37,1"W
ATIENZA	00º11'28.8"S	78º29'49.2"W	PINTULAC	00°07'07,5"S	78°29'44,0"W
CIRCACIANA	00º11'55.8"S	78º29'46.9"W	RAMÓN BORJA	00°08'15,5"S	78°29'07,9"W
CORDICARGAS	00º11'15.7"S	78º29'39.8"W	REAL AUDIENCIA	00°06'46,6"S	78°29'15,7"W
LA GASCA	00º11'43.6"S	78º30'20.9"W	URB. CONDADO	00°05'55,4"S	78°29'57,9"W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
MIRAFLORES	00º12'20.1"S	78º30'33.0"W	CARCELÉN BAJO	00°04'45,1"S	78°28'23,8"W
RIO DE JANEIRO	00º12'33.4"S	78º30'11.9"W	EL EDÉN	00°08'07,5"S	78°27'59,3"W
U. CENTRAL	00º12'11.4"S	78º30'13.4"W	PUERTA SOL	00°06'50,8"S	78°28'10,4"W
BRASIL	00º09'16.1"S	78º29'22.2"W	SEYMUR	00°09'52,0"S	78°28'48,2"W
10 DE AGOSTO	00º10'57.1"S	78º29'22.2"W	SIEMENS	00°07'55,9"S	78°28'31,9"W
AMAZONAS	00º10'20.7"S	78º29'04.1"W	SOLCA	00°08'10,7"S	78°28'15,5"W
CANAL 4	00º10'06.2"S	78º29'25.0"W	SUKASA	00°08'22,1"S	78°28'05,8"W
DIBUJA	00º10'20.1"S	78º29'13.2"W	SUNGLAS	00°11'08,3"S	78°29'16,9"W
EL JARDIN	00º11'22.5"S	78º29'17.3"W	EL RECREO	00°15'10,7"S	78°31'24,6"W
IÑAQUITO	00º10'39.3"S	78º29'16.1"W	GUAJALO	00°18'01,9"S	78°32'19,2"W
LAS CASAS	00º11'19.4"S	78º30'13.5"W	HIERBA BUENA	00°16'30,2"S	78°31'25,4"W
METROPOLITANO	00º11'03.2"S	78º30'08.9"W	MACHÁNGARA	00°14'17,1"S	78°30'57,2"W
24 DE MAYO	00°13'16.0"S	78°30'55.3"W	MIRAVALLE	00°16'15,2"S	78°30'35,5"W
IPIALES	00°12'53.7"S	78°30'58.6"W	PACA	00°17'01,0"S	78°32'09,0"W
PLAZA GRANDE	00°13'07.0"S	78°30'45.3"W	PLYWOOD	00°17'32,7"S	78°31'59,8"W
SAN ROQUE	00°13'18.4"S	78°31'15.0"W	PUENGASÍ	00°14'42,2"S	78°30'04,0"W
VENEZUELA	00°13'14.2"S	78°30'38.8"W	REUB. ORIENTE QUITEÑO	00°17'12,3"S	78°31'12,7"W
LA COLINA	00º11'56.1"S	78º28'57.4"W	SIMÓN BOLÍVAR	00°15'05,5"S	78°30'14,7"W
BARREIRO	00º08'39.4''S	78º27'27.9''W	SMARTPORRES	00°17'52,2"S	78°31'34,5"W
CAPILLA	00º11'21.4''S	78º28'13.0''W	GUERRERO	00°12'19,7"S	78°30'00,1"W
MATOVELLE	00º08'25.3''S	78º28'23.8''W	INTERCAMBIADOR	00°13'54,0"S	78°29'17,1"W
BECK	00º09'54.3''S	78º29'48.2''W	LOMA GRANDE	00°13'32,9"S	78°30'41,3"W
FAE	00º08'41.7''S	78º29'30.6''W	MARIN	00°13'22,1"S	78°30'28,5"W
FLORIDA	00º08'20.5''S	78º29'34.1''W	PENAL	00°13'06,4"S	78°31'11,6"W
LIFE	00º09'32.2''S	78º29'15.7''W	PLAZA DEL TEATRO	00°13'07,9"S	78°30'32,7"W
OCCIDENTAL 1	00º07'34.6''S	78º30'09.3''W	SAN BLAS	00°12'50,7"S	78°30'18,8"W
PARKENOR	00º06'39.2''S	78º28'44.6''W	SEGURO TEMP	00°12'19,4"S	78°30'08,8"W
PINAR 1	00º09'11.1''S	78º29'45.2''W	TOCTIUCO	00°12'42,1"S	78°30'58,5"W
PINAR 2	00º08'34.8''S	78º30'00.8''W	TOLA	00°13'37,3"S	78°29'35,9"W
TORRES EL BOSQUE	00º09'38.0''S	78º29'46.1''W	VICENTINA	00°12'50,8"S	78°29'08,1"W
TUFIÑO	00º08'01.3''S	78º28'55.0''W	SRI	00°12'14,5"S	78°29'46,2"W
REGISTRO CIVIL SUR	00º16'40.7''S	78º32'27.4''W	ULPIANO	00°12'24,3"S	78°29'54,8"W
RODRIGO DE CHÁVEZ	00º14'36.0''S	78º31'14.6"W	GUAMANI ALTO	00°20'04,5"S	78°33'21,6"W
RÍO COCA	00º09'41.7''S	78º28'29.3"W	BEATERIO	00°18'58,8"S	78°32'55,3"W
AMAGASI	00º07'38.3''S	78º27'41.8''W	BUENAVENTURA	00°17'00,4"S	78°34'51,3"W
CARRETAS	00º06'27.1''S	78º28'24.0''W	CHILIBULO	00°14'46,8"S	78°32'26,9"W
COMITÉ	00º07'40.0''S	78º28'16.2''W	ECUASUIZA	00°14'48,4"S	78°32'04,8"W
DHL	00º07'17.8''S	78º28'12.2''W	NUEVA AURORA	00°17'44,3"S	78°33'33,5"W
EL INCA	00º09'01.3''S	78º28'32.9''W	PINTADO 3G	00°14'48,4"S	78°32'04,8"W
ISAAC ALBENIZ	00º09'07.3''S	78º28'53.5''W	PQCHILLO	00°16'27,7"S	78°33'18,8"W
JGARCES	00º07'22.4''S	78º28'01.1''W	QUITUMBE	00°17'27,7"S	78°32'42,1"W
LAURELES	00º09'14.8''S	78º28'14.9"W	RUMIHURCO	00°18'59,8"S	78°33'12,9"W
SAN ISIDRO	00º08'36.2''S	78º28'13.9''W	SAN BARTOLO	00°16'27,5"S	78°31'33,0"W
VILLALENGUA	00º10'20.4''S	78º29'33.0"W	STA. BÁRBARA	00°15'29,9"S	78°33'04,6"W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
AGUILERA	00º05’14.9’’S	78º28’32.7’’W	TERMINAL	00°18'40,5"S	78°33'53,5"W
CARCELÉN	00º05’15.6’’S	78º27’59.4’’W	AUCAS	00°16'19,5"S	78°32'55,0"W
CONDADO	00º06’21.2’’S	78º29’44.3’’W	CONSEJO PROVINCIAL	00°15'43,7"S	78°32'14,1"W
EINSTEIN	00º05’43.2’’S	78º28’31.3’’W	COWTURUBAMBA	00°17'01,1"S	78°32'34,8"W
BROMELIAS	00º09’31.6’’S	78º27’33.6’’W	EL ROSAL	00°17'02,8"S	78°33'45,3"W
CLAVER	00º07’46.9’’S	78º29’53.2’’W	FORESTAL UIO	00°15'12,5"S	78°30'37,7"W
COFAVI	00º07’44.9’’S	78º29’14.7’’W	HERMANO MIGUEL	00°14'30,1"S	78°32'11,7"W
FINLANDIA	00º10’47.2’’S	78º28’48.3’’W	PIO XII	00°14'41,5"S	78°30'26,7"W
LDU	00º06’31.0’’S	78º29’29.2’’W	PQMAGDALENA	00°14'25,4"S	78°31'28,4"W
OFELIA	00º06’53.7’’S	78º29’37.0’’W	PRONACA SUR	00°16'38,7"S	78°31'53,3"W
PANAMERICANA	00º07’18.0’’S	78º29’20.4’’W	UPSS	00°16'52,2"S	78°32'53,6"W
QUITO NORTE	00º06’02.5’’S	78º29’02.8’’W	BATÁN	00°11'00,3"S	78°28'28,8"W
ALMAGRO	00°11'34.1"S	78°29'02.8"W	CARVAJAL	00°09'35,2"S	78°29'30,8"W
BENALCAZAR	00°10'52.6"S	78°28'43.3"W	CONCEPCIÓN	00°08'53,6"S	78°29'30,4"W
BOSMEDIANO	00°11'15.2"S	78°28'35.6"W	EL BOSQUE	00°09'41,1"S	78°29'56,6"W
ECUAVISA	00°11'20.9"S	78°28'24.7"W	FLORIDA ALTA	00°08'52,0"S	78°30'04,0"W
FLORESTA	00°12'17.6"S	78°29'07.7"W	GUANGUILTAGUA	00°10'40,4"S	78°28'25,2"W
INTEROCEÁNICA	00°11'29.7"S	78°28'50.9"W	LEGARDA 3G	00°07'11,4"S	78°30'28,0"W
OCHO Y MEDIO	00°12'29.7"S	78°29'00.5"W	MENA DEL HIERRO	00°06'52,8"S	78°30'18,9"W
TSE	00°11'14.3"S	78°28'45.8"W	MENA DEL HIERRO 3G	00°06'58,2"S	78°30'07,3"W
AEROGAL	00°08'53.8"S	78°29'22.4"W	OCCIDENTAL 2	00°11'02,9"S	78°30'33,4"W
AVELLANAS	00°06'59.7"S	78°28'25.0"W	PORTUGAL	00°10'50,7"S	78°28'29,6"W
AXIOS	00°10'11.1"S	78°28'46.4"W	SALAS	00°08'33,5"S	78°29'42,9"W
CAROLINA	00°10'56.2"S	78°29'07.0"W	SAN FERNANDO	00°08'35,7"S	78°30'16,8"W
COCHAPATA	00°10'15.8"S	78°28'30.5"W	CLG. SAN GABRIEL	00°11'00,8"S	78°29'44,8"W
ECUAWAGEN	00°10'05.2"S	78°28'18.9"W	CORDERO	00°12'02,6"S	78°29'31,2"W
ETECO	00°09'38.9"S	78°29'02.8"W	EPN	00°12'32,0"S	78°29'36,9"W
GRANADOS	00°09'55.7"S	78°28'05.4"W	INHAMI	00°10'44,0"S	78°29'12,8"S
PRADERA	00°11'36.4"S	78°29'34.3"W	ITALIA	00°11'43,6"S	78°29'56,9"W
PROINCO	00°12'22.7"S	78°29'42.5"W	PUCE-EPN	00°12'31,9"S	78°29'29,9"W
ALAMEDA	00°12'47.3"S	78°30'09.2"W	SAN PABLO UIO	00°13'11,2"S	78°29'11,6"W
ARBOLITO	00°12'42.3"S	78°29'40.2"W	TELEFÉRICO	00°11'32,3"S	78°31'02,5"W
BANCO CENTRAL	00°12'57.7"S	78°30'10.9"W	UTE	00°10'57,0"S	78°30'14,3"W
BASÍLICA	00°12'47.5"S	78°30'27.3"W	CHURCHIL	00°11'35,2"S	78°28'38,5"W
COLISEO	00°12'47.5"S	78°29'20.4"W	GASPAR	00°10'16,9"S	78°28'13,9"W
DORADO	00°13'06.4"S	78°30'06.5"W	GONZÁLEZ SUAREZ	00°11'44,4"S	78°28'41,5"W
EJIDO	00°12'44.2"S	78°30'03.6"W	GONZÁLEZ SUAREZ NEW	00°11'51,9"S	78°28'44,8"W
MERCADOCEN	00°13'14.6"S	78°30'28.6"W	OLÍMPICO	00°10'34,8"S	78°28'36,6"W
C.C. ATAHUALPA	00°15'00.5"S	78°32'15.9"W	QUICENTRO-FINLANDIA	00°10'32,2"S	78°28'48,9"W
CALZADO	00°15'20.9"S	78°31'50.6"W	SHYRIS	00°10'59,5"S	78°28'56,0"W
CAMAL METRO	00°19'17.7"S	78°33'47.7"W	DON BOSCO	00°08'50,8"S	78°28'51,7"W
ENTRADA CAMAL	00°18'54.2"S	78°33'29.9"W	FÁTIMA	00°07'21,3"S	78°28'49,6"W
HACIENDA ORTEGA	00°18'22.0"S	78°33'33.8"W	KENNEDY	00°08'27,2"S	78°28'49,4"W
LA RAYA	00°15'49,8"S	78°31'52,5"W	LA LUZ	00°09'01,3"S	78°29'01,0"W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
PARQUE LINEAL	00°16'04.7"S	78°32'46.4"W	**MONTESERRIN**	00°09'34,8"S	78°27'59,9"W
SOLANDA	00°16'10.0"S	78°32'27.8"W			

Tabla 3.1. Total de radiobases instaladas de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

3.3.1.1. Representación de las Radiobases de la Operadora CONECEL S.A. en Google Earth

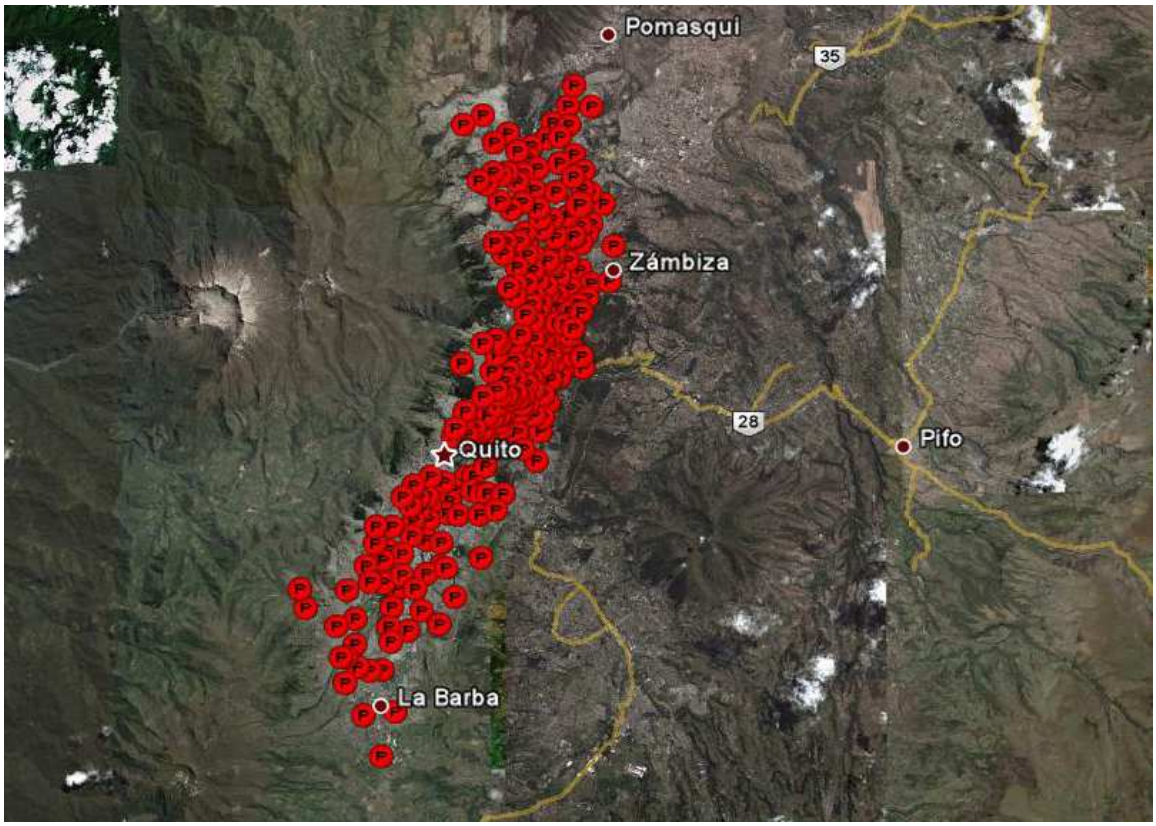

Figura 3.6. Representación en Google Earth del total de radiobases instaladas de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito

3.3.1.2. Radiobases de la Operadora CONECEL S.A. que trabajan en la Banda de 1900 MHz

En el año 2010, la operadora CONECEL mediante oficio informó a la Superintendencia de Telecomunicaciones que instalaría en sus radiobases antenas celulares que trabajan en la banda de los 1900 MHz, acorde a lo establecido en el Plan Nacional de Asignación de Frecuencias del año 2008.

Debido a la incorporación de esta nueva tecnología en las radiobases pertenecientes a la operadora CONECEL, fue necesario realizar nuevas mediciones de RNI con el propósito de determinar el cumplimiento de la normativa vigente en las radiobases que se detallan a continuación:

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
LA SANTIAGO	00º15'07.0"S	78º32'02.7"W	**PARKENOR**	00º06'39.2''S	78º28'44.6''W
SANTA ANITA	00º15'22.2"S	78º32'11.6"W	**PINAR 1**	00º09'11.1''S	78º29'45.2''W
BILOXI	00º15'29.9"S	78º32'41.6"W	**PINAR 2**	00º08'34.8''S	78º30'00.8''W
CHILLOGALLO	00º17'28.3"S	78º34'43.7"W	**TORRES EL BOSQUE**	00º09'38.0''S	78º29'46.1''W
CUIDADELA IBARRA	00º17'55.1"S	78º34'00.2"W	**TUFIÑO**	00º08'01.3''S	78º28'55.0''W
ECUATORIANA	00º18'40.1"S	78º33'46.6"W	**REGISTRO CIVIL SUR**	00º16'40.7''S	78º32'27.4''W
QUITO SUR	00º16'50.8"S	78º33'12.8"W	**RODRIGO DE CHAVEZ**	00º14'36.0''S	78º31'14.6"W
RETME	00º21'04.8"S	78º32'56.7"W	**RÍO COCA**	00º09'41.7''S	78º28'29.3"W
SANTO TOMAS	00º19'59.8"S	78º32'37.0"W	**AMAGASI**	00º07'38.3''S	78º27'41.8''W
CIUDADELA EJERCITO	00º18'17.9"S	78º32'43.5"W	**CARRETAS**	00º06'27.1''S	78º28'24.0''W
EPICLACHIMA	00º15'53.5"S	78º31'32.2"W	**COMITÉ**	00º07'40.0''S	78º28'16.2''W
FERROVIARIA	00º15'13.1"S	78º31'07.6"W	**DHL**	00º07'17.8''S	78º28'12.2''W
MICHELENA	00º14'46.2"S	78º31'51.7"W	**EL INCA**	00º09'01.3''S	78º28'32.9''W
SALESIANA	00º17'56.2"S	78º32'46.7"W	**ISAAC ALBENIZ**	00º09'07.3''S	78º28'53.5''W
SANTA RITA	00º15'55.2"S	78º33'06.0"W	**JGARCES**	00º07'22.4''S	78º28'01.1''W
VILLAFLORA	00º14'52.8"S	78º31'20.4"W	**LAURELES**	00º09'14.8''S	78º28'14.9"W
ALPAHUASI	00º14'42.3"S	78º30'35.8"W	**SAN ISIDRO**	00º08'36.2''S	78º28'13.9''W
LULUNCOTO	00º14'02.2"S	78º30'29.7"W	**AGUILERA**	00º05'14.9''S	78º28'32.7''W
MONJAS	00º13'12.4"S	78º29'45.1"W	**CARCELÉN**	00º05'15.6''S	78º27'59.4''W
RECOLETA	00º14'16.5"S	78º30'46.1"W	**CONDADO**	00º06'21.2''S	78º29'44.3''W
TOLA BAJA	00º13'40.2"S	78º30'21.7"W	**EINSTEIN**	00º05'43.2''S	78º28'31.3''W
ALTAMIRA	00º10'50.0"S	78º29'39.8"W	**BROMELIAS**	00º09'31.6''S	78º27'33.6''W
AMERICA	00º11'58.5"S	78º30'01.7"W	**CLAVER**	00º07'46.9''S	78º29'53.2''W
ATIENZA	00º11'28.8"S	78º29'49.2"W	**COFAVI**	00º07'44.9''S	78º29'14.7''W
CIRCACIANA	00º11'55.8"S	78º29'46.9"W	**FINLANDIA**	00º10'47.2''S	78º28'48.3''W
CORDICARGAS	00º11'15.7"S	78º29'39.8"W	**LDU**	00º06'31.0''S	78º29'29.2''W
LA GASCA	00º11'43.6"S	78º30'20.9"W	**OFELIA**	00º06'53.7''S	78º29'37.0''W
MIRAFLORES	00º12'20.1"S	78º30'33.0"W	**PANAMERICANA**	00º07'18.0''S	78º29'20.4''W
RIO DE JANEIRO	00º12'33.4"S	78º30'11.9"W	**QUITO NORTE**	00º06'02.5''S	78º29'02.8"W
U. CENTRAL	00º12'11.4"S	78º30'13.4"W	**BENALCAZAR**	00º10'52.6"S	78º28'43.3"W
BRASIL	00º09'16.1"S	78º29'22.2"W	**BOSMEDIANO**	00º11'15.2"S	78º28'35.6"W
10 DE AGOSTO	00º10'57.1"S	78º29'22.2"W	**ECUAVISA**	00º11'20.9"S	78º28'24.7"W
AMAZONAS	00º10'20.7"S	78º29'04.1"W	**FLORESTA**	00º12'17.6"S	78º29'07.7"W
CANAL 4	00º10'06.2"S	78º29'25.0"W	**INTEROCEÁNICA**	00º11'29.7"S	78º28'50.9"W
DIBUJA	00º10'20.1"S	78º29'13.2"W	**OCHO Y MEDIO**	00º12'29.7"S	78º29'00.5"W
EL JARDIN	00º11'22.5"S	78º29'17.3"W	**TSE**	00º11'14.3"S	78º28'45.8"W
IÑAQUITO	00º10'39.3"S	78º29'16.1"W	**AXIOS**	00º10'11.1"S	78º28'46.4"W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
LAS CASAS	00º11'19.4"S	78º30'13.5"W	CAROLINA	00°10'56.2"S	78°29'07.0"W
METROPOLITANO	00º11'03.2"S	78º30'08.9"W	COCHAPATA	00°10'15.8"S	78°28'30.5"W
24 DE MAYO	00°13'16.0"S	78°30'55.3"W	ECUAWAGEN	00°10'05.2"S	78°28'18.9"W
IPIALES	00°12'53.7"S	78°30'58.6"W	ETECO	00°09'38.9"S	78°29'02.8"W
PLAZA GRANDE	00°13'07.0"S	78°30'45.3"W	PRADERA	00°11'36.4"S	78°29'34.3"W
SAN ROQUE	00°13'18.4"S	78°31'15.0"W	PROINCO	00°12'22.7"S	78°29'42.5"W
VENEZUELA	00°13'14.2"S	78°30'38.8"W	ALAMEDA	00°12'47.3"S	78°30'09.2"W
LA COLINA	00º11'56.1"S	78º28'57.4"W	COLISEO	00°12'47.5"S	78°29'20.4"W
BECK	00º09'54.3''S	78º29'48.2''W	FATIMA	00°07'21,3"S	78°28'49,6"W
FAE	00º08'41.7''S	78º29'30.6''W	KENNEDY	00°08'27,2"S	78°28'49,4"W
FLORIDA	00º08'20.5''S	78º29'34.1''W	MONTESERRIN	00°09'34,8"S	78°27'59,9"W
OCCIDENTAL 1	00º07'34.6''S	78º30'09.3''W			

Tabla 3.2. Radiobases que operan en la banda de 1900 MHz de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DQM)

3.3.1.3. Representación de las Radiobases que trabajan en la banda de 1900 MHz de la Operadora CONECEL S.A. en Google Earth

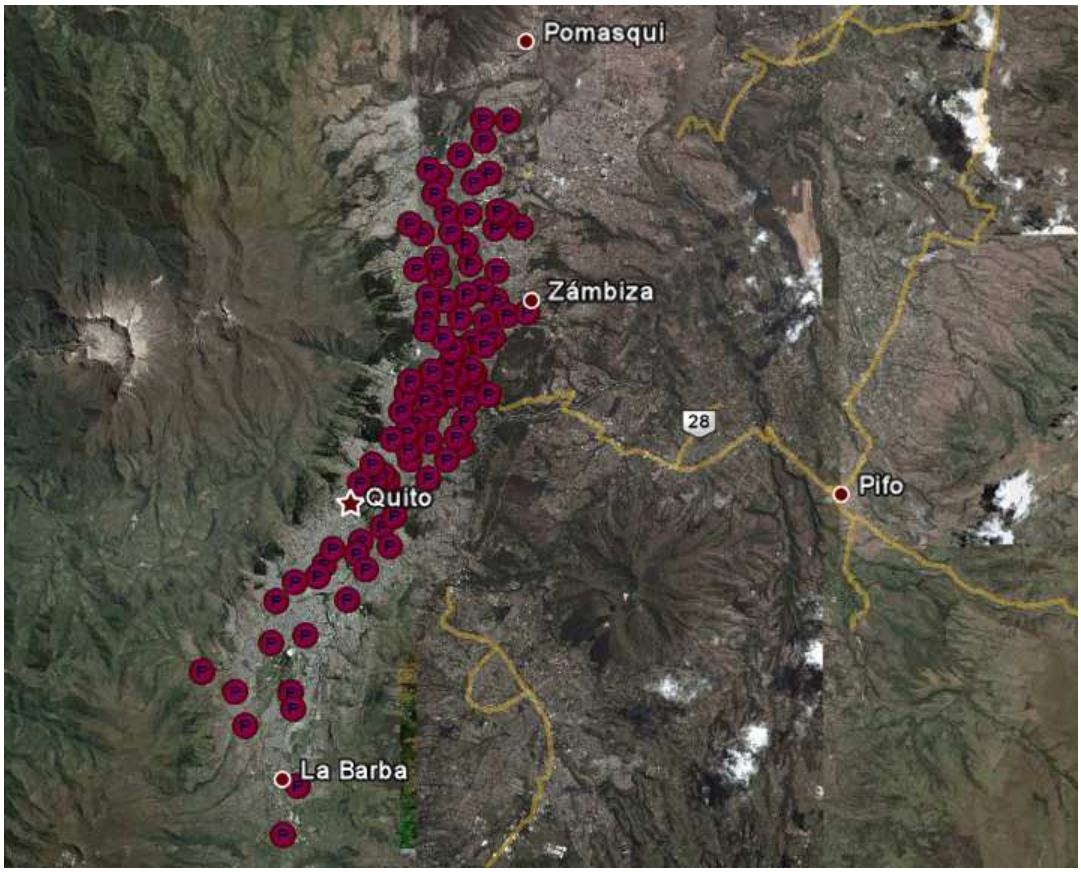

Figura 3.7. Representación en Google Earth de las radiobases que operan en la banda de los 1900 MHz de CONECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito

3.3.2. RADIOBASES PERTENECIENTES A LA OPERADORA OTECEL S.A.

De igual manera que CONECEL S.A., OTECEL S.A. ha incrementado considerablemente el número de sus radiobases, pero se diferencia en el hecho de que la operadora OTECEL S.A. empezó a trabajar en la banda de los 1900 MHz desde el año 2008. A continuación se presenta un listado de las radiobases instaladas en el Distrito Metropolitano de Quito:

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
10 DE AGOSTO ALES	00º08'51.8''S	78º29'00.6''W	LA ECUATORIANA	00º18'33.4''S	78º33'47.7''W
12 DE OCTUBRE	00º12'14.0''S	78º29'08.2''W	LA FLORIDA	00º08'30.7''S	78º29'35.8''W
23 DE JUNIO	00º06'41.0''S	78º29'55.7''W	LA GASCA	00º11'39.7''S	78º30'26.9''W
24 DE MAYO	00º13'16.7''S	78º30'59.8''W	LA GATAZO	00º15'48.2''S	78º32'38.1''W
AEROPUERTO-UIO	00º08'51.6''S	78º29'22.1''W	LA JOSEFINA	00º04'53.0''S	78º28'27.1''W
ALAMEDA	00º12'51.6''S	78º30'16.4''W	LA LUZ	00º08'56.1''S	78º28'43.9''W
ALMAGRO	00º11'44.1''S	78º29'03.6''W	LA MAGDALENA	00º14'21.7''S	78º31'42.2''W
ALONSO DE ANGULO	00º14'49.8''S	78º31'42.1''W	LA MARÍN	00º13'21.6''S	78º30'33.2''W
AMAGASÍ DEL INCA	00º08'43.3''S	78º27'37.6''W	LA QUINTANA	00º07'41.3''S	78º27'44.7''W
AMÉRICA	00º12'25.9''S	78º30'22.0''W	LA RÁBIDA	00º12'02.6''S	78º29'22.5''W
ANDINANET	00º10'01.8''S	78º29'03.0''W	LA RECOLETA	00º13'52.5''S	78º30'47.8''W
ARUPOS	00º08'46.3''S	78º29'38.7''W	LA RUMIÑAHUI	00º07'46.7''S	78º29'14.4''W
ASCAZUBI	00º11'49.9S	78º29'47.0''W	LA TOLA ALTA	00º13'18.5''S	78º30'26.7''W
ASUNCIÓN	00º12'21.9''S	78º30'11.0''W	LAS CASAS	00º11'19.3''S	78º30'10.9''W
AV. ATAHUALPA	00º10'50.1''S	78º29'26.9''W	LAURELES A	00º09'12.1''S	78º28'18.0''W
AV. LOS LIBERTADORES	00º14'10.3''S	78º31'50.7''W	LOMA DE PUENGASI	00º14'34.6''S	78º29'42.4''W
AV. SAN GABRIEL	00º11'12.6''S	78º30'02.7''W	MALDONADO	00º14'57.8''S	78º31'14.7''W
BACA ORTIZ	00º12'11.6''S	78º29'15.9''W	MANUEL LIZARZABURU	00º09'03.8''S	78º28'11.5''W
BAKER	00º08'23.4''S	78º29'01.6''W	MAÑOSCA	00º10'38.5''S	78º29'28.8''W
BANCO CENTRAL A	00º12'45.1''S	78º30'11.6''W	MARIANA DE JESÚS A	00º11'00.9''S	78º29'42.9''W
BATAN ALTO	00º10'57.9''S	78º28'29.9''W	MATOVELLE	00º07'56.6''S	78º29'13.3''W
BELLAVISTA	00º11'20.4''S	78º28'26.4''W	MATRIZ BCO PICHINCHA	00º12'26.2''S	78º29'58.4''W
BENALCÁZAR	00º10'04.0''S	78º28'49.3''W	MEGAMAXI	00º10'54.0''S	78º28'42.7''W
BOMBONERITA	00º09'42.1''S	78º28'29.4''W	MENA 2	00º15'27.0''S	78º32'36.1''W
BRASIL	00º09'33.6''S	78º29'18.5''W	MENA DEL HIERRO	00º06'33.9''S	78º30'14.7''W
BRASILIA 2	00º08'21.1''S	78º28'19.3''W	MEXTERIOR	00º09'13.4''S	78º29'45.5''W
BROMELIAS	00º09'37.1''S	78º27'46.3''W	MICRO CCI	00º10'43.3''S	78º29'04.2''W
BUENA VISTA	00º09'54.6''S	78º29'12.8''W	MICRO CUERO Y CAICEDO	00º11'28.9''S	78º29'37.5''W
BUGAMBILLAS	00º09'34.0''S	78º27'59.6''W	MICRO MEDITROPOLI	00º11'00.8''S	78º30'12.1''W
C.C. LA Y	00º10'11.8''S	78º29'18.9''W	MICRO NESTLÉ	00º11'47.2''S	78º28'42.6''W
CALIFORNIA ALTA	00º08'04.2''S	78º28'50.4''W	MICRO OCCIDENTAL2	00º10'30.6''S	78º30'02.7''W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
CÁMARA DE COMERCIO	00º11’08.0’’S	78º29’22.9’’W	MINISTERIO DE FINAZAS	00º12’21.0’’S	78º29’57.0’’W
CAMPO ALEGRE	00º09'31.7"S	78º27'34.5"W	MIRAFLORES	00º12'13.2"S	78º30'04.4"W
CAÑIZARES A	00º12’13.2’’S	78º29’37.4’’W	MONJAS	00º13’11.6’’S	78º29’13.0’’W
CAP. RAMÓN BORJA	00º08’27.5’’S	78º28’47.7’’W	MONTEOLIVO	00º09’48.4’’S	78º27’47.8’’W
CARCELÉN	00º05'19.4"S	78º28'09.8"W	MONTESERRÍN	00º09'29.9"S	78º27'47.6"W
CARCELÉN ALTO	00º05'33.1"S	78º28'29.8"W	MONTUFAR	00º14’12.0’’S	78º30’46.2’’W
CARCELÉN BAJO	00º04’31.4’’S	78º27’46.0’’W	MÓVIL CAUPICHO	00º19'42.4"S	78º32'24.9"W
CARCELÉN NORTE	00º05’06.5’’S	78º28’14.3’’W	MÓVIL FUNDEPORTE	00º17’49.2’’S	78º33’56.6’’W
CARRETAS	00º07’13.1’’S	78º28’24.7’’W	MOVISTAR	00º11'29.9"S	78º29'10.3"W
CARRIÓN	00º12’21.1’’S	78º29’37.7’’W	MULTICENTRO	00º11’59.4’’S	78º29’06.4’’W
C.C. AEROPUERTO	00º08’36.0’’S	78º29’31.3’’W	NACIONES UNIDAS A	00º10’34.1’’S	78º29’02.2’’W
C.C. CONDADO	00º06’14.0’’S	78º29’24.3’’W	NAVARRO	00º11’27.2’’S	78º28’58.5’’W
CENTRO HISTÓRICO	00º13'07.0"S	78º30'43.7"W	NUEVA AURORA	00º19'08.8"S	78º33'12.4"W
CHILLOGALLO	00º14’50.1’’S	78º33’28.2’’W	OCCIDENTAL 1 1900	00º07’11.1’’S	78º30’26.8’’W
CINCO ESQUINAS	00º14'47.3"S	78º30'48.1"W	OFELIA	00º07’03.8’’S	78º29’18.9’’W
CIUDADELA ATAHUALPA	00º15'00.4"S	78º31'56.6"W	ORELLANA	00º11'50.4"S	78º29'26.0"W
CIUDADELA MÉXICO	00º14'24.4"S	78º30'41.9"W	PARKENOR	00º06’44.7’’S	78º28’48.1’’W
CIUDADELA UNIÓN NAVAL	00º12’41.8’’S	78º29’14.0’’W	PARQUE DE LOS RECUERDOS A	00º06’13.9’’S	78º28’28.1’’W
CLEMENTE BALLEN	00º15'41.1"S	78º31'43.8"W	PARQUE EL ARBOLITO	00º12’42.4’’S	78º29’49.8’’W
CLÍNICA COTOCOLLAO	00º06’57.4’’S	78º29’46.2’’W	PARQUE INGLES	00º08’03.7’’S	78º29’52.8’’W
COFAVI	00º07'11.7"S	78º28'47.4"W	PARQUE ITALIA	00º11'38.9"S	78º29'58.9"W
COLEGIO 24 DE MAYO	00º10’25.2’’S	78º28’29.4’’W	PASTEUR	00º11’36.8’’S	78º29’27.0’’W
COLINAS DEL BOSQUE	00º09’35.4’’S	78º29'59.9’’W	PATRIA	00º12’25.5’’S	78º29’46.8’’W
COLISEO RUMIÑAHUI	00º12'46.9"S	78º29'20.1"W	PINAR ALTO	00º09’06.7’’S	78º30’01.2’’W
COMICIOS	00º10’07.8’’S	78º29’30.6’’W	PIO XII	00º14’31.7’’S	78º30’25.2’’W
COMISIOS KAUFER	00º10'05.8’’S	78º29'23.7’’W	PISULI	00º05’27.9’’S	78º30’34.2’’W
CONCEPCIÓN	00º09’14.8’’S	78º29’31.0’’W	PLAZA DE TOROS	00º09’46.1’’S	78º28’59.3’’W
CONDADO	00º06'25.9"S	78º29'55.5"W	PLAZA SANTO DOMINGO	00º13'25.1"S	78º30'47.6"W
CONDOMINIOS LA LUZ	00º08'38.8"S	78º28'50.2"W	PLYWOOD	00º18’11.7’’S	78º32’35.5’’W
CORDILLERA	00º08’01.4’’S	78º30’08.1’’W	POLITÉCNICA	00º12'27.5"S	78º29'08.3"W
CORUÑA	00º11’53.1’’S	78º28’52.7’’W	PONCEANO	00º06’31.0’’S	78º29’14.2’’W
COTOCOLLAO	00º07'22.7"S	78º29'41.3"W	PONCEANO ALTO	00º06'07.5"S	78º28'49.4"W
CRUZ ROJA	00º13’00.0’’S	78º30’08.3’’W	PUENTE DEL GUAMBRA	00º12’20.0’’S	78º29’59.9’’W
DAC	00º12’34.0’’S	78º30’07.3’’W	QUICENTRO SHOPPING	00º10’32.0’’S	78º29’50.1’’W
DAMMER	00º08'40.8"S	78º28'29.3"W	QUITEÑO LIBRE	00º11’12.4’’S	78º28’39.3’’W
DOS PUENTES	00º14’02.0’’S	78º31’25.9’’W	QUITO NORTE	00º07’20.6’’S	78º29’52.1’’W
EDÉN NORTE	00º07’48.9’’S	78º28’29.9’’W	QUITO SUR A	00º20’24.2’’S	78º33’04.4’’W
EINSTEIN	00º05’19.8’’S	78º28’41.2’’W	QUITO TENIS	00º09'45.1"S	78º29'33.2"W
EL BEATERIO	00º19’14.6’’S	78º32’56.4’’W	REAL AUDIENCIA	00º07’23.6’’S	78º29’08.0’’W
EL BOSQUE	00º09'44.3"S	78º29'47.0"W	RODRIGO DE CHÁVEZ	00º14’29.1’’S	78º31’17.6’’W
EL CAMAL	00º14'46.8"S	78º31'03.0"W	SAN BARTOLO	00º17’28.1’’S	78º31’47.1’’W

Nombre	Latitud	Longitud	Nombre	Latitud	Longitud
EL CARMELO	00º09'34.9''S	78º29'05.4''W	SAN FERNANDO	00°08'40.6"S	78°30'02.5"W
EL EDÉN	00º07'52.1''S	78º28'01.8''W	SAN ISIDRO ALTO	00º08'49.7''S	78º29'00.4''W
EL EJIDO	00º12'37.9''S	78º29'39.3''W	SAN JUAN B	00º12'41.6''S	78º30'51.9''W
EL LABRADOR	00°09'12.1"S	78°29'29.9"W	SAN PEDRO CLAVER	00º07'45.4''S	78º29'47.7''W
EL MORLAN	00º08'46.8''S	78º28'43.2''W	SANTA BARBARA 1900	00º16'12.7''S	78º33'15.5''W
EL PEDREGAL	00°08'22.2"S	78°30'05.0"W	SANTA CLARA	00º11'59.9''S	78º29'57.0''W
EL PINTADO	00º14'50.7''S	78º32'04.3''W	SCHLUMBERGER SURENCO	00°10'47.4"S	78°28'52.8"W
EL RECREO	00°15'06.3"S	78°31'18.1"W	SEIS DE DICIEMBRE	00º12'32.3"S	78º29'40.1"W
EL TRÉBOL	00°13'58.9"S	78°30'22.8"W	SELVA ALEGRE	00º11'24.1''S	78º30'06.3''W
EL UNIVERSO UIO	00º10'17.1''S	78º28'45.0''W	SOLANDA	00º16'10.3''S	78º32'27.4''W
ELOY ALFARO	00º09'58.3"S	78º28'06.7"W	SOLANDA SUR	00º16'25.1''S	78º32'37.4''W
EMAAP	00º11'21.7"S	78º29'21.5"W	SOLANDA SUR 2	00º16'04.1''S	78º32'45.2''W
EQUUS A	00º11'13.2''S	78º28'47.8''W	TEATRO SUCRE	00º13'05.4"S	78º30'28.0"W
ERD FACULTAD DE FILOSOFÍA	00º11'55.5''S	78º30'09.9''W	TEJAR	00°12'56.8"S	78°30'58.9"W
ESTADIO OLÍMPICO ATAHUALPA	00º10'37.6''S	78º28'39.4''W	TELÉGRAFO	00º10'21.9''S	78º28'53.6''W
FERROVIARIA ALTA	00º15'06.8''S	78º30'58.7''W	THOMAS DE BERLANGA	00º09'53.2''S	78º28'51.2''W
FLORESTA	00°12'23.0"S	78°28'52.1"W	THOMAS MORO	00º08'40.1''S	78º28'00.6''W
FORESTAL	00º16'16.7''S	78º30'28.9''W	TRIBUNA SHYRIS	00º11'01.0''S	78º28'53.5''W
GASPAR DE VILLARROEL	00º10'15.7"S	78º28'18.6"W	TRIBUNAL CONSTITUCIONAL	00º11'43.0''S	78º29'44.3''W
GONZÁLEZ SUÁREZ	00°11'46.7"S	78°28'42.7"W	TUFIÑO	00º07'44.7''S	78º28'58.0''W
GRANADOS	00°10'09.5"S	78°28'33.5"W	TULIPANES	00º07'13.5''S	78º30'02.0''W
GRANDA CENTENO	00º10'17.3''S	78º29'52.7''W	TURUBAMBA	00º16'42.5''S	78º32'55.4''W
GUAJALO	00º16'55.3''S	78º31'30.4''W	TURUBAMBA BAJO	00º16'49.3''S	78º32'27.8''W
GUANGUILTAHUA	00º10'38.6''S	78º28'24.3''W	ULLOA	00º11'12.6''S	78º29'38.4''W
GUIPUZCOA	00°12'39.2"S	78°28'50.2"W	UNIVERSIDAD CENTRAL	00º12'12.3''S	78º30'12.0''W
HOSPITAL DEL SUR	00º14'38.8''S	78º32'22.6''W	UNP	00º10'33.2''S	78º29'13.0''W
HOSPITAL IESS	00º12'16.4"S	78º30'22.9"W	URB. EL CONDADO	00°06'08.9"S	78°30'19.2"W
IBM	00º11'37.3''S	78º28'58.1''W	URBANIZACIÓN SANTA LUCIA	00º07'35.1''S	78º28'43.3''W
IGM	00º12'59.4''S	78º29'44.7''W	URBANIZACIÓN SANTIAGO	00º15'20.5"S	78º32'09.5"W
INCA A	00º09'33.1''S	78º28'55.0''W	VENCEDORES DE PICHINCHA	00º16'56.2"S	78º33'14.5"W
IÑAQUITO	00º10'17.6''S	78º29'05.1''W	VILLAFLORA A	00º14'43.3''S	78º31'15.3''W
ISLA	00º17'21.2''S	78º32'14.8''W	VOZANDES	00º10'15.6''S	78º29'26.5''W
ISLA ISABELA	00º09'28.9''S	78º28'41.6''W	BELISARIO	00°11'32.2"S	78°29'39.0"W
JARDÍN A	00º11'30.3''S	78º29'19.0''W	BILOXI	00°15'44.0"S	78°32'53.8"W
JORGE PIEDRA	00°08'21.9"S	78°29'58.4"W	EL COMERCIO	00°15'30.4"S	78°32'04.9"W
KENNEDY A	00º08'23.7''S	78º28'33.2''W	FOCH	00º12'13.2"S	78º29'25.6"W
KENNEDY ESTE	00º08'24.2''S	78º28'19.6''W	GUAPULO	00°11'55.6"S	78°28'43.6"W
LA BOTA	00º06'59.6''S	78º27'30.7''W	MADRE	00°08'17.8"S	78°29'36.6"W
LA CAROLINA	00º10'55.5''S	78º29'12.0''W	SOLCA	00º08'14.2"S	78º27'59.1"W
LA DELICIA	00º06'53.8''S	78º29'37.0''W	UTE	00°11'06.3"S	78°29'34.8"W

Tabla 3.3. Total de radiobases instaladas de OTECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

3.3.2.1. Representación de las Radiobases de la Operadora OTECEL S.A. en Google Earth

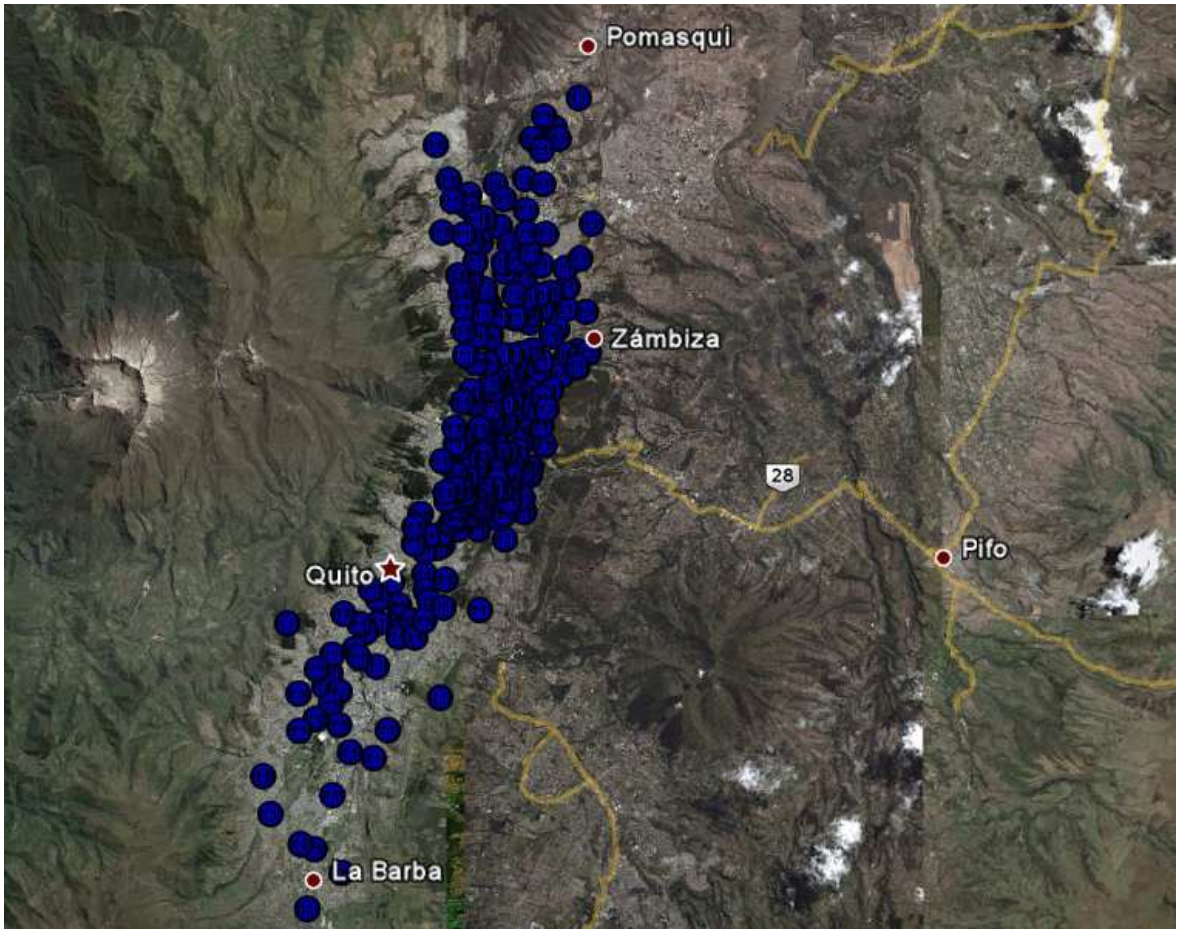

Figura 3.8. Representación en Google Earth del total de radiobases instaladas de OTECEL S.A. en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

3.4. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra es un subconjunto de elementos accesibles y limitado sobre el que se realizan las mediciones o el experimento con la idea de obtener conclusiones generalizables a una determinada población. Un elemento es cada uno de los componentes de la población y la muestra. La muestra debe ser representativa de la población y con ello queremos decir que cualquier individuo de la población en estudio debe haber tenido la misma probabilidad de ser elegido.

Existen varias razones para estudiar muestras en lugar de poblaciones y entre ellas podemos señalar las siguientes:

- Reducción del tiempo de estudio de los elementos.
- Aumentar la calidad del estudio. Al disponer de más tiempo y recursos, el análisis realizado a un reducido número de individuos puede ser más exacto que si se tuviera que realizar a toda una población.
- La selección de muestras específicas nos permitirá reducir la heterogeneidad de una población.

Para el presente caso de estudio la población estará conformada por las radiobases instaladas en el área del Distrito Metropolitano de Quito pertenecientes a las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A.

Es primordial mencionar la existencia de diferentes métodos de selección de muestras, pero debido a la no uniformidad en la distribución de las radiobases a lo largo y ancho del Distrito Metropolitano de Quito, se ha visto la necesidad de realizar un muestreo aleatorio estratificado.

3.4.1. MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO

Este tipo de muestreo consiste en la división previa de la población de estudio en grupos o clases que se consideran homogéneos con respecto a alguna característica de las que se van a estudiar. En cada uno de estos estratos se realizará una asignación proporcional, es decir que el tamaño de la muestra dentro de cada estrato es proporcional al tamaño del estrato dentro de la población. Dentro de cada estrato se aplicará una técnica de muestreo sistemático[12], una de las técnicas de selección más usadas en la práctica.

[12] El Muestreo Sistemático consiste en elegir el primer elemento al azar y el resto viene condicionado por aquel.

Para el caso que se estudia la población está constituida por las radiobases que operan dentro del área del Distrito Metropolitano de Quito de las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A., las que serán separadas en grupos tomando en cuenta su ubicación dentro de la ciudad, dando como resultado la formación de tres zonas de interés:

- Zona Sur
- Zona Centro
- Zona Norte

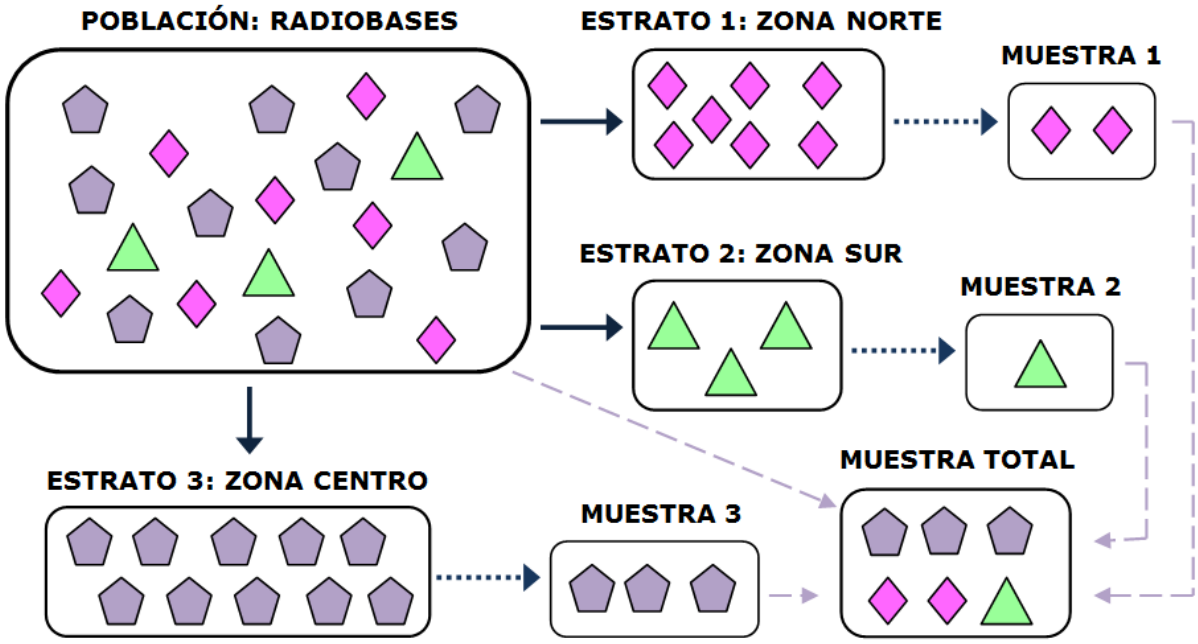

Figura 3.9. Representación gráfica del Muestreo Aleatorio Estratificado

3.4.2. MUESTREO PARA CONECEL S.A. (PORTA)

Luego del proceso de obtención de valores de densidad de potencia emitida por las radiobases, se tiene como resultado un total de 237 radiobases distribuidas en el área de la ciudad de Quito para esta operadora, de las cuales 97 corresponden a las radiobases donde se ha instalado antenas celulares que operan en la banda de los 1900 MHz.

Por lo tanto, se dispone de una población de 97 radiobases, a las que se sustrajo una muestra del 30% siguiendo el procedimiento de muestreo especificado anteriormente.

En base al proceso de muestreo estratificado se procedió a clasificar geográficamente la población de radiobases en tres zonas dentro del Distrito Metropolitano de Quito, obteniendo los siguientes estratos:

- Zona Sur: 19 RBS
- Zona Centro: 42 RBS
- Zona Norte: 36 RBS

Una vez clasificadas las radiobases se procedió a la selección de una muestra del 30% de cada estrato aplicando un muestreo aleatorio sistemático, dando como resultado la siguiente muestra:

- Muestra Zona Sur: 6 RBS
- Muestra Zona Centro: 13 RBS
- Muestra Zona Norte: 11 RBS

Como se puede apreciar la suma de las muestras de cada estrato corresponde al 30% de la población de radiobases pertenecientes a la operadora CONECEL S.A., las cuales se detallan a continuación:

Nombre	Zona	Nombre	Zona	Nombre	Zona
SANTA ANITA	SUR	**U. CENTRAL**	CENTRO	**RÍO COCA**	NORTE
ECUATORIANA	SUR	**10 DE AGOSTO**	CENTRO	**CARRETAS**	NORTE
EPICLACHIMA	SUR	**AMAZONAS**	CENTRO	**BROMELIAS**	NORTE
SALESIANA	SUR	**PLAZA GRANDE**	CENTRO	**DHL**	NORTE
VILLAFLORA	SUR	**BENALCAZAR**	CENTRO	**SAN ISIDRO**	NORTE
REGISTRO CIVIL SUR	SUR	**AXIOS**	CENTRO	**CONDADO**	NORTE
LULUNCOTO	CENTRO	**TSE**	CENTRO	**EINSTEIN**	NORTE
RECOLETA	CENTRO	**ALAMEDA**	CENTRO	**CLAVER**	NORTE
TOLA BAJA	CENTRO	**COLISEO**	CENTRO	**FÁTIMA**	NORTE
CIRCACIANA	CENTRO	**PINAR 1**	NORTE	**KENNEDY**	NORTE

Tabla 3.4. Muestra perteneciente a la Operadora CONECEL S.A.

3.4.3. MUESTREO PARA OTECEL S.A. (MOVISTAR)

Para este caso se tiene un total de 224 radiobases funcionando en la ciudad de Quito, pero como se lo había mencionado OTECEL S.A. ya venía operando en la banda de los 1900 MHz con anterioridad. Es por esta razón que la muestra se la tomará de las radiobases que cuentan con una medición previa que nos permita realizar una comparación con los valores obtenidos en las mediciones realizadas el año 2010; debido a esto la población se reduce a un total de 179 radiobases para OTECEL S.A.

Al igual que en el caso de CONECEL S.A. se realizó el proceso de selección de muestra mediante la clasificación de las radiobases en tres zonas (estratos) con su respectivo número de radiobases:

- Zona Norte: 66 RBS
- Zona Centro: 84 RBS
- Zona Sur: 29 RBS

A los estratos obtenidos se procedió a realizar el muestreo aleatorio sistemático, dando como resultado la siguiente muestra:

- Muestra Zona Norte: 20 RBS
- Muestra Zona Centro: 25 RBS
- Muestra Zona Sur: 9 RBS

De igual manera que para CONECEL S.A., la suma de las muestras de cada estrato corresponde al 30% de la población de radiobases pertenecientes a la operadora OTECEL S.A., las cuales se detallan a continuación:

Nombre	Zona	Nombre	Zona	Nombre	Zona
ARUPOS	NORTE	SAN FERNANDO	NORTE	MAÑOSCA	CENTRO
BAKER	NORTE	TUFIÑO	NORTE	MARIANA DE JESÚS A	CENTRO
BENALCÁZAR	NORTE	12 DE OCTUBRE	CENTRO	MICRO CUERO Y CAICEDO	CENTRO
BRASILIA 2	NORTE	24 DE MAYO	CENTRO	NACIONES UNIDAS A	CENTRO
CARCELÉN BAJO	NORTE	ALAMEDA	CENTRO	PATRIA	CENTRO
EL BOSQUE	NORTE	AMÉRICA	CENTRO	DOS PUENTES	CENTRO
EL LABRADOR	NORTE	C.C. LA Y	CENTRO	SAN JUAN B	CENTRO
LA BOTA	NORTE	CORUÑA	CENTRO	PIO XII	CENTRO
URB. EL CONDADO	NORTE	DAC	CENTRO	POLITÉCNICA	CENTRO
EINSTEIN	NORTE	EL EJIDO	CENTRO	CIUDADELA ATAHUALPA	SUR
OCCIDENTAL 1 1900	NORTE	EL TRÉBOL	CENTRO	FERROVIARIA ALTA	SUR
AMAGASÍ DEL INCA	NORTE	HOSPITAL IESS	CENTRO	GUAJALÓ	SUR
GRANADOS	NORTE	IBM	CENTRO	LA ECUATORIANA	SUR
INCA A	NORTE	JARDÍN A	CENTRO	PLYWOOD	SUR
ISLA ISABELA	NORTE	LA CAROLINA	CENTRO	SOLANDA	SUR
LA DELICIA	NORTE	LA MARÍN	CENTRO	QUITO SUR A	SUR
PARQUE DE LOS RECUERDOS A	NORTE	LA RECOLETA	CENTRO	VENCEDORES DE PICHINCHA	SUR
PINAR ALTO	NORTE	LAS CASAS	CENTRO	BILOXI	SUR

Tabla 3.5. Muestra perteneciente a la Operadora OTECEL S.A.

3.5. ANÁLISIS DE LA MUESTRA

El análisis de los datos que forman parte de la muestra se lo hace con el fin de extraer toda la información que estos puedan generar, para de esta manera llegar a establecer generalidades de toda la población. Al momento de realizar el análisis de las muestras tomadas a las radiobases de las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A. se hará uso de los conceptos básicos que nos provee la estadística descriptiva.

3.5.1. REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS

Para facilitar el análisis de los datos es necesario representarlos de manera que permitan distinguir de mejor manera las características que poseen los datos recolectados. Para ello se los puede representar de forma tabular o gráfica.

En la representación tabular se presentan las variables y la frecuencia con que los valores de éstas se encuentran presentes en el estudio. Mientras que en la representación gráfica se expresan los datos utilizando los medios gráficos que provee la geometría.

3.5.1.1. Distribución de Frecuencias

En esencia, para realizar una distribución de frecuencias se establecen clases o intervalos de clases, que no son más que un grupo de valores que definen una característica.

Una vez definidas dichas clases, se agrupan los datos en función de la clase a la cual pertenece y se hace referencia al número de datos que existen en cada clase o intervalo de clase.

Para estimar de mejor manera los resultados se los puede representar gráficamente a través de histogramas o polígonos de frecuencia.

3.5.1.1.1. Histogramas

Está formado por rectángulos cuya base es la amplitud del intervalo y tiene la característica que la superficie que corresponde a las barras es representativa de la cantidad de casos o frecuencia de cada tramo de valores, puede construirse con clases que tengan el mismo tamaño o diferente (intervalo variable). La utilización de los intervalos de amplitud variable se recomienda cuando en alguno de los intervalos, de amplitud constante, se presente la frecuencia cero (es decir, no existe ningún elemento dentro del intervalo) o la frecuencia de alguno o algunos de los intervalos sean mucho mayor que la de los demás, logrando así que las observaciones se hallen mejor repartidas dentro del intervalo.

3.5.1.1.2. Polígonos de Frecuencia

El polígono de frecuencias nos permite observar la variabilidad de frecuencias con la que se presentan los datos, se lo obtiene al unir cada punto medio (intervalo de clase) de los rectángulos del histograma con líneas rectas, teniendo cuidado de agregar al inicio y al final intervalos de clase adicionales, con el objeto de asegurar la igualdad del áreas.

3.5.2. MEDIDAS DESCRIPTIVAS

Los valores de densidad de potencia no son valores constantes, por lo cual será necesario conocer una medida que indique el valor alrededor del cual se agrupan los datos, asociada a una medida que haga referencia a la fluctuación existente en dichos datos. Por esta razón el estudio se enfocará en los valores alrededor de los cuales se agrupa la muestra y la mayor o menor fluctuación alrededor de esos valores, para ello se examinarán las siguientes características:

- La tendencia central de los datos, y
- La dispersión o variación con respecto a ese centro.

3.5.2.1. Estadísticos de Tendencia Central

Las medidas más representativas en este campo son las siguientes:

3.5.2.1.1. La Media

La media o también conocida como media aritmética, es una medida descriptiva que se calcula sumando todos los valores numéricos y dividiendo entre el número de valores. Existen dos tipos de media aritmética:

- La media poblacional, y
- La media muestral

Para nuestro proyecto haremos referencia a la media muestral, la cual se la representa como $\bar{x}$ y se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

$x \rightarrow$ Son todos los valores que toma la muestra

$n \rightarrow$ Es el tamaño de la muestra.

3.5.2.1.2. La Mediana

La mediana no es más que el valor central de la variable, es decir si suponemos que la muestra se encuentra en orden creciente o decreciente, el valor que divide en dos partes la muestra es a lo que se denomina mediana. La principal característica de esta medida es que al menos el 50% de las observaciones son menores o iguales a ella.

3.5.2.1.3. La Moda

La moda es el valor de un conjunto de datos que ocurre más frecuentemente, se considera como el valor más típico de una serie de datos.

3.5.2.2. Medidas de Dispersión o Variabilidad

Los estadísticos de tendencia central indican donde se sitúan un grupo de valores, mientras que las medidas de dispersión son las encargadas de mostrar si esos valores están próximos entre sí o si por el contrario están muy dispersos. Entre las principales están las siguientes:

3.5.2.2.1. Rango

El rango (R) se obtiene restando el valor más bajo de la muestra del valor más alto. Su unidad es la misma que la de los valores de la variable, pero presenta algunos inconvenientes, tales como:

- No utiliza todos los datos, por lo cual se puede ver afectado por valores extremos;
- Aumenta con el número de observaciones, o bien se queda igual. En cualquier caso nunca disminuye.

3.5.2.2.2. Varianza

La varianza es la medida de dispersión que mide la tendencia de los valores individuales a desviarse con respecto a la media, está representada por σ^2. La varianza para los datos pertenecientes a una muestra está determinada por la siguiente ecuación:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}$$

Donde:

$x \rightarrow$ Son los valores de la muestra.

$\bar{x} \rightarrow$ Es la media muestral.

$n \rightarrow$ Es el tamaño de la muestra.

3.5.2.2.3. Desviación Estándar

La desviación estándar también mide la variabilidad de las observaciones con respecto a la media, es igual a la raíz cuadrada de la varianza. Esta medida de dispersión siempre es positiva y se denota por σ. Su cálculo se da a través de la siguiente ecuación.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

3.5.3. VARIABLE DE ESTUDIO

La variable de estudio está representada por los valores de densidad de potencia obtenidos de las mediciones realizadas a las radiobases pertenecientes a las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A.. A continuación se presentan las tablas con los valores de densidad de potencia correspondientes a las radiobases que conforman las muestras objeto de análisis.

En las tablas se hará referencia al valor de densidad de potencia correspondiente a las bandas de frecuencia concesionadas a cada una de las operadoras y el valor total de densidad de potencia que se encuentra en el ambiente producido por la radiación de equipos en bandas de frecuencia cercanas.

3.5.3.1. Mediciones pertenecientes a la Muestra de CONECEL S.A. realizadas en el año 2010

Nombre De la Radiobase	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		Valor Máximo
	Banda	Distancia	Banda	Distancia	Banda	Distancia	
SANTA ANITA	0,00008658	18	0,0000434	34	0,0002055	60	**0,0002055**
ECUATORIANA	0,0003579	32	0,0002764	53	0,0004129	76	**0,0004129**
EPICLACHIMA	0,0004294	42	0,0006734	63	0,0002156	100	**0,0006734**
SALESIANA	0,0001099	20	0,0003466	57	0,0002154	86	**0,0003466**
VILLAFLORA	0,0006931	22	0,0005712	70	0,000473	96	**0,0006931**
REGISTRO CIVIL SUR	0,0001846	25	0,0001224	63	0,0002174	99	**0,0002174**
LULUNCOTO	0,0008474	35	0,000962	61	0,0001045	85	**0,000962**
RECOLETA	0,0002541	25	0,0003125	67	0,0004129	95	**0,0004129**
TOLA BAJA	0,000204	35	0,0006085	53	0,0004134	81	**0,0006085**
CIRCACIANA	0,0002167	27	0,0004212	69	0,0006723	89	**0,0006723**
U. CENTRAL	0,0002207	40	0,0005156	64	0,0004121	92	**0,0005156**
10 DE AGOSTO	0,0001568	33	0,0004215	55	0,000265	100	**0,0004215**
AMAZONAS	0,000811	28	0,0000224	70	0,0004483	89	**0,000811**
PLAZA GRANDE	0,0004834	40	0,0002103	78	0,0002911	99	**0,0004834**
BENALCAZAR	0,0003820	35	0,0003822	54	0,0007873	97	**0,0007873**
AXIOS	0,0001943	25	0,0003105	57	0,0002551	84	**0,0003105**
TSE	0,0001260	32	0,0001199	71	0,0001225	91	**0,0001260**
ALAMEDA	0,0001233	21	0,0001668	59	0,0003581	84	**0,0003581**
COLISEO	0,0002470	35	0,0002369	67	0,0002253	98	**0,0002470**
PINAR 1	0,0003903	20	0,0002874	59	0,0002532	98	**0,0003903**
RÍO COCA	0,000195	35	0,000884	56	0,000578	96	**0,000884**
CARRETAS	0,0006631	38	0,000421	55	0,000864	81	**0,000864**
BROMELIAS	0,0001604	23	0,0009228	57	0,0001394	90	**0,0009228**
DHL	0,0001338	32	0,000875	54	0,000323	96	**0,000875**
SAN ISIDRO	0,0009624	41	0,0009026	50	0,0001023	81	**0,0009624**
CONDADO	0,0002211	34	0,0001706	50	0,0001290	81	**0,0002211**
EINSTEIN	0,0009625	20	0,0001854	59	0,0001420	89	**0,0009625**
CLAVER	0,0005547	30	0,0004938	69	0,0001401	83	**0,0005547**
FATIMA	0,002975	33	0,001339	70	0,000619	86	**0,002975**
KENNEDY	0,001884	23	0,000369	51	0,000759	93	**0,001884**

Tabla 3. 6. Valores de densidad de potencia en mW/cm^2 y distancia a la antena en [m], perteneciente a la Operadora CONECEL S.A.

3.5.3.2. Mediciones pertenecientes a la Muestra de OTECEL S.A. realizadas en el año 2010

Nombre De la Radiobase	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		Valor Máximo
	Banda	Distancia	Banda	Distancia	Banda	Distancia	
ARUPOS	0,000453	28	0,000673	57	0,000435	83	**0,000673**
BAKER	0,000242	40	0,000321	54	0,000347	94	**0,000347**
BENALCAZAR	0,000093	21	0,000067	68	0,000115	91	**0,000115**
BRASILIA 2	0,00092	35	0,00122	51	0,00014	89	**0,00122**
CARCELÉN BAJO	0,000141	29	0,000261	69	0,000138	95	**0,000261**
EL BOSQUE	0,000213	26	0,0000951	50	0,000143	98	**0,000213**
EL LABRADOR	0,000401	39	0,000114	51	0,000046	89	**0,000401**
LA BOTA	0,0004011	20	0,0005395	50	0,0008369	92	**0,0008369**
URB. EL CONDADO	0,0009283	28	0,0009306	66	0,0009463	96	**0,0009463**
EINSTEIN	0,0003	34	0,0001519	59	0,00081	84	**0,00081**
OCCIDENTAL 1 1900	0,0006194	35	0,0004833	65	0,0002723	89	**0,0006194**
AMAGASÍ DEL INCA	0,000968	25	0,00143	52	0,000689	96	**0,00143**
GRANADOS	0,000018	25	0,00008	52	0,000124	85	**0,000124**
INCA A	0,0012	39	0,000889	68	0,000734	83	**0,0012**
ISLA ISABELA	0,0005	34	0,0003566	69	0,00066	80	**0,00066**
LA DELICIA	0,000437	22	0,000638	67	0,000385	82	**0,000638**
PARQUE DE LOS RECUERDOS A	0,0003736	21	0,0002757	61	0,0002087	80	**0,0003736**
PINAR ALTO	0,000637	37	0,000971	56	0,000645	91	**0,000971**
SAN FERNANDO	0,00126	39	0,001315	57	0,001346	93	**0,001346**
TUFIÑO	0,00226	30	0,000889	50	0,000775	97	**0,00226**
12 DE OCTUBRE	0,000231	23	0,00112	70	0,000821	95	**0,00112**
24 DE MAYO	0,000758	27	0,000823	66	0,000231	91	**0,000823**
ALAMEDA	0,0006754	34	0,0005162	51	0,0009468	99	**0,0009468**
AMÉRICA	0,00013	35	0,000118	52	0,000316	90	**0,000316**
C.C. LA Y	0,0000973	35	0,0000638	58	0,0000571	98	**0,0000973**
CORUÑA	0,000135	32	0,0000915	56	0,000126	82	**0,000135**
DAC	0,0001505	23	0,00054	59	0,00085	87	**0,00085**
EL EJIDO	0,0001932	22	0,0001984	64	0,0001257	83	**0,0001984**
EL TRÉBOL	0,000734	36	0,0009015	69	0,00081	90	**0,0009015**
HOSPITAL IESS	0,000352	22	0,000222	57	0,000471	96	**0,000471**
IBM	0,000116	32	0,0000947	57	0,0000919	86	**0,000116**
JARDÍN A	0,000128	27	0,000319	54	0,000623	87	**0,000623**
LA CAROLINA	0,000247	29	0,0003	66	0,000061	82	**0,0003**
LA MARÍN	0,001534	36	0,002954	56	0,003055	86	**0,003055**
LA RECOLETA	0,0009836	39	0,0007719	53	0,0008125	81	**0,0009836**
LAS CASAS	0,0002962	21	0,0001281	70	0,0003291	95	**0,0003291**
MAÑOSCA	0,000127	24	0,0001649	53	0,000186	91	**0,000186**

Nombre De la Radiobase	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		Valor Máximo
	Banda	Distancia	Banda	Distancia	Banda	Distancia	
MARIANA DE JESÚS A	0,000087	29	0,00049	52	0,000239	99	**0,00049**
MICRO CUERO Y CAICEDO	0,0004501	26	0,0001577	56	0,000268	100	**0,0004501**
NACIONES UNIDAS A	0,0002674	36	0,001373	52	0,0002876	98	**0,001373**
PATRIA	0,0001596	32	0,0001983	64	0,0007571	87	**0,0007571**
DOS PUENTES	0,000096	23	0,000112	68	0,000127	81	**0,000127**
SAN JUAN B	0,000528	22	0,0006325	60	0,0001846	83	**0,0006325**
PIO XII	0,000156	32	0,001233	70	0,000171	91	**0,001233**
POLITÉCNICA	0,004306	29	0,004388	65	0,004446	96	**0,004446**
CIUDADELA ATAHUALPA	0,0005952	23	0,0005955	66	0,0005957	83	**0,0005957**
FERROVIARIA ALTA	0,000788	20	0,000689	68	0,000586	88	**0,000788**
GUAJALÓ	0,000107	22	0,000154	59	0,000157	91	**0,000157**
ECUATORIANA	0,003243	34	0,000665	52	0,000994	86	**0,003243**
PLYWOOD	0,000148	28	0,000135	68	0,000232	85	**0,000232**
SOLANDA	0,000262	40	0,000633	68	0,000979	95	**0,000979**
QUITO SUR A	0,000293	40	0,000196	70	0,000121	99	**0,000293**
VENCEDORES DE PICHINCHA	0,0007473	21	0,0007144	52	0,0006638	93	**0,0007473**
BILOXI	0,000576	35	0,000681	60	0,0003226	99	**0,000681**

Tabla 3.7. Valores de densidad de potencia en mW/cm^2 y distancia a la antena en [m], perteneciente a la Operadora OTECEL S.A.

3.5.4. CÁLCULO DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS

Para realizar el cálculo de los valores estadísticos de las muestras se eligió el valor máximo de densidad de potencia generado por las radiobases. A partir de estos valores se realizó el cálculo de los estadísticos de tendencia central y medidas de dispersión, obteniéndose los siguientes resultados:

3.5.4.1. Medidas Descriptivas pertenecientes a la Muestra de CONECEL S.A.

Al obtener el resultado del análisis de las medidas descriptivas para la muestra de CONECEL S.A. que puede apreciarse en la tabla 3.7, el valor promedio (la media) de los valores de densidad de potencia es 614 veces menor al valor máximo permitido para la banda de 850 MHz.

Si se considera el valor de la moda, se puede observar que el valor más frecuente que se presentó dentro de las mediciones de RNI para la operadora CONECEL S.A. es 1029 veces más pequeño que el valor máximo establecido para la banda de 850 MHz.

Si se desea realizar un análisis en las peores condiciones, es decir haciendo referencia al valor más alto obtenido, se puede apreciar que éste es 142 veces menor al máximo permitido en la Banda de 850 MHz.

Como se pudo observar en cada una de las situaciones anteriormente mencionadas, los valores de RNI medidos no alcanzan ni siquiera el 1% del valor máximo permitido en el área poblacional, esto se justifica debido al uso de bajas potencias en la transmisión de las ondas electromagnéticas y a su relación inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CONECEL S.A.	
MEDIA	0.00069202 [mW/cm^2]
MEDIANA	0.0005816 [mW/cm^2]
MODA	0.0004129 [mW/cm^2]
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.00055791 [mW/cm^2]
VARIANZA DE LA MUESTRA	3.1126E-07 [mW/cm^2]
RANGO	0.00284875 [mW/cm^2]
MÍNIMO	0.00012599 [mW/cm^2]
MÁXIMO	0.00297474 [mW/cm^2]
CUENTA	30

Tabla 3.8. Medidas Descriptivas de la Muestra de CONECEL S.A.

El valor que representa la desviación estándar muestra la existencia de un amplio rango de valores alrededor de la media muestral, es decir indica cuan alejados están los valores de densidad de potencia de la media muestral o promedio, lo cual conlleva a que el valor de la media deje de ser representativo como una medida de tendencia central. Esto se justifica debido a los diferentes factores que influyen al momento de realizar una medición de RNI como lo son: la altura a que se encuentra instalada la radiobase y la ubicación del punto de medición.

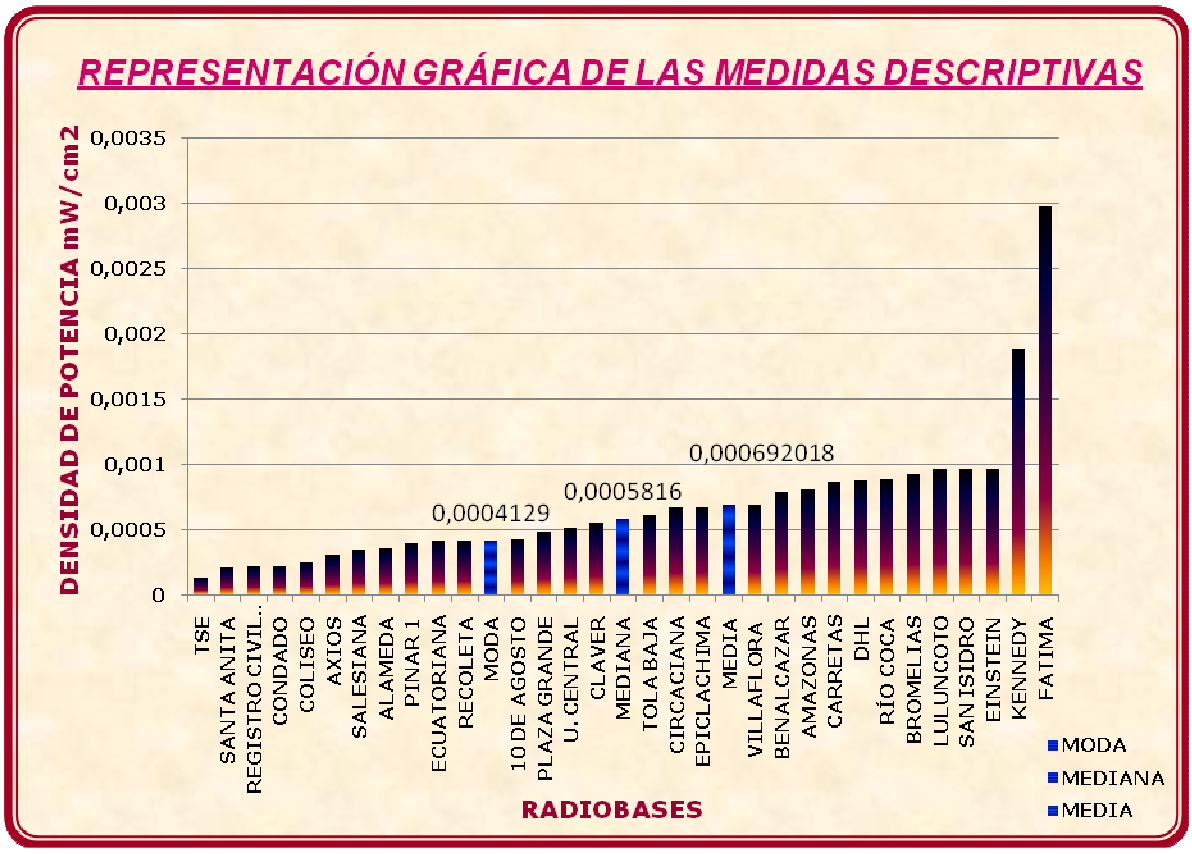

Figura 3.10. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a la muestra de CONECEL S.A.

Como se puede apreciar en la figura, los valores de densidad de potencia no sobrepasan 0,003 mW/cm^2, que no corresponde ni al 1% de los límites máximos de exposición establecidos en la normatividad. De igual manera se puede observar que al menos el 60% de las mediciones se encuentran bajo el valor de la media muestral definida para este rango de valores.

3.5.4.2. Medidas Descriptivas pertenecientes a la Muestra de OTECEL S.A.

De igual manera que en el caso anterior, para OTECEL S.A. se han presentado valores pequeños comparados con el máximo permitido, es por eso que en este caso se hará referencia al mayor valor obtenido, el mismo que es 213 veces más pequeño que el máximo permitido en la Banda de 1900 MHz. Esto se justifica por el uso de bajas potencias en la transmisión de las ondas electromagnéticas y a su relación inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA OTECEL S.A.	
MEDIA	0,00081707 [mW/cm2]
MEDIANA	0,000649 [mW/cm2]
MODA	No existe
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,00081505 [mW/cm2]
VARIANZA DE LA MUESTRA	6,6431E-07 [mW/cm2]
RANGO	0,0043487 [mW/cm2]
MÍNIMO	0,0000973 [mW/cm2]
MÁXIMO	0,004446 [mW/cm2]
CUENTA	54

Tabla 3.9. Medidas Descriptivas de la Muestra de OTECEL S.A.

En la práctica puede o no existir el valor de la moda, de hecho en muestras pequeñas no tiene sentido debido a que la aparición de coincidencias en los valores es con frecuencia producto del azar. En este caso, la carencia de un valor típico como es la moda, se debe específicamente a que la densidad de potencia presente en la población de radiobases no presenta ninguna repetición o coincidencia dentro del rango en el cual fluctúan sus valores.

La desviación estándar muestra un amplio rango alrededor de la media, lo cual se justifica debido a la variabilidad de los valores de RNI ya que fueron obtenidos a diferentes distancias de las radiobases, esto se debe a que al momento de realizar las mediciones, el técnico debe ubicarse a una distancia prudente con respecto a la altura a la que se encuentra la radiobase, es decir a mayor altura es necesario realizar la medición a una mayor distancia con respecto a la radiobase, con el fin de captar el lóbulo de radiación de la antena.

Como se lo había mencionado con anterioridad y como se puede observar en la figura 3.11., en este caso no existe la presencia de un valor frecuente o típico, por lo que no existe la medida descriptiva moda. Adicionalmente, se observa que el 62.92% de los valores de densidad de potencia obtenidos de las radiobases son menores al valor establecido de media muestral, el cual es considerablemente pequeño en comparación con los límites máximos de exposición.

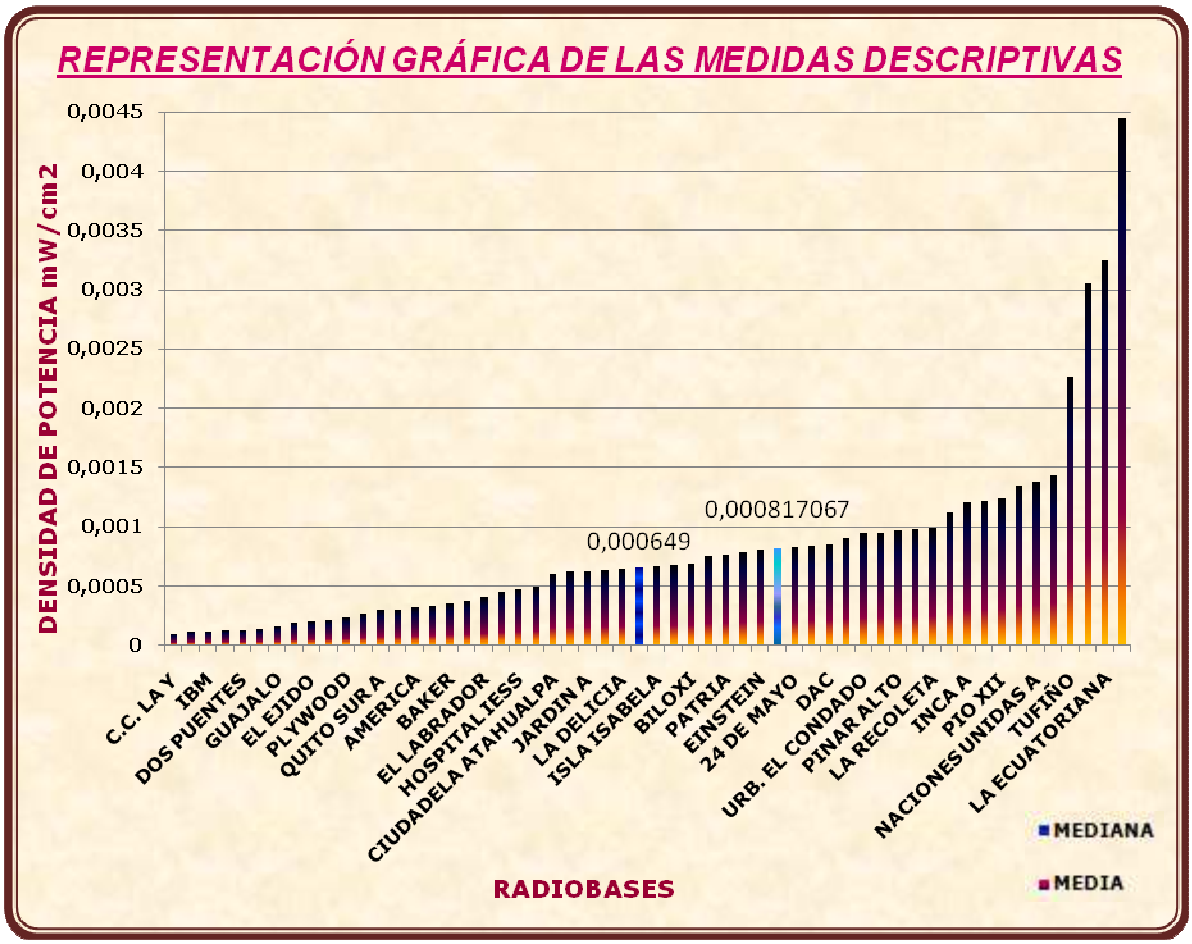

Figura 3.11. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones del año 2010 de la muestra de OTECEL S.A.

3.5.4.3. Histogramas de Frecuencia

Para realizar el histograma de frecuencia, inicialmente se debe calcular el número de intervalos de clases en los cuales se clasificará la muestra. Para esto se utilizó la fórmula de Sturges:

$$k = 1 + 3.32 \times log_{10}(n)$$

Donde:

$k \rightarrow$ Es el número de intervalos de clase.

$n \rightarrow$ Es el número de elementos que conforman la muestra.

A continuación se calcula la amplitud del intervalo clase, que no es más que la división del rango para el número de intervalos de clase.

$$amplitud = \frac{R}{k}$$

El primer intervalo de clases comenzará a partir del valor mínimo existente dentro de la muestra y a los demás se les suma k veces el valor de la amplitud hasta completar el numero de intervalos establecidos a través de la formula de Sturges.

Finalmente se clasifican los datos de la muestra dependiendo del intervalo de clase al cual pertenezca.

3.5.4.3.1. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de CONECEL S.A.

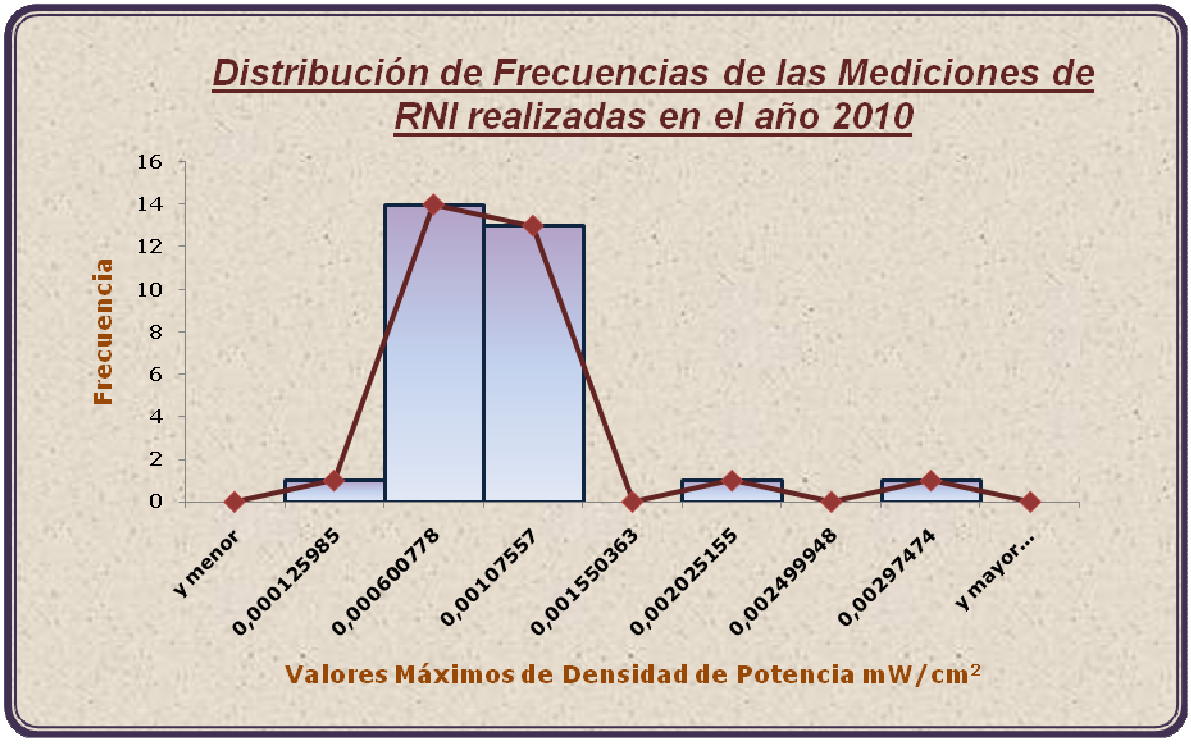

Figura 3.12. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de la muestra perteneciente a CONECEL S.A referente a las mediciones realizadas en el año 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia

Como se puede observar en la gráfica, la mayor cantidad de datos se agrupa en el intervalo que va desde 0,000600778 hasta 0,001550363, con un total de 27 valores de densidad de potencia, los cuales son significativamente pequeños comparados con los limites de exposición definidos en la normativa vigente.

3.5.4.3.2. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de OTECEL S.A.

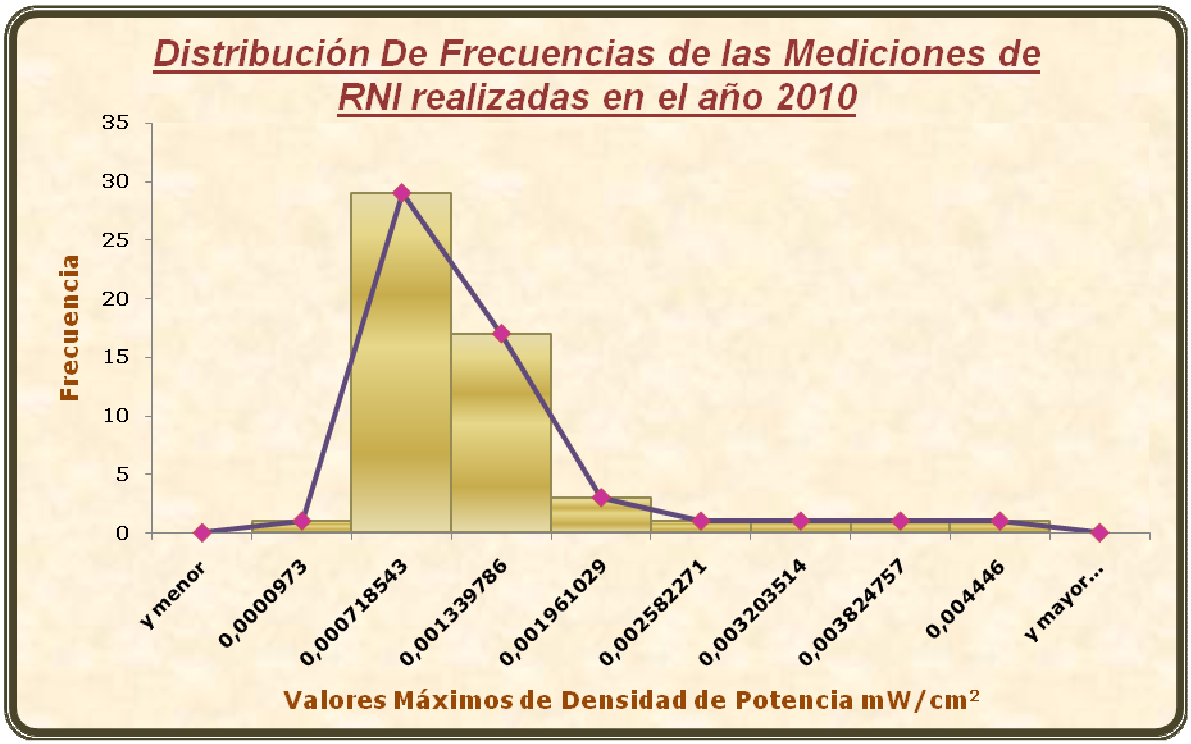

Figura 3.13. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de OTECEL S.A referentes a las mediciones realizadas en el año 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia.

Al igual que para CONECEL, se puede observar que para la operadora OTECEL S.A. primeramente los valores de densidad de potencia se localizan en un rango más amplio y con valores más altos si los comparamos con los valores que se manejan en la operadora CONECEL S.A.. Se observa que los datos se agrupan con mayor intensidad en el intervalo de 0,000718543 a 0,001339786, los cuales no representan ni el 1% de los límites máximos de exposición establecidos en la normatividad.

3.5.5. CÁLCULO DE LAS MEDIDAS DESCRIPTIVAS CORRESPONDIENTE A LAS MEDICIONES PREVIAS DE RNI

Para realizar el cálculo de los estadísticos de tendencia central y medidas de dispersión de los valores de densidad de potencia obtenidos en mediciones de años anteriores, inicialmente se presentarán las tablas que contienen dichos valores. En estas tablas se hará referencia a los valores medidos en tres puntos cercanos a la radiobase, el año en el que se realizó la medición y el valor máximo de densidad de potencia que se obtuvo en dicha medición.

3.5.5.1. Medidas correspondientes a la operadora CONECEL S.A.

3.5.5.1.1. Mediciones de RNI realizadas en años anteriores pertenecientes a la muestra de CONECEL S.A.

En concordancia con lo anteriormente mencionado, se debe recalcar que en las mediciones realizadas a partir del año 2007 de las radiobases que conforman la muestra de CONECEL S.A. y efectuadas hasta el año 2009, no se contaba con antenas celulares que operen en la banda de los 1900 MHz, es decir estas mediciones corresponden únicamente a la banda de 850 MHz.

NOMBRE	AÑO DE MEDICIÓN	PT1	PT2	PT3	VALOR MÁXIMO
SANTA ANITA	2007	0,003445	0,003675	0,003655	**0,003675**
ECUATORIANA	2007	0,00391	0,00327	0,000956	**0,00391**
EPICLACHIMA	2007	0,003433	0,001003	0,000053	**0,003433**
SALESIANA	2007	0,001449	0,003776	0,003779	**0,003779**
VILLAFLORA	2008	0,00021	0,00022	0,00023	**0,00023**
LULUNCOTO	2008	0,0003	0,0003	0,0001	**0,0003**
RECOLETA	2009	0,0008757	0,0006119	0,002551	**0,002551**
TOLA BAJA	2009	0,00011063	0,00011715	0,00014625	**0,00014625**
CIRCACIANA	2008	0,00033103	0,0002923	0,000108669	**0,00033103**
U. CENTRAL	2008	0,000105	0,000208	0,000198	**0,000208**
10 DE AGOSTO	2008	0,0002499	0,0001496	0,00009483	**0,0002499**
AMAZONAS	2008	0,000024	0,000019	0,000021	**0,000024**
PLAZA GRANDE	2008	0,0003098	0,0006012	0,000183	**0,0006012**
PINAR 1	2008	0,0004379	0,0004867	0,0006717	**0,0006717**
REGISTRO CIVIL SUR	2008	0,0005	0,0002	0,002	**0,002**

NOMBRE	AÑO DE MEDICIÓN	PT1	PT2	PT3	VALOR MÁXIMO
RÍO COCA	2008	0,00166	0,0012	0,0009	**0,00166**
CARRETAS	2008	0,00039	0,00039	0,00039	**0,00039**
BROMELIAS	2009	0,000747	0,000475	0,000295	**0,000747**
DHL	2008	0,0001	0,00149	0,0005	**0,00149**
BENALCAZAR	2008	0,0012	0,0006	0,0006	**0,0012**
AXIOS	2008	0,0003	0,0003	0,0003	**0,0003**
SAN ISIDRO	2008	0,0041	0,0015	0,0012	**0,0041**
CONDADO	2008	0,000096	0,000105	0,000106	**0,000106**
EINSTEIN	2008	0,0001858	0,0001829	0,0001114	**0,0001858**
CLAVER	2009	0,001972	0,0003073	0,001032	**0,001972**
TSE	2008	0,0003371	0,000121	0,0007601	**0,0007601**
ALAMEDA	2008	0,00022	0,00041	0,00022	**0,00041**
COLISEO	2009	0,0001222	0,0001717	0,0001917	**0,0001917**
FÁTIMA	2007	0,0019252	0,001256	0,003818	**0,0038183**
KENNEDY	2008	0,00044	0,00116	0,00122	**0,00122**

Tabla 3.10. Valores de densidad de potencia perteneciente a la Operadora CONECEL S.A. correspondientes a las mediciones realizadas en años anteriores

3.5.5.1.2. Cálculo de las Medidas Descriptivas referentes a las Mediciones previas realizadas a la muestra de CONECEL S.A.

Estadística Descriptiva	
Media	0,00135536
Mediana	0,00070935
Moda	0,0003
Desviación estándar	0,00139283
Varianza de la muestra	1,94E-06
Rango	0,004076
Mínimo	0,000024
Máximo	0,0041
Cuenta	30

Tabla 3.11. Medidas Descriptivas pertenecientes a las Mediciones Previas

Al momento de considerar las mediciones de RNI realizadas previamente, se puede observar que se presentan ciertas incongruencias, por ejemplo existe una diferencia significativa entre los valores mínimo y máximo de la muestra, lo cual influye directamente en el rango de la muestra, presentando una gran dispersión de los datos en dicho rango.

De los valores obtenidos de tendencia central se tiene para este caso que el valor de la media muestral es 313 veces menor al límite establecido para la banda de 850 MHz. Al comparar el valor de la mediana respecto a los límites máximos de exposición establecidos para cada una de las bandas se puede denotar que para el caso de 850 MHz el valor de la mediana es 599 veces menor.

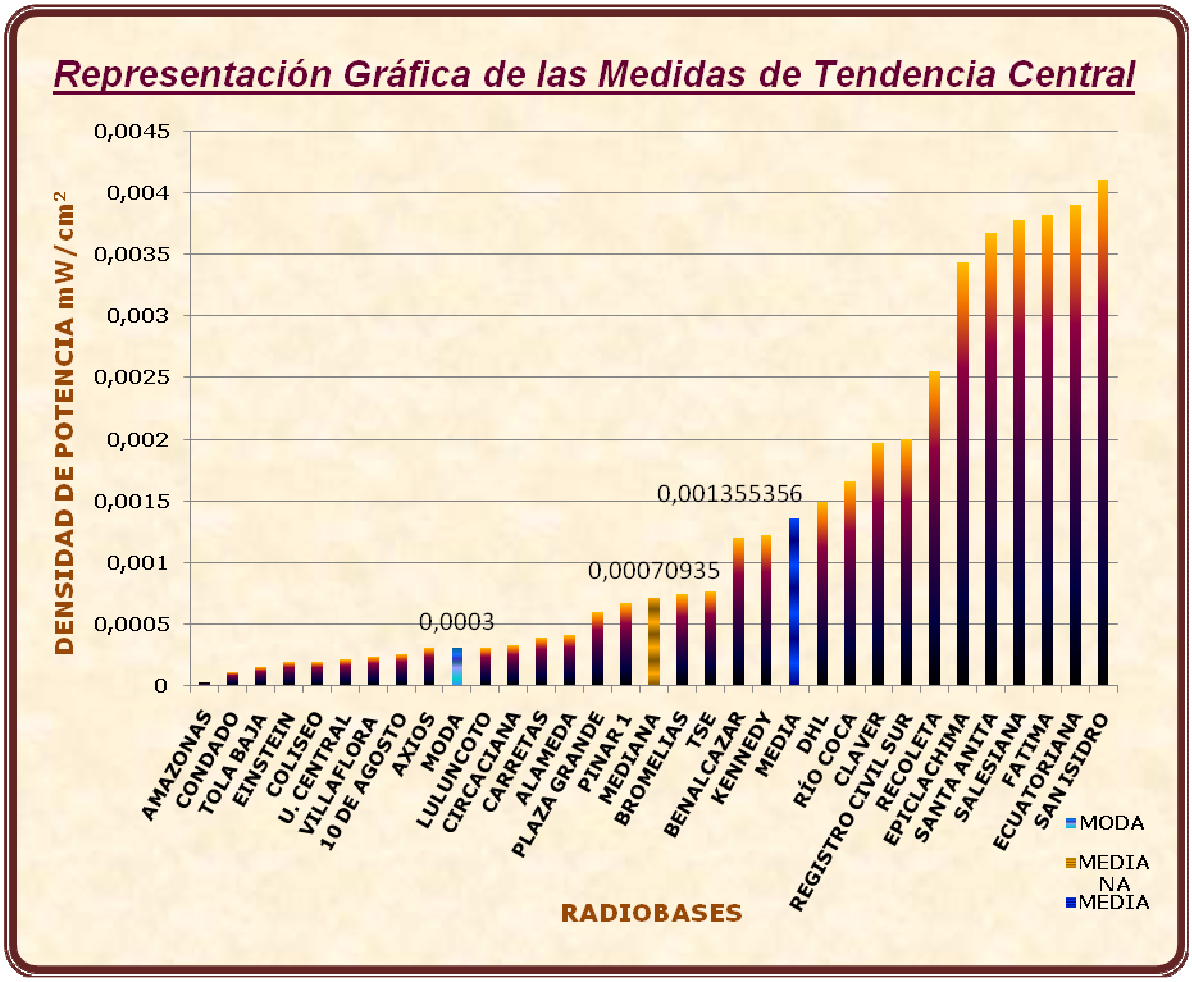

Figura 3.14. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones previas al año 2010 de la muestra de CONECEL S.A.

De igual manera, en la gráfica se puede observar que el 60% de las mediciones que conforman la muestra, se encuentran bajo el valor correspondiente a la media muestral, y que el 46.67% de las mediciones se encuentran bajo el valor de la mediana.

3.5.5.1.3. Distribución de Frecuencias perteneciente a la muestra de CONECEL S.A.

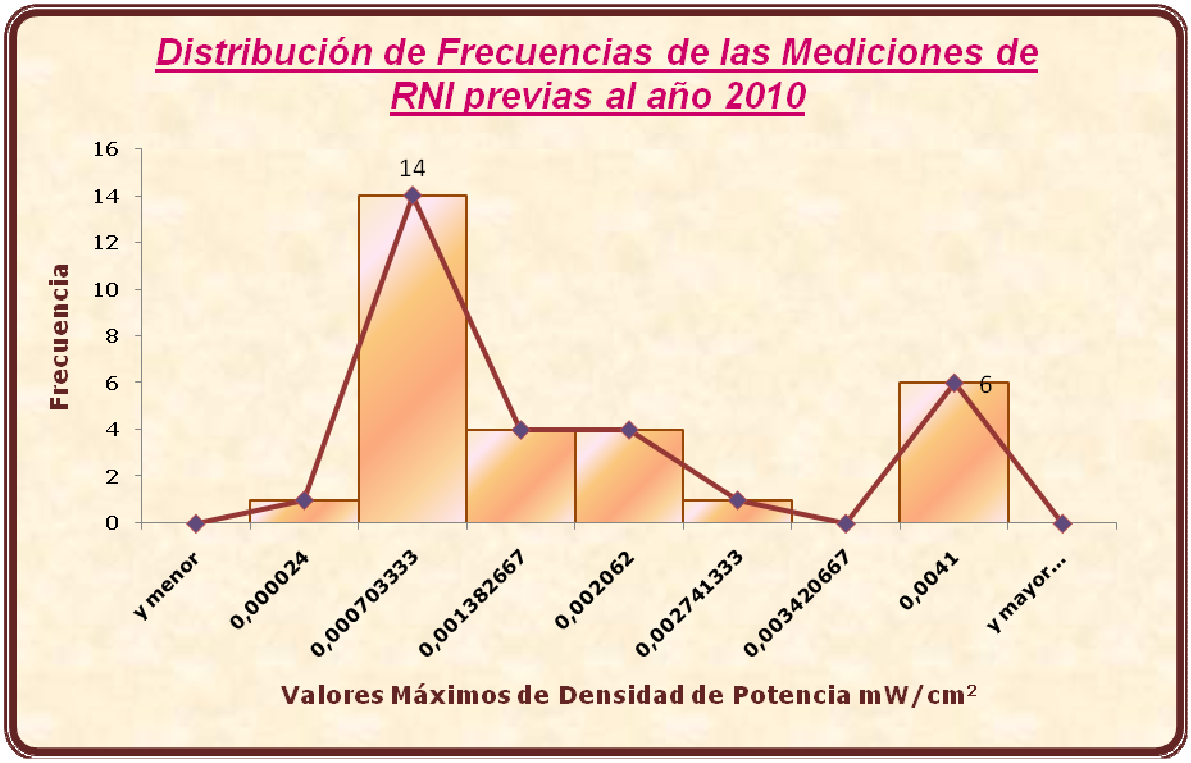

Figura 3.15. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de la muestra perteneciente a CONECEL S.A. correspondiente a las mediciones realizadas en años anteriores al 2010. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia

Al observar la figura 3.15., se puede notar que al menos un 46.67% de los valores obtenidos en las mediciones se encuentran concentrados en el intervalo 0,000703333 – 0,001382667 [mW/cm^2], los cuales no sobrepasan ni el 0,5% de los máximos valores de exposición definidos en el Reglamento de Protección de RNI vigente en el Ecuador.

Adicionalmente, al hacer referencia al valor máximo de densidad de potencia que en este caso es 0,0041 [mW/cm^2] y compararlo con los valores máximos de la normatividad, éste no corresponde ni al 1% de los límites establecidos.

3.5.5.2. Medidas correspondientes a la operadora OTECEL S.A.

3.5.5.2.1. Mediciones de RNI realizadas en años anteriores

NOMBRE	AÑO DE MEDICIÓN	PT1	PT2	PT3	VALOR MÁXIMO
12 DE OCTUBRE	2008	0,0038787	0,0028586	0,003873	**0,0038787**
24 DE MAYO	2007	0,0008287	0,0008181	0,0008289	**0,0008289**
ALAMEDA	2007	0,00204	0,000596	0,000831	**0,00204**
AMÉRICA	2007	0,000822	0,0007947	0,0007976	**0,000822**
ARUPOS	2007	0,00045	0,0005602	0,0001353	**0,0005602**
BAKER	2007	0,0003924	0,000254	0,00001778	**0,0003924**
BENALCÁZAR	2007	0,00119	0,001041	0,0008857	**0,00119**
BRASILIA 2	2008	0,00165	0,00142	0,00165	**0,00165**
C.C. LA Y	2007	0,0001317	0,00009444	0,0001359	**0,0001359**
CARCELÉN BAJO	2009	0,000221	0,000122	0,000102	**0,000221**
CIUDADELA ATAHUALPA	2008	0,00010356	0,00010555	0,00010356	**0,00010555**
CORUÑA	2008	0,0031	0,0017	0,0022	**0,0031**
DAC	2008	0,0002141	0,0007476	0,0003482	**0,0007476**
EL BOSQUE	2007	0,001527	0,00257	0,00094	**0,00257**
EL EJIDO	2007	0,0008297	0,0008247	0,0008346	**0,0008346**
EL LABRADOR	2008	0,0002718	0,0003077	0,0006824	**0,0006824**
EL TRÉBOL	2007	0,000667	0,00046	0,00087	**0,00087**
FERROVIARIA ALTA	2008	0,0014308	0,001356	0,000996	**0,0014308**
LA BOTA	2008	0,000332	0,000971	0,000431	**0,000971**
URB. EL CONDADO	2007	0,0001633	0,000191	0,00022	**0,00022**
EINSTEIN	2007	0,0009309	0,0009555	0,0009605	**0,0009605**
OCCIDENTAL 1 1900	2007	0,0007954	0,0008086	0,0008284	**0,0008284**
AMAGASÍ DEL INCA	2007	0,0008146	0,0008259	0,0008283	**0,0008283**
GRANADOS	2007	0,0001716	0,000156	0,0002951	**0,0002951**
GUAJALO	2009	0,001193	0,003073	0,0009677	**0,003073**
HOSPITAL IESS	2008	0,000823872	0,000811352	0,0008256	**0,0008256**
IBM	2008	0,0001628	0,0002315	0,0001656	**0,0002315**
INCA A	2007	0,0001278	0,0001267	0,0001251	**0,0001278**
ISLA ISABELA	2009	0,00026233	0,00036563	0,00036553	**0,00036563**
JARDÍN A	2007	0,0009168	0,001011	0,0008732	**0,001011**
LA CAROLINA	2007	0,0001408	0,0001434	0,000157	**0,000157**
LA DELICIA	2007	0,001711	0,001745	0,001885	**0,001885**
LA ECUATORIANA	2008	0,00053209	0,00197401	0,001384814	**0,00197401**
LA MARÍN	2008	0,0018838	0,0018628	0,0018628	**0,0018838**
LA RECOLETA	2008	0,00054	0,00087	0,00163	**0,00163**
LAS CASAS	2008	0,0008066	0,0008114	0,0008142	**0,0008142**
MAÑOSCA	2007	0,001844	0,001994	0,003661	**0,003661**
MARIANA DE JESÚS A	2007	0,000781	0,0008094	0,0007973	**0,0008094**

NOMBRE	AÑO DE MEDICIÓN	PT1	PT2	PT3	VALOR MÁXIMO
MICRO CUERO Y CAICEDO	2009	0,001061	0,0009715	0,001046	**0,001061**
NACIONES UNIDAS A	2007	0,001026	0,0009981	0,001692	**0,001692**
PARQUE DE LOS RECUERDOS A	2007	0,0008101	0,0008012	0,0008176	**0,0008176**
PATRIA	2007	0,0008073	0,0008245	0,0008123	**0,0008245**
PINAR ALTO	2008	0,00051	0,0035	0,00067	**0,0035**
DOS PUENTES	2009	0,00336961	0,000741425	0,003549535	**0,00354954**
SAN JUAN B	2007	0,0008179	0,0008117	0,0008042	**0,0008179**
PIO XII	2008	0,0011617	0,0010951	0,0011617	**0,0011617**
PLYWOOD	2007	0,0008062	0,0007962	0,0008056	**0,0008062**
POLITÉCNICA	2009	0,001255	0,001463	0,001448	**0,001463**
SAN FERNANDO	2007	0,0009496	0,0009563	0,0009584	**0,0009584**
SOLANDA	2007	0,0008318	0,0008337	0,001848	**0,001848**
QUITO SUR A	2007	0,0008243	0,0008188	0,000817	**0,0008243**
TUFIÑO	2007	0,00309	0,000858	0,002168	**0,00309**
VENCEDORES DE PICHINCHA	2008	0,00010505	0,00012707	0,0008948	**0,0008948**
BILOXI	2007	0,0008564	0,0008266	0,0008354	**0,0008564**

Tabla 3.12. Valores de densidad de potencia perteneciente a la Operadora OTECEL S.A. correspondientes a las mediciones realizadas en años anteriores

3.5.5.2.2. Cálculo de las Medidas Descriptivas Globales

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	
MEDIA	0,00127366 [mW/cm^2]
MEDIANA	0,0008632 [mW/cm^2]
MODA	No existe
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,00099631 [mW/cm^2]
VARIANZA DE LA MUESTRA	9,9263E-07 [mW/cm^2]
RANGO	0,00377315 [mW/cm^2]
MÍNIMO	0,00010555 [mW/cm^2]
MÁXIMO	0,0038787 [mW/cm^2]
CUENTA	54

Tabla 3.13. Medidas Descriptivas correspondientes a las mediciones realizadas en años previos al 2010 en las radiobases que conforman la muestra

Al igual que el caso anterior correspondiente a las mediciones realizadas en el año 2010, aquí se vuelve a presentar la ausencia de una moda, es decir no existe ningún valor que se presenta con frecuencia dentro de la muestra.

Con respecto al valor obtenido de media muestral, se puede denotar que éste es un valor pequeño ya que representa una cantidad 745 veces menor al máximo definido en el Reglamento para la banda de 1900 MHz.

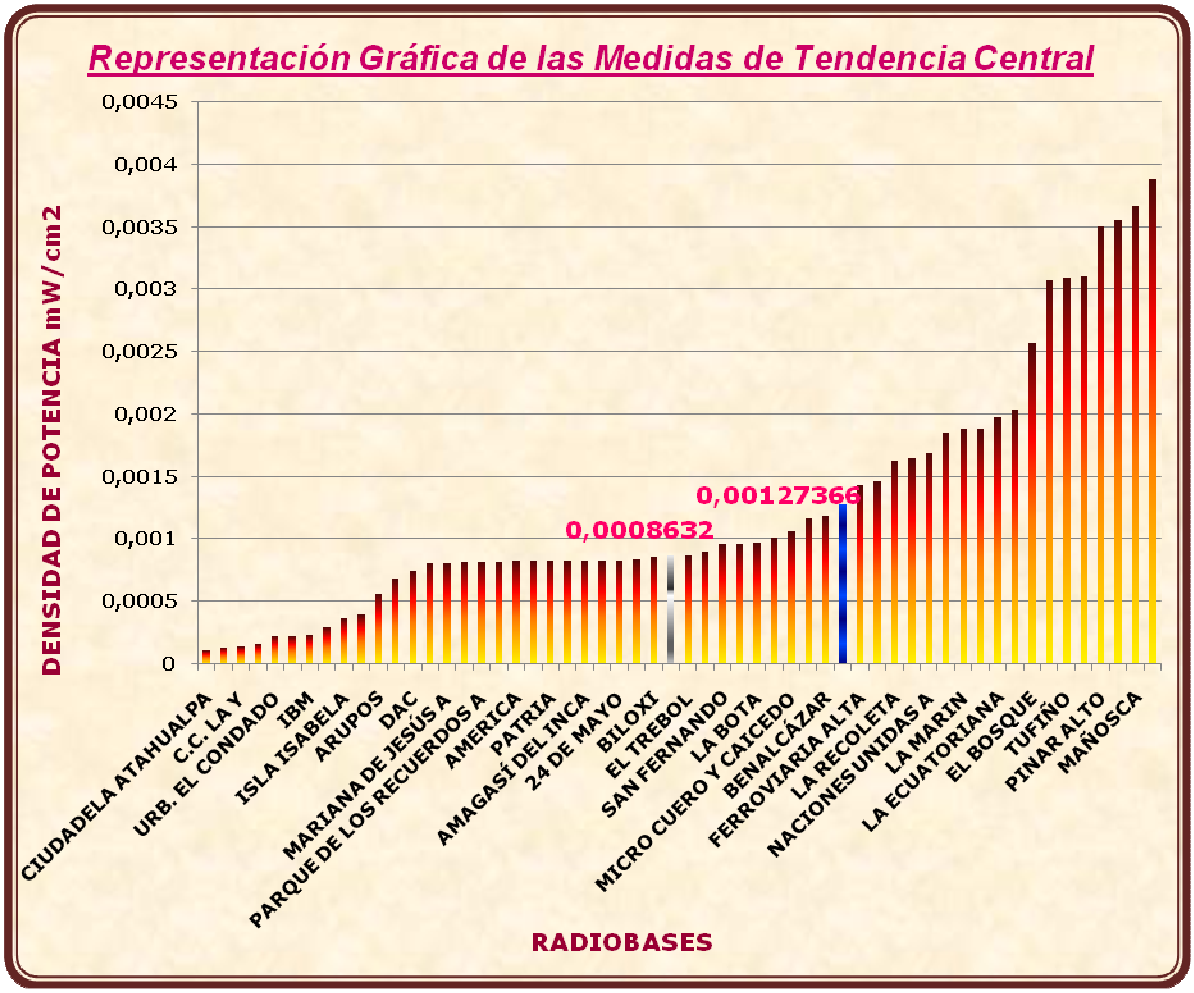

Figura 3.16. Representación gráfica de las medidas de tendencia central correspondiente a las mediciones previas al año 2010 de la muestra de OTECEL S.A.

Como se puede observar en la figura 3.16, el 66.67% de las mediciones se encuentran bajo el valor de la media, debido a la brecha existente entre el valor mínimo y el máximo como en la mayor parte de los casos analizados; el valor de la mediana es un valor más central en el cual el 50 % de las mediciones realizadas se encuentran bajo su valor y el otro 50% sobre su valor.

Adicionalmente se puede observar en la gráfica que el valor máximo de la muestra no alcanza ni los 0,004 [mW/cm^2], lo cual no representa ni el 1% de los límites de exposición establecidos en la normatividad.

3.5.5.2.3. Distribución de Frecuencias

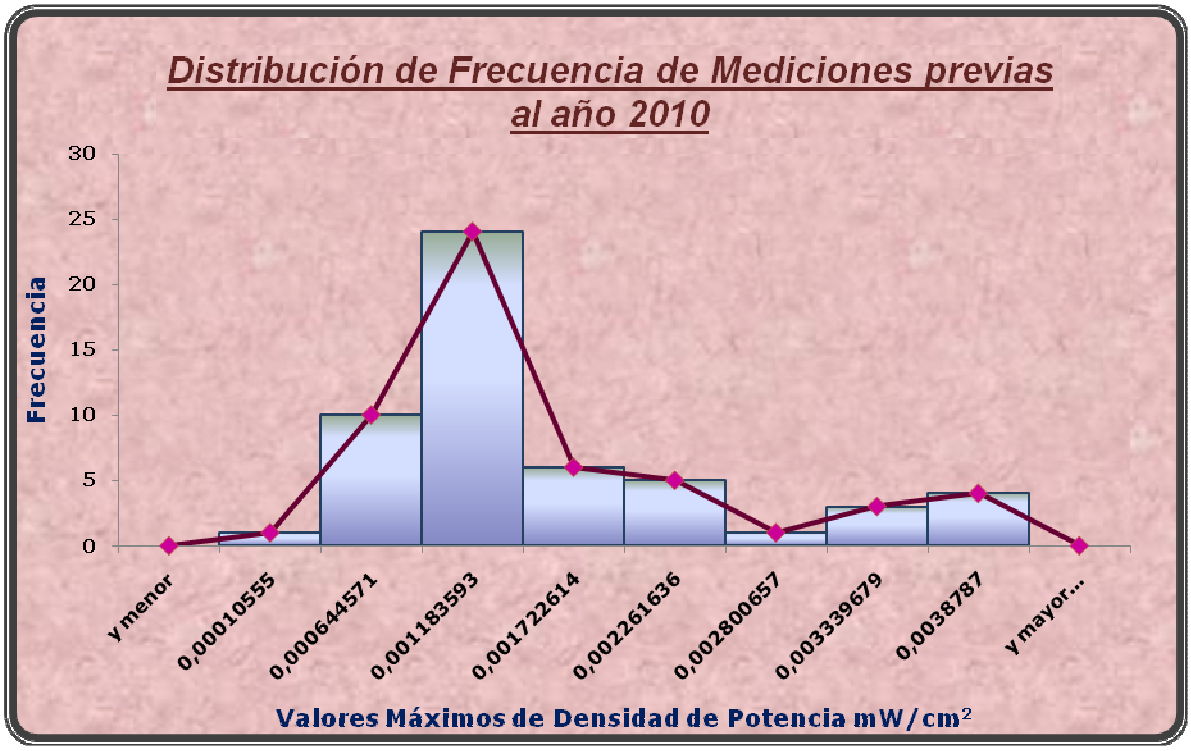

Figura 3.17. Representación Gráfica de la Distribución de Frecuencias de OTECEL S.A. En la gráfica simultáneamente se presenta el Histograma de Frecuencia junto al Polígono de Frecuencia referente a las mediciones realizadas previamente a las radiobases que conforman la muestra

Al observar la figura 3.17. se puede notar que un 44,44% de las mediciones realizadas se encuentran agrupadas en el intervalo 0,001183593 – 0,001722614 [mW/cm^2]. Igualmente se debe recalcar que el valor de la media corresponde a este intervalo, por lo cual la mayor cantidad de mediciones están concentradas alrededor de la media. Igualmente se puede observar que los demás datos están distribuidos proporcionalmente en los intervalos restantes, con excepción de los dos intervalos en los cuales existe un solo valor de densidad de potencia, es decir, están conformados por un único elemento.

3.5.6. COMPARACIÓN DE VALORES

Con el fin de definir la variabilidad que se ha producido en los valores de radiación no ionizante generado por las radiobases del servicio móvil avanzado de las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A. en la ciudad de Quito, se procede a realizar una comparación de los valores obtenidos en las mediciones de RNI pertenecientes al año 2010 con los valores referentes a las mediciones realizadas a las mismas radiobases en los años precedentes.

3.5.6.1. CONECEL S.A.

Como se puede apreciar en la Figura 3.18, una cantidad considerable de los valores de densidad de potencia pertenecientes a las mediciones previas superan los valores actuales, esto se encuentra influenciado básicamente por la reducción de la potencia de transmisión de las radiobases. En los últimos años se ha incrementado considerablemente el número de radiobases dentro del Distrito Metropolitano de Quito, debido a la creciente demanda de usuarios de este servicio. Este incremento obliga a la creación de nuevas celdas (ej. microceldas) que tienen una menor área de cobertura que la celda original, lo que implica reducir los valores de potencia de transmisión.

De igual manera se presentan casos en los cuales los valores de densidad de potencia se mantienen en el mismo orden debido a que el incremento en la demanda ha sido poco significativo en ciertos sectores de la ciudad.

También se presenta el caso en el cual el valor de la densidad de potencia se ha incrementado con respecto a la medición previa, esto se debe a que existen zonas o sectores en los cuales la demanda producida por los usuarios es baja, lo que genera una reubicación de radiobases y conlleva al aumento de la potencia de transmisión de antenas aledañas para cubrir mayores áreas.

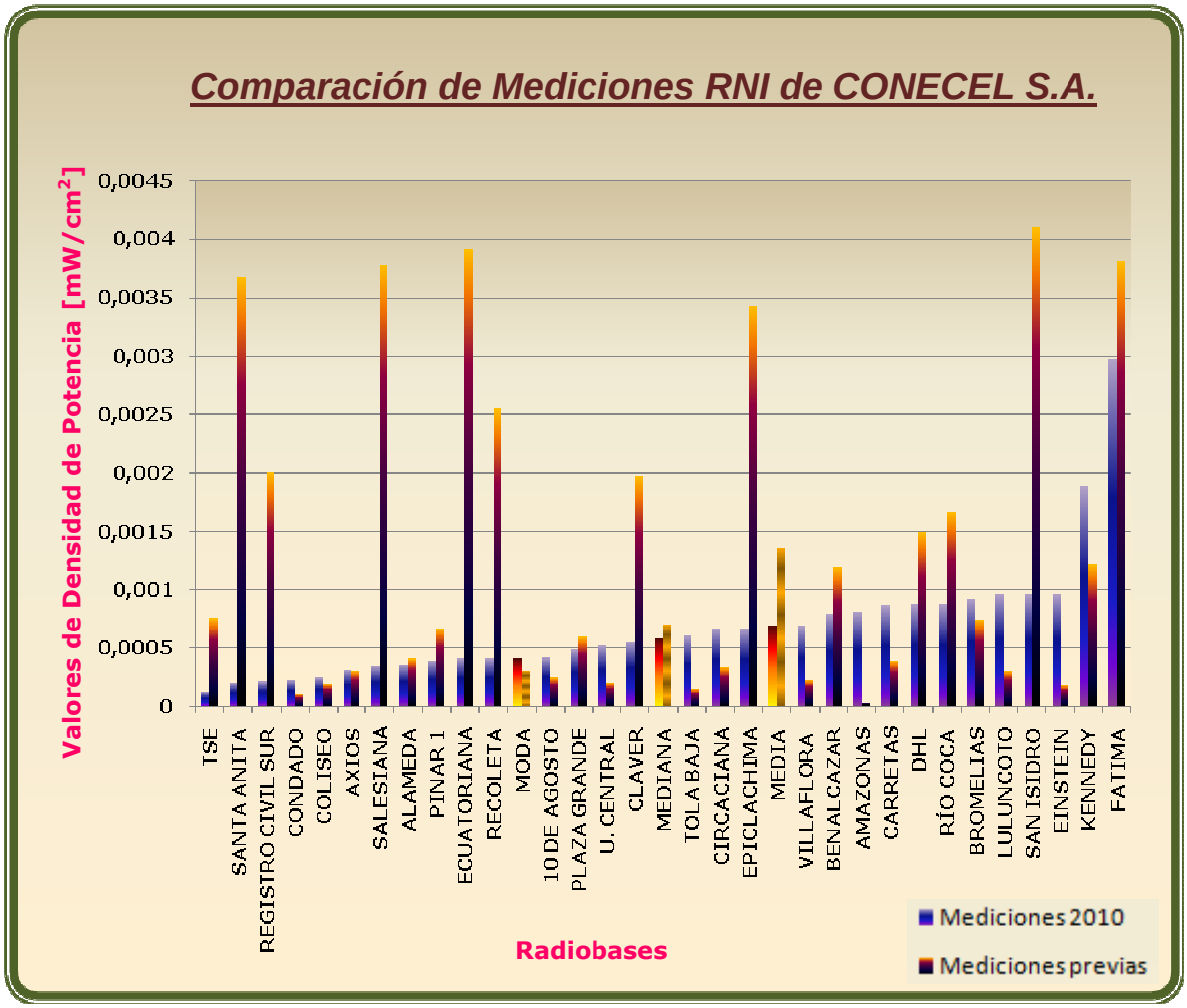

Figura 3.18. Comparación de los valores de densidad de potencia entre las mediciones realizadas en el año 2010 y las de años anteriores correspondiente a la operadora CONECEL S.A.

3.5.6.2. OTECEL S.A.

Así como en el caso de CONECEL S.A., en la Figura 3.19 se puede observar que una cantidad considerable de los valores de densidad de potencia correspondientes a mediciones previas superan los valores actuales, esto se debe a la reducción de la potencia de transmisión de las radiobases como una consecuencia del incremento considerable del número de radiobases dentro del Distrito Metropolitano de Quito, debido al crecimiento de la demanda de usuarios de este servicio.

Los valores de densidad de potencia que se mantienen en el mismo orden son a causa de un incremento poco significativo en la demanda de ciertos sectores de la ciudad.

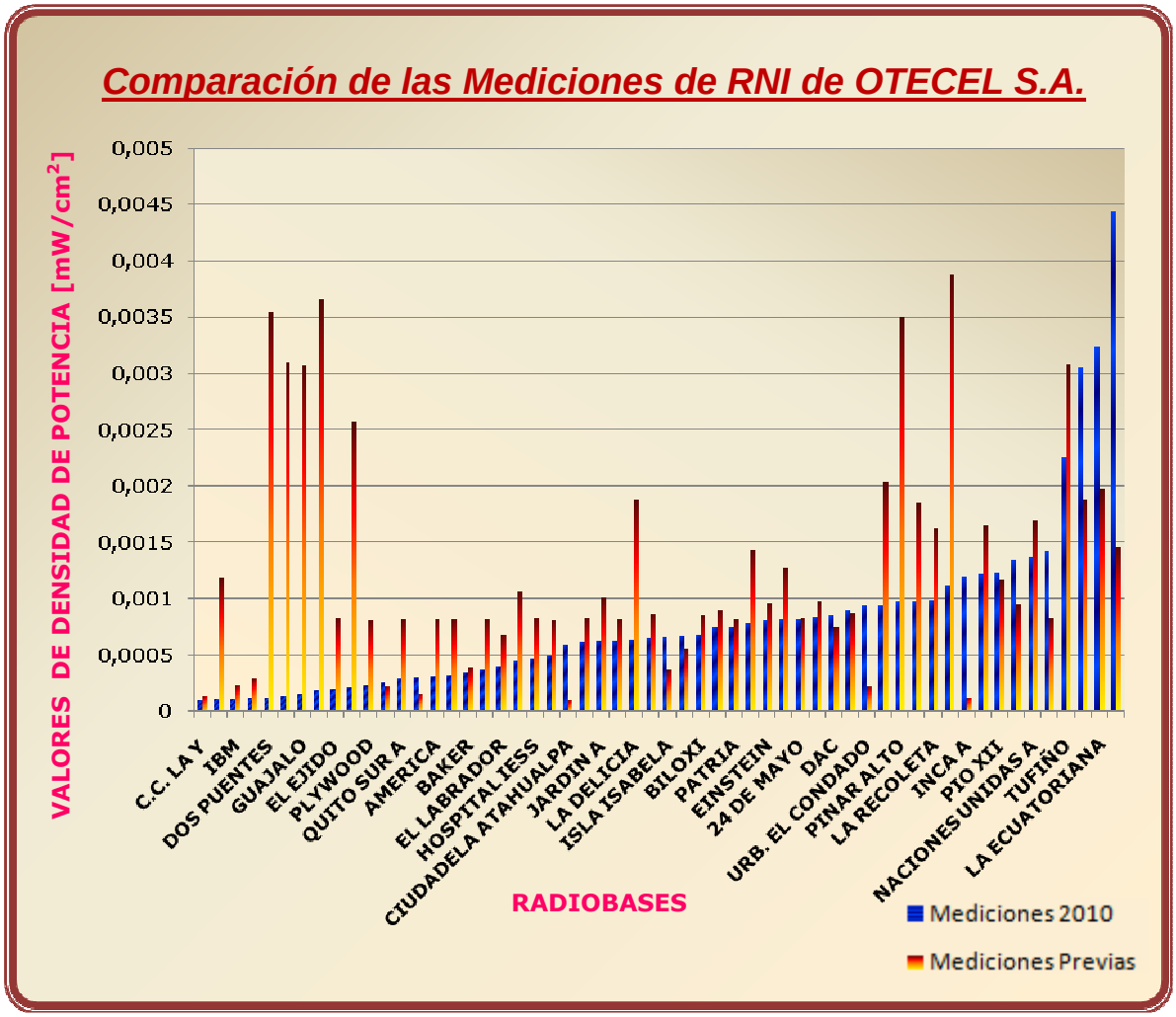

Figura 3.19. Comparación de los valores de densidad de potencia entre las mediciones realizadas en el año 2010 y las de años anteriores correspondiente a la operadora OTECEL S.A.

Para el caso en el que el valor de la densidad de potencia muestra un incremento con respecto a la medición previa, se lo explica debido a que existen zonas o sectores en los cuales la demanda producida por los usuarios es baja, lo que conlleva al aumento de la potencia de transmisión con el objeto de cubrir mayores áreas. De igual manera se debe considerar que el nivel de emisión de densidad de potencia producida por una radiobase se encuentra influenciado por la

cantidad de tráfico que maneja, es decir, existen zonas en las cuales el tráfico cursado es alto lo que implica que la radiobase requiera de mayor potencia.

Dentro de este caso también se puede considerar las situaciones en las que una celda presenta zonas de sombra y para dar robustez a las comunicaciones se procede a realizar un aumento en la potencia de transmisión de las antenas, sin considerarse que la mejor opción para garantizar un buen servicio es la creación de microceldas, generalmente este tipo de situaciones se presenta en las zonas rurales.

3.6. ANÁLISIS DEL SEGUIMIENTO REALIZADO A LAS RADIOBASES “LA Y” (CONECEL S.A.) Y “BALTRA” (OTECEL S.A.)

Debido a la variación que presentan los valores de densidad de potencia obtenidos en las mediciones de RNI realizadas a las radiobases de las operadoras CONECEL S.A. y OTECEL S.A. instaladas dentro del área del Distrito Metropolitano de Quito, se procedió a realizar un seguimiento a una radiobase de cada operadora con el fin de conocer los factores que influyen en los resultados conseguidos al momento de realizar una medición.

El seguimiento se lo ejecutó obteniendo valores de densidad de potencia a distintas horas del día, durante diferentes periodos de tiempo y bajo varias condiciones climáticas

Para realizar una comparación entre los valores de densidad de potencia obtenidos en las mediciones, se llevará a cabo un análisis de cada uno de los puntos de medición en las dos radiobases seleccionadas, haciendo énfasis en cada una de las condiciones en las cuales se realizó la medición.

La selección de los puntos de medición está en función del direccionamiento de las antenas celulares correspondiente a la zona poblacional.

La razón por la cual se escogieron estas radiobases fue la cercanía a las instalaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones por cuestiones de logística, traslado del equipo y facilidad de movilización.

3.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LAS RADIOBASES SELECCIONADAS EN EL SEGUIMIENTO

El servicio móvil avanzado que proveen los concesionarios CONECEL S.A. y OTECEL S.A. en nuestro país se encuentra determinado por tres tipos de tecnología. La operadora CONECEL S.A. dentro de su red maneja tecnología GSM y UMTS[13], mientras que OTECEL S.A. adicional a la tecnología GSM y UMTS cuenta con celdas que operan con tecnología CDMA[14]. Para CNT ALEGRO EP se puede mencionar que maneja tecnología CDMA y da servicio GSM a través de la co-ubicación de algunas de sus radiobases con las de la operadora OTECEL S.A.

Al referirse a las radiobases “La Y” de CONECEL S.A. y “Baltra” de OTECEL S.A. se debe mencionar que para proveer el servicio de telefonía celular utilizan tecnología GSM.

3.6.1.1. Global System for Mobile Comunication – GSM

Originalmente, nació como un proyecto denominado Groupe Special Mobile, lo que dió pie al acrónimo GSM. El objetivo de este proyecto era poner fin a la incompatibilidad de sistemas en el área de las comunicaciones móviles y crear una estructura de sistemas de comunicaciones a nivel europeo.

[13] Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) se refiere a las redes y servicios móviles de tercera generación. Permite transmitir datos a una velocidad máxima de 384 kbps. A través de UMTS es posible ofrecer nuevos servicios multimedia, tales como videotelefonía, descarga de ficheros a gran velocidad o juegos interactivos desde dispositivos móviles.

[14] En telefonía celular, CDMA (Coded Division Multiple Access) es una técnica de acceso múltiple digital que para diferenciar a los distintos usuarios, en lugar de utilizar frecuencias separadas se usan códigos digitales únicos. Los códigos son conocidos tanto por la estación móvil (teléfono celular) como por la estación base, a los que se denominan “pseudo-código”. Por lo tanto todos los usuarios comparten el mismo rango del espectro radioeléctrico.

GSM se diseñó para incluir una amplia variedad de servicios que incluyen transmisiones de voz y servicios de manejo de mensajes entre unidades móviles o cualquier otra unidad portátil, proveer alta calidad en la señalización, alta tasa de transmisión de datos para soportar servicios digitales y gran capacidad en una amplia gama de bandas de frecuencia entre ellas 850, 900, 1800 y 1900 MHz.

Este sistema es utilizado a nivel mundial por la mayoría de operadoras celulares. En Ecuador CONECEL S.A. fue el primer concesionario en integrar a su sistema este tipo de tecnología en el año 2003, mientras que OTECEL S.A. lo hizo en el año 2006.

Las principales ventajas que provee este sistema son:

- Cobertura internacional mediante la utilización de una banda común y con la implementación de la banda GSM de 850 MHz permitió el crecimiento de esta tecnología en Latinoamérica.
- Tecnología digital con arquitectura abierta lo cual brinda una compatibilidad con otras tecnologías.
- Amplio rango de facilidades de servicios de voz y datos.
- Transmisión de voz y datos a diferentes velocidades.
- Sistemas de encriptación para proporcionar confidencialidad en las comunicaciones.
- Autentificación del abonado.
- Simplificación de los equipos de radiofrecuencia, mediante un mayor grado de portabilidad y menor consumo.

3.6.2. TRÁFICO CURSADO MEDIDO EN ERLANGS EN LA HORA CARGADA POR LAS RADIOBASES SELECCIONADAS PARA EL SEGUIMIENTO

Las operadoras que proveen el servicio móvil avanzado se encuentran monitoreando diariamente el tráfico cursado en cada una de sus celdas. Parte de esta información es remitida a la Superintendencia de Telecomunicaciones para su análisis dentro de su jurisdicción y competencia. A continuación se presenta

los valores medidos en Erlangs[15] del tráfico cursado en la hora cargada[16] por las radiobases “La Y” de CONECEL S.A. y “Baltra" de OTECEL S.A.

3.6.2.1. Tráfico Cursado por la RBS “La Y”

La siguiente gráfica representa el tráfico cursado medido en Erlangs durante la hora cargada del mes de Febrero del año 2011, la cual se complementa con la tabla donde se indica la hora cargada correspondiente a dicho tráfico cursado.

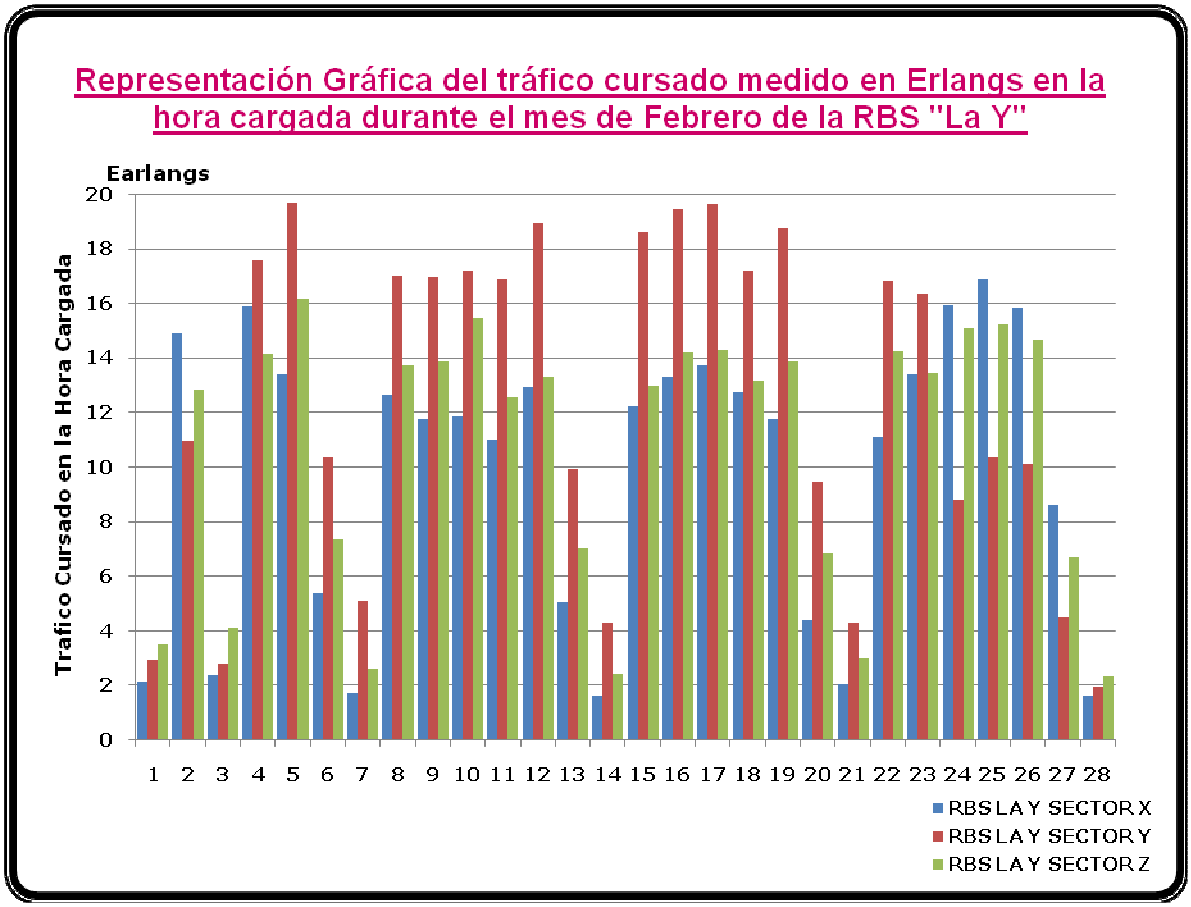

Figura 3.20. Representación Gráfica del Tráfico cursado medido en Erlangs en la hora cargada durante el mes de febrero del año 2011 de la RBS “La Y”

[15] Un *Erlang* es una unidad de medición de tráfico de telecomunicaciones, se utiliza para describir el volumen de tráfico total de una hora. Si en el periodo de observación se utilizará todo el recurso troncal en todo el tiempo entonces es la ocupación de todo un recurso troncal durante el tiempo de observación.

[16] Hora Cargada es el periodo continuo de una hora de duración comprendido enteramente en el intervalo de tiempo en cuestión en el que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamada es máximo.

FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA
01/02/2011	LAYX	11:00	02/02/2011	LAYX	15:00	03/02/2011	LAYX	10:00
	LAYY	11:00		LAYY	10:00		LAYY	17:00
	LAYZ	19:00		LAYZ	10:00		LAYZ	18:00
04/02/2011	LAYX	10:00	05/02/2011	LAYX	11:00	06/02/2011	LAYX	12:00
	LAYY	17:00		LAYY	18:00		LAYY	11:00
	LAYZ	09:00		LAYZ	12:00		LAYZ	12:00
07/02/2011	LAYX	11:00	08/02/2011	LAYX	12:00	09/02/2011	LAYX	16:00
	LAYY	10:00		LAYY	16:00		LAYY	17:00
	LAYZ	18:00		LAYZ	15:00		LAYZ	10:00
10/02/2011	LAYX	16:00	11/02/2011	LAYX	9:00	12/02/2011	LAYX	16:00
	LAYY	18:00		LAYY	10:00		LAYY	18:00
	LAYZ	12:00		LAYZ	16:00		LAYZ	11:00
13/02/2011	LAYX	10:00	14/02/2011	LAYX	13:00	15/02/2011	LAYX	12:00
	LAYY	11:00		LAYY	11:00		LAYY	17:00
	LAYZ	11:00		LAYZ	10:00		LAYZ	11:00
16/02/2011	LAYX	16:00	17/02/2011	LAYX	11:00	18/02/2011	LAYX	12:00
	LAYY	17:00		LAYY	12:00		LAYY	16:00
	LAYZ	11:00		LAYZ	11:00		LAYZ	11:00
19/02/2011	LAYX	12:00	20/02/2011	LAYX	10:00	21/02/2011	LAYX	12:00
	LAYY	18:00		LAYY	9:00		LAYY	12:00
	LAYZ	12:00		LAYZ	12:00		LAYZ	13:00
22/02/2011	LAYX	16:00	23/02/2011	LAYX	13:00	24/02/2011	LAYX	11:00
	LAYY	16:00		LAYY	10:00		LAYY	18:00
	LAYZ	10:00		LAYZ	12:00		LAYZ	11:00
25/02/2011	LAYX	10:00	26/02/2011	LAYX	16:00	27/02/2011	LAYX	11:00
	LAYY	18:00		LAYY	18:00		LAYY	13:00
	LAYZ	11:00		LAYZ	11:00		LAYZ	11:00
28/02/2011	LAYX	18:00	**Hora cargada:** es el periodo continuo de una hora de duración comprendido enteramente en el intervalo de tiempo en cuestión en el que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamada es máximo.					
	LAYY	17:00						
	LAYZ	17:00						

Tabla 3.14. Hora cargada correspondiente al tráfico cursado medido en Erlangs en cada una de las celdas de la RBS “La Y” durante el mes de febrero del año 2011

3.6.2.2. Tráfico Cursado por la RBS “Baltra”

Al igual que para la radiobase perteneciente a CONECEL S.A., se presenta la gráfica de los valores en Erlangs del tráfico cursado por la radiobase “Baltra” durante el mes de Febrero del año 2011, complementada con la tabla en la cual se indica la hora cargada correspondiente al tráfico cursado en cada una de sus celdas.

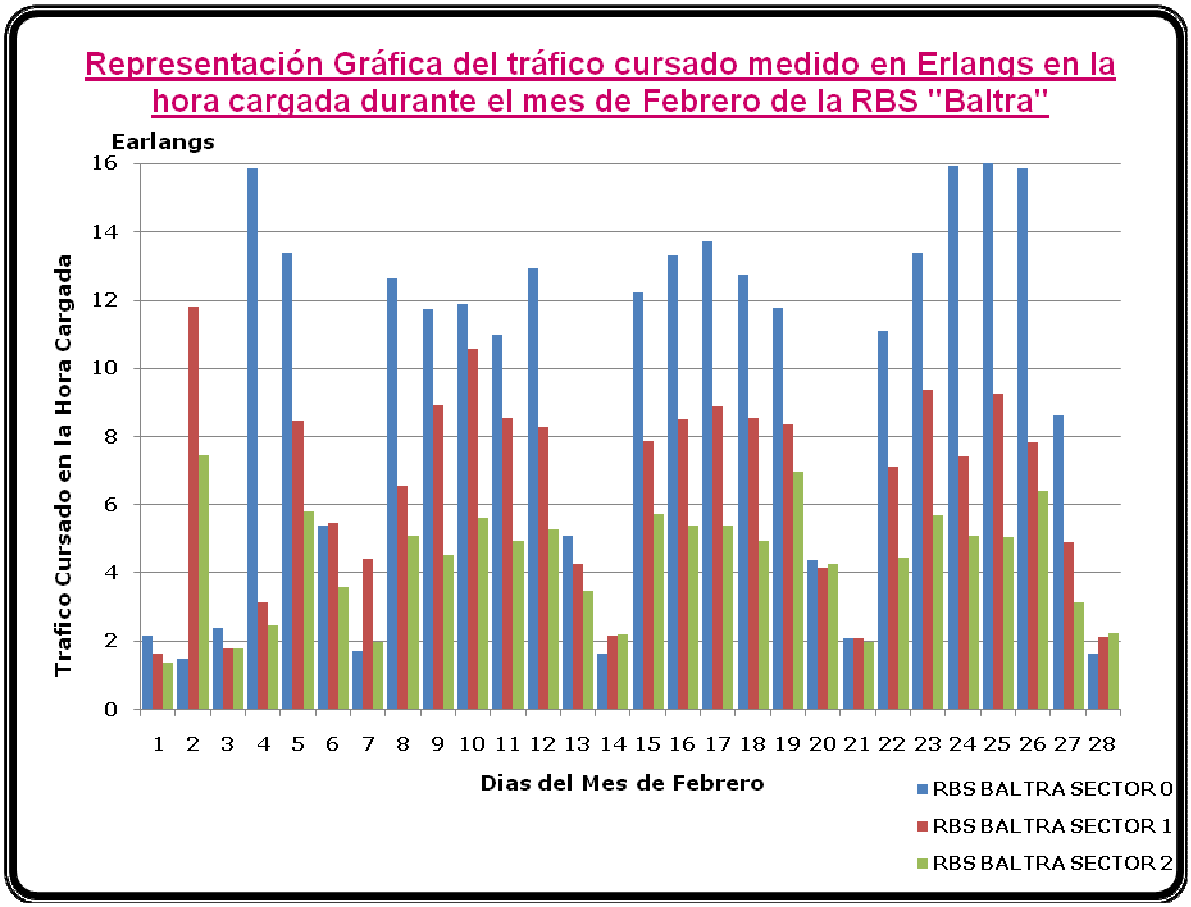

Figura 3.21. Representación Gráfica del Tráfico cursado medido en Erlangs en la hora cargada durante el mes de febrero del año 2011 de la RBS “Baltra”

FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA
01/02/2011	BALTRA_0	10:00	02/02/2011	BALTRA_0	16:00	03/02/2011	BALTRA_0	14:00
	BALTRA_1	12:00		BALTRA_1	17:00		BALTRA_1	23:00
	BALTRA_2	11:00		BALTRA_2	16:00		BALTRA_2	21:00
04/02/2011	BALTRA_0	13:00	05/02/2011	BALTRA_0	15:00	06/02/2011	BALTRA_0	12:00
	BALTRA_1	18:00		BALTRA_1	19:00		BALTRA_1	11:00
	BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	13:00
07/02/2011	BALTRA_0	16:00	08/02/2011	BALTRA_0	18:00	09/02/2011	BALTRA_0	17:00
	BALTRA_1	16:00		BALTRA_1	18:00		BALTRA_1	18:00
	BALTRA_2	11:00		BALTRA_2	18:00		BALTRA_2	17:00
10/02/2011	BALTRA_0	12:00	11/02/2011	BALTRA_0	11:00	12/02/2011	BALTRA_0	13:00
	BALTRA_1	13:00		BALTRA_1	12:00		BALTRA_1	19:00
	BALTRA_2	18:00		BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	18:00
13/02/2011	BALTRA_0	13:00	14/02/2011	BALTRA_0	11:00	15/02/2011	BALTRA_0	12:00
	BALTRA_1	12:00		BALTRA_1	16:00		BALTRA_1	13:00
	BALTRA_2	13:00		BALTRA_2	21:00		BALTRA_2	18:00
16/02/2011	BALTRA_0	13:00	17/02/2011	BALTRA_0	12:00	18/02/2011	BALTRA_0	18:00
	BALTRA_1	12:00		BALTRA_1	11:00		BALTRA_1	18:00
	BALTRA_2	17:00		BALTRA_2	18:00		BALTRA_2	19:00
19/02/2011	BALTRA_0	16:00	20/02/2011	BALTRA_0	12:00	21/02/2011	BALTRA_0	15:00
	BALTRA_1	13:00		BALTRA_1	16:00		BALTRA_1	15:00
	BALTRA_2	18:00		BALTRA_2	13:00		BALTRA_2	12:00

FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA	FECHA	CELDA	HORA CARGADA
22/02/2011	BALTRA_0	17:00	23/02/2011	BALTRA_0	12:00	24/02/2011	BALTRA_0	13:00
	BALTRA_1	18:00		BALTRA_1	13:00		BALTRA_1	17:00
	BALTRA_2	18:00		BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	10:00
25/02/2011	BALTRA_0	13:00	26/02/2011	BALTRA_0	18:00	27/02/2011	BALTRA_0	12:00
	BALTRA_1	19:00		BALTRA_1	13:00		BALTRA_1	12:00
	BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	19:00		BALTRA_2	12:00
28/02/2011	BALTRA_0	18:00	**Hora cargada:** es el periodo continuo de una hora de duración comprendido enteramente en el intervalo de tiempo en cuestión en el que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamada es máximo					
	BALTRA_1	17:00						
	BALTRA_2	18:00						

Tabla 3.15. Hora cargada correspondiente al tráfico cursado medido en Erlangs en cada una de las celdas de la RBS “Baltra” durante el mes de Febrero del año 2011

3.6.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron diez mediciones a cada una de las radiobases en un periodo de siete semanas. Para ejecutar el seguimiento, cada medición se la realizó en la misma ubicación de cada punto para poder cotejar los resultados obtenidos en función del día de medición, la hora en la que se realizó dicha medición y el tiempo de muestreo de la señal.

3.6.3.1. Radiobase “La Y” (CONECEL S.A.)

La radiobase “La Y” se encuentra ubicada en la terraza de un Concesionario de Autos Mazda, en el redondel de La Y. Esta radiobase consta de tres sectores, para lo cual se ha seleccionado cuatro diferentes puntos de medición.

Figura 3.22. Ubicación de la RBS “La Y” con sus respectivos sectores de direccionamiento

El procedimiento de medición con el que se obtuvieron los valores de densidad de potencia es el que se especificó en el numeral 3.2.2., obteniéndose los siguientes resultados:

INFORMACIÓN				
DÍA	**FECHA**	**HORA**	**TIEMPO DE MEDICIÓN**	**CONDICIÓN CLIMÁTICA**
DÍA 1	10-ene-11	16H00	6 min	Soleado
DÍA 2	11-ene-11	09h30	5 min	Nublado
DÍA 3	02-feb-11	15h00	2 min	Soleado
DÍA 4	07-feb-11	15H30	1 min	Nublado
DÍA 5	10-feb-11	11H30	3 min	Nublado
DÍA 6	11-feb-11	14H30	6 min	Despejado
DÍA 7	14-feb-11	13H00	4 min	Nublado
DÍA 8	15-feb-11	10H00	2 min	lluvia leve
DÍA 9	23-feb-11	12H00	4 min	Despejado
DÍA 10	24-feb-11	14H00	3 min	Despejado

Tabla 3.16. Información General de las Condiciones en las que se realizaron las mediciones

PUNTO 1							
DÍA	PORTA A1	PORTA A2	PORTA E'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0007881	0,0001839	0,00005626	**0,04519**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 2	0,00045	0,0000593	0,00005627	**0,0445**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 3	0,0005377	0,00007553	0,00005271	**0,04538**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 4	0,0002557	0,00005008	0,00004054	**0,04344**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 5	0,0002653	0,00003346	0,00004105	**0,0432**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 6	0,0002536	0,00005044	0,00004011	**0,04344**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 7	0,0002141	0,00004359	0,00004033	**0,04296**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 8	0,0002255	0,00004772	0,00004056	**0,04314**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 9	0,0002341	0,00004257	0,00004056	**0,04325**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m
DÍA 10	0,0002381	0,00004113	0,00004056	**0,04339**	00º10'04.5"S	78º29'10.7"W	15,15 m

Tabla 3.17. Resultados obtenidos en el Primer Punto de Medición

PUNTO 2							
DÍA	PORTA A1	PORTA A2	PORTA E'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,00241	0,0001138	0,00006598	**0,04699**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 2	0,001822	0,00006867	0,00006534	**0,04685**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 3	0,002928	0,00008858	0,00005584	**0,04771**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 4	0,0008038	0,00002746	0,00004039	**0,04336**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 5	0,001419	0,0000686	0,00004104	**0,0441**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 6	0,0007979	0,0000275	0,00004035	**0,04333**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 7	0,0006733	0,0000222	0,00003957	**0,04263**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 8	0,0007404	0,00002668	0,0000404	**0,04292**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 9	0,001093	0,00004083	0,0000394	**0,0434**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m
DÍA 10	0,001269	0,00003827	0,00003983	**0,04367**	00º10'05.3"S	78º29'12.2"W	66,21 m

Tabla 3.18. Resultados obtenidos en el Segundo Punto de Medición

PUNTO 3							
DÍA	PORTA A1	PORTA A2	PORTA E'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,003198	0,0007425	0,00006778	**0,04905**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 2	0,001887	0,0003864	0,00006384	**0,04698**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 3	0,004436	0,001087	0,0000666	**0,05061**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 4	0,001126	0,0004611	0,00004014	**0,04473**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 5	0,001395	0,0003626	0,00004063	**0,04475**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 6	0,001057	0,0004377	0,0000397	**0,04462**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 7	0,001557	0,0004112	0,00003942	**0,0447**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 8	0,001708	0,0005364	0,00003987	**0,04517**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 9	0,001008	0,000352	0,00004085	**0,04436**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m
DÍA 10	0,000924	0,0003951	0,00004078	**0,04442**	00º10'03.7"S	78º29'12.0"W	60,51 m

Tabla 3.19. Resultados obtenidos en el Tercer Punto de Medición

PUNTO 4							
DÍA	PORTA A1	PORTA A2	PORTA E'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,002317	0,00001471	0,00005712	**0,04722**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 2	0,004266	0,00001983	0,00006077	**0,04847**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 3	0,001471	0,00001368	0,00006065	**0,04573**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 4	0,000741	0,000008555	0,00004107	**0,04393**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 5	0,0006077	0,000007715	0,0000416	**0,04379**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 6	0,0007399	0,000008513	0,00004053	**0,04392**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 7	0,00008466	0,000007606	0,00003951	**0,04269**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 8	0,00008789	0,000007708	0,0000401	**0,04278**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 9	0,001142	0,000008639	0,00004059	**0,04417**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m
DÍA 10	0,001161	0,00000881	0,00004053	**0,0441**	00º10'04.4"S	78º29'08.3"W	59,07 m

Tabla 3.20. Resultados obtenidos en el Cuarto Punto de Medición

3.6.3.2. Radiobase "Baltra" (OTECEL S.A.)

La radiobase "Baltra" perteneciente a la operadora OTECEL S.A. se encuentra instalada en la terraza de un edificio de cinco pisos en el cual funciona el Hotel Baltra ubicado en la esquina de Isla Baltra y Av. Amazonas. La radiobase consta de seis antenas celulares encargadas de cubrir tres diferentes sectores. Para este caso se han seleccionado cinco puntos de medición y se ha aplicado el procedimiento definido en el numeral 3.2.2.

Figura 3.23. Ubicación de la RBS "Baltra" con sus respectivos sectores de direccionamiento

INFORMACIÓN				
DÍA	FECHA	HORA	TIEMPO DE MEDICIÓN	CONDICIÓN CLIMÁTICA
DÍA 1	11-ene-11	10H15	2 min	Soleado
DÍA 2	25-ene-11	15h30	5 min	Soleado
DÍA 3	02-feb-11	16h00	1 min	Soleado
DÍA 4	04-feb-11	11h30	2 min	Nublado
DÍA 5	07-feb-11	16H10	3 min	lluvia leve
DÍA 6	10-feb-11	12H00	4 min	Nublado
DÍA 7	11-feb-11	15h30	3 min	Despejado
DÍA 8	15-feb-11	10H00	6 min	Nublado
DÍA 9	23-feb-11	13H00	6 min	Despejado
DÍA 10	24-feb-11	14H30	4 min	Despejado

Tabla 3. 21. Información General de las Condiciones en las que se realizaron las mediciones

PUNTO 1							
DÍA	MOVISTAR B1	MOVISTAR B2	MOVISTAR D'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0003546	0,0002314	0,0002078	**0,04417**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 2	0,00037	0,0003843	0,0002906	**0,0455**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 3	0,0002535	0,0002834	0,0002054	**0,04373**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 4	0,0001117	0,0001163	0,0001064	**0,04275**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 5	0,0001439	0,0001223	0,0001474	**0,04303**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 6	0,0002701	0,0001475	0,00009408	**0,04273**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 7	0,00009036	0,00006413	0,00009526	**0,04251**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 8	0,00005997	0,00002194	0,00006236	**0,0421**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 9	0,0001403	0,0001399	0,0001533	**0,0427**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m
DÍA 10	0,0001403	0,0001399	0,0001533	**0,0427**	00º10'01.2"S	78º29'05.1"W	85,76 m

Tabla 3.22. Resultados obtenidos en el Primer Punto de Medición

PUNTO 2							
DÍA	MOVISTAR B1	MOVISTAR B2	MOVISTAR D'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0001748	0,0002345	0,00007335	**0,04451**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 2	0,0001633	0,000155	0,0000777	**0,04485**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 3	0,0001994	0,00008169	0,00006086	**0,0444**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 4	0,0001006	0,00006806	0,00004444	**0,04285**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 5	0,0001135	0,00005939	0,00004825	**0,04215**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 6	0,0001166	0,0001118	0,00004955	**0,043**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 7	0,0001002	0,00006617	0,00004223	**0,04268**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 8	0,00006072	0,00003009	0,00003964	**0,04212**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 9	0,00007171	0,00004923	0,00004336	**0,04226**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m
DÍA 10	0,0000741	0,00004923	0,00004441	**0,0423**	00º10'00.2"S	78º29'01.5"W	32,89 m

Tabla 3.23. Resultados obtenidos en el Segundo Punto de Medición

PUNTO 3							
DÍA	MOVISTAR B1	MOVISTAR B2	MOVISTAR D'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0001285	0,0002809	0,00009343	**0,04492**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 2	0,0002286	0,0002391	0,0001457	**0,04527**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 3	0,0001574	0,0002604	0,000116	**0,04443**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 4	0,0001309	0,0002105	0,00005067	**0,04317**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 5	0,0001151	0,0001617	0,00006644	**0,04263**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 6	0,0001102	0,0001449	0,00006665	**0,04273**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 7	0,000128	0,0002081	0,00005936	**0,04315**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 8	0,0001262	0,0002295	0,00005206	**0,04235**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 9	0,0001025	0,0001194	0,00005588	**0,0424**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m
DÍA 10	0,0001069	0,000125	0,00005957	**0,04255**	00º10'00.7"S	78º29'01.6"W	35,31 m

Tabla 3.24. Resultados obtenidos en el Tercer Punto de Medición

PUNTO 4							
DÍA	MOVISTAR B1	MOVISTAR B2	MOVISTAR D'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0001648	0,00008115	0,0001372	**0,04446**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 2	0,0002757	0,00006884	0,0001718	**0,04516**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 3	0,0003471	0,00006569	0,0003144	**0,04557**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 4	0,0001785	0,00004754	0,0000964	**0,04273**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 5	0,0001422	0,00005472	0,0001143	**0,04299**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 6	0,0001491	0,00004794	0,0001021	**0,04252**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 7	0,000169	0,00004754	0,0000964	**0,04271**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 8	0,0001647	0,00004024	0,0001042	**0,04257**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 9	0,000152	0,00004056	0,00006396	**0,04255**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m
DÍA 10	0,0001618	0,0000418	0,00007637	**0,04257**	00º10'01.5"S	78º29'01.8"W	49,6 m

Tabla 3.25. Resultados obtenidos en el Cuarto Punto de Medición

PUNTO 5							
DÍA	MOVISTAR B1	MOVISTAR B2	MOVISTAR D'	TOTAL	Latitud	Longitud	Distancia a la RBS
DÍA 1	0,0006629	0,00003652	0,0002626	**0,4495**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 2	0,0004503	0,0000495	0,0004391	**0,04562**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 3	0,0002183	0,00004247	0,0003514	**0,04501**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 4	0,0002833	0,0000374	0,0001985	**0,04275**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 5	0,0007007	0,00003951	0,0001486	**0,04341**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 6	0,0001491	0,00004794	0,0001021	**0,04252**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 7	0,0002515	0,00003745	0,000172	**0,0425**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 8	0,0002182	0,00003254	0,0002586	**0,04305**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 9	0,0002025	0,00003734	0,0001864	**0,04221**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m
DÍA 10	0,0002079	0,000037	0,0001731	**0,0422**	00º10'02.2"S	78º29'01.9"W	68,42 m

Tabla 3.26. Resultados obtenidos en el Quinto Punto de Medición

3.6.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE RESULTADOS

La representación gráfica de los resultados obtenidos en las mediciones de RNI realizadas a las radiobases “La Y” y “Baltra” se da en función de tres parámetros que son: la fecha en que se realizó la medición, la hora y el tiempo en el cual se realizó el muestreo de la señal, es decir que se tendrán tres distintas gráficas para cada punto de medición. A continuación se presentan todas las gráficas en las que se representan los valores de densidad de potencia en función del día de medición, para los otros dos casos se presentará únicamente la gráfica más representativa, las demás gráficas se incluirán como anexo del proyecto.

3.6.4.1. Gráficas en función del día de medición

En estas gráficas se representan los valores de densidad de potencia en función de la fecha en la que se realizó la medición, a las cuales se les ha nombrado según el número del día de medición.

3.6.4.1.1. CONECEL S.A.

- Primer Punto de Medición

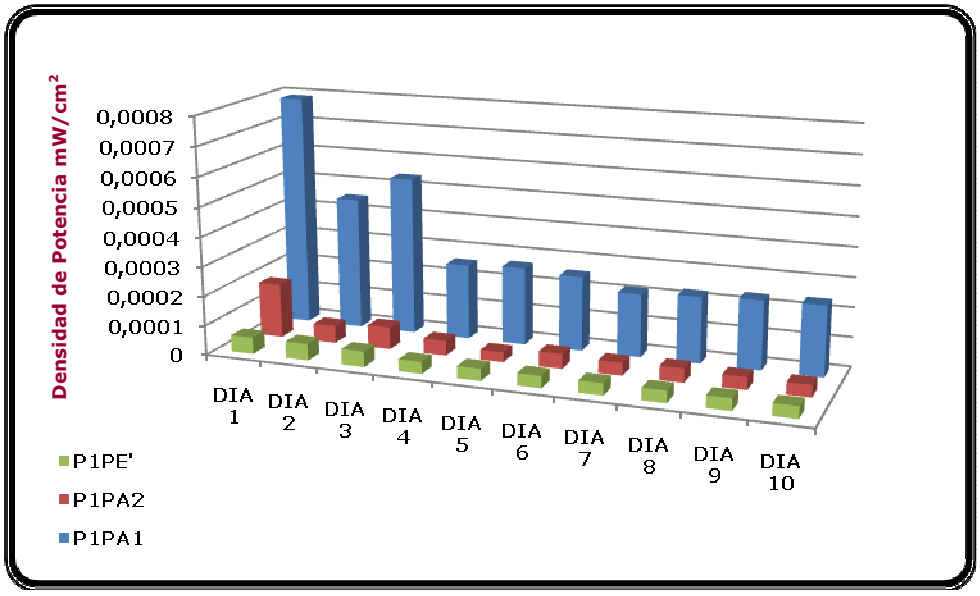

Figura 3.24. Representación de Resultados en el Primer Punto de Medición

Como se puede apreciar en la figura, los valores de densidad de potencia están en el orden de las centenas de nW/cm^2, los cuales son sumamente pequeños e insignificantes al compararlos con los límites máximos de exposición definidos en la normatividad. La banda de frecuencia que genera mayor radiación es la banda A1 (869 – 880 MHz); esto se debe a diferentes factores como son, el punto donde se tomó la medida, que fue el punto de medición más cercano a la radiobase, ubicado aproximadamente a 15m por debajo de las antenas. Otro factor que debería considerarse es el tráfico cursado por la radiobase en el momento de realizar la medición, ya que, como podemos observar, el valor obtenido el primer día es el más grande comparado con los otros, sin considerar el tiempo o la hora de medida.

Para el caso de los valores de densidad de potencia de las otras bandas de frecuencia, se puede explicar que son más bajos debido a que para esta radiobase existe mayor uso de frecuencias en la banda A1, y se encuentra ligado al plan de reuso de frecuencias diseñado por el concesionario.

- Segundo Punto de Medición

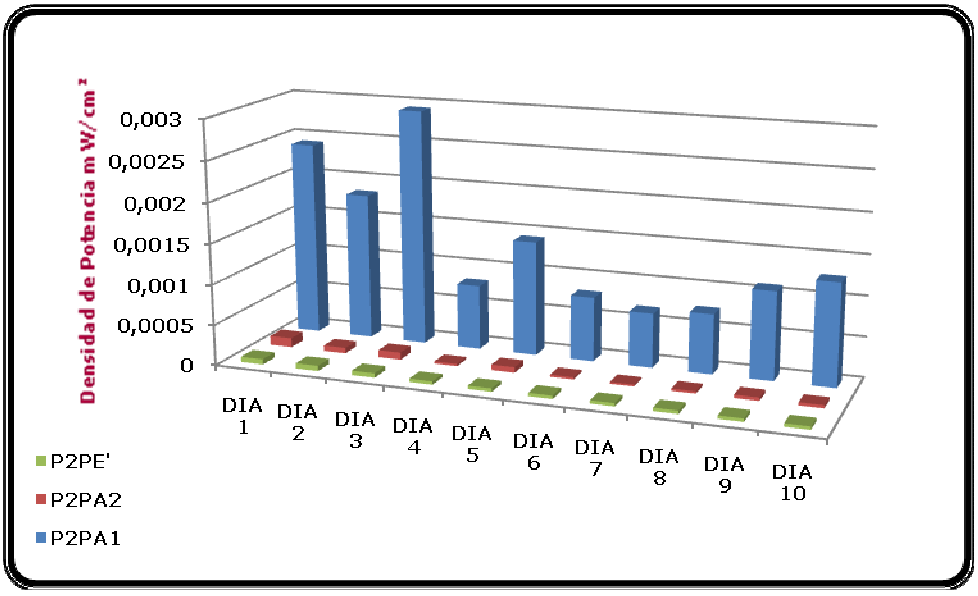

Figura 3.25. Representación de Resultados en el Segundo Punto de Medición

Para el caso de este punto, se presenta una situación similar con respecto al anterior en lo referente al mayor uso que se le da a la banda de frecuencias A1; nótese que los valores obtenidos para esta banda son un poco mayores debido a la ubicación del punto 2, el mismo que a pesar de estar más lejos de la radiobase (66m aproximadamente), está en una posición más frontal a la antena.

- Tercer Punto de Medición

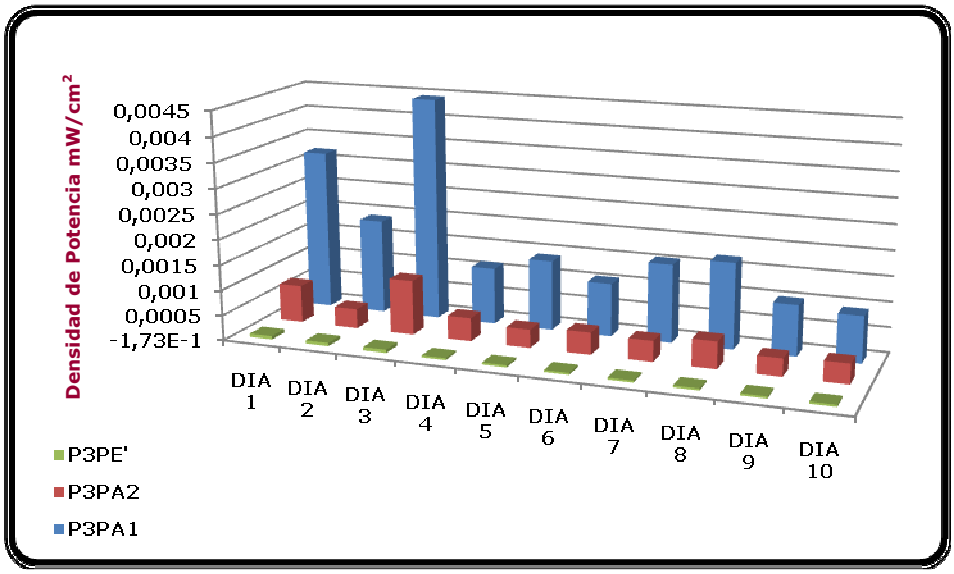

Figura 3.26. Representación de Resultados en el Tercer Punto de Medición

La ubicación del punto 3, a una distancia aproximada de 60m, permite realizar mediciones casi frontalmente a las antenas del primer sector de la radiobase y de esta manera obtener valores de densidad de potencia en el orden de las unidades de $\mu W/cm^2$, esto justifica que las antenas de telefonía móvil efectivamente radían frontalmente.

- Cuarto Punto de Medición

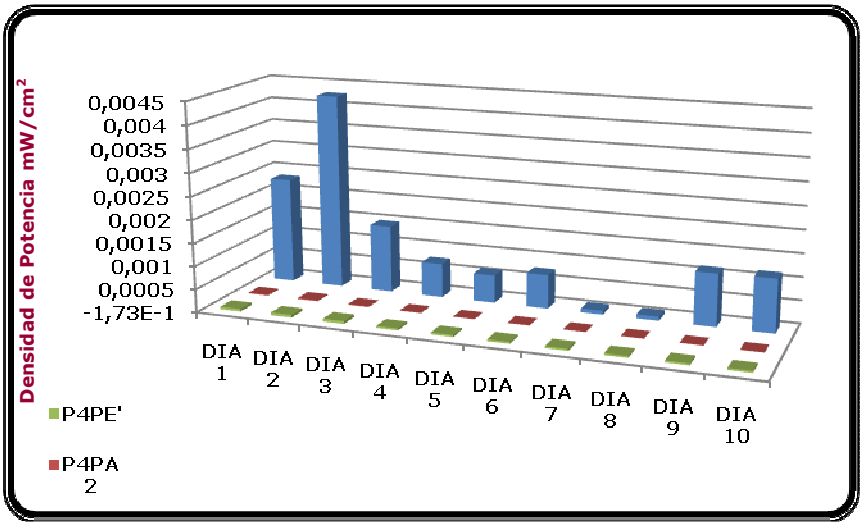

Figura 3.27. Representación de Resultados en el Cuarto Punto de Medición

La ubicación de este punto permite situarse frontalmente a la antena, gracias a que el tercer sector de la radiobase presenta un tilt mecánico, obteniendo de esta manera valores de densidad de potencia en el orden de las unidades de μW/cm^2, haciendo notar una apariencia casi nula de los valores de las bandas de frecuencia A2 (890 – 891.5 MHz) y E' (1965 – 1970 MHz).

3.6.4.1.2. OTECEL S.A.

- Primer Punto de Medición

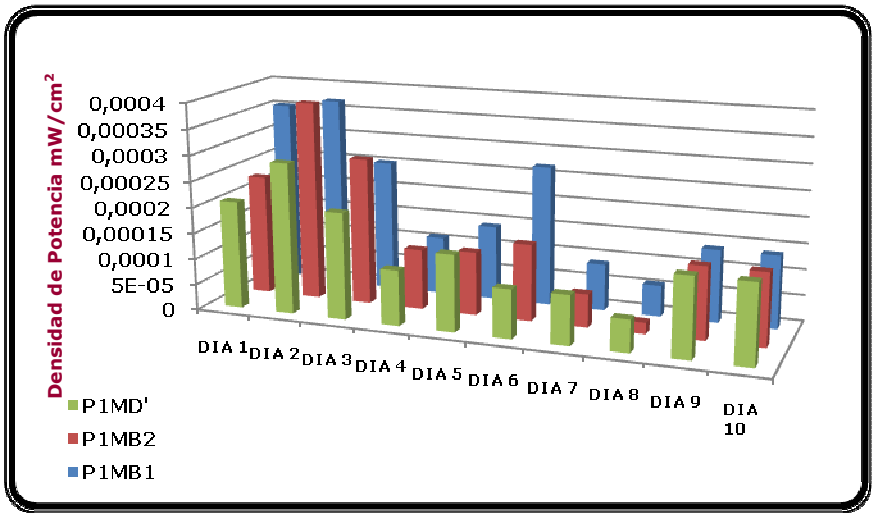

Figura 3.28. Representación de Resultados en el Primer Punto de Medición

La figura anterior permite observar que en este punto de medición se pueden captar valores de densidad de potencia en el orden de las centenas de nW/cm^2 para las 3 bandas de frecuencia asignadas a la operadora OTECEL S.A., esto se debe a que existe una distribución similar de canales en las tres bandas. Debido a que esta radiobase se encuentra ubicada a una mayor altura, los puntos de medición deben ser más lejanos para poder captar el lóbulo de radiación, caso contrario los valores serían demasiado bajos.

La diferencia de valores de un día a otro puede estar ligado a la influencia de 3 factores como lo son: la hora de medición, las condiciones climáticas y el tráfico cursado en el instante que se realizó la medición. A pesar de esto se puede notar que la densidad de potencia no varía significativamente sino que se mantiene en el orden de los nW/cm^2, los cuales no son representativos en comparación con los límites establecidos en la normativa.

- Segundo Punto de Medición

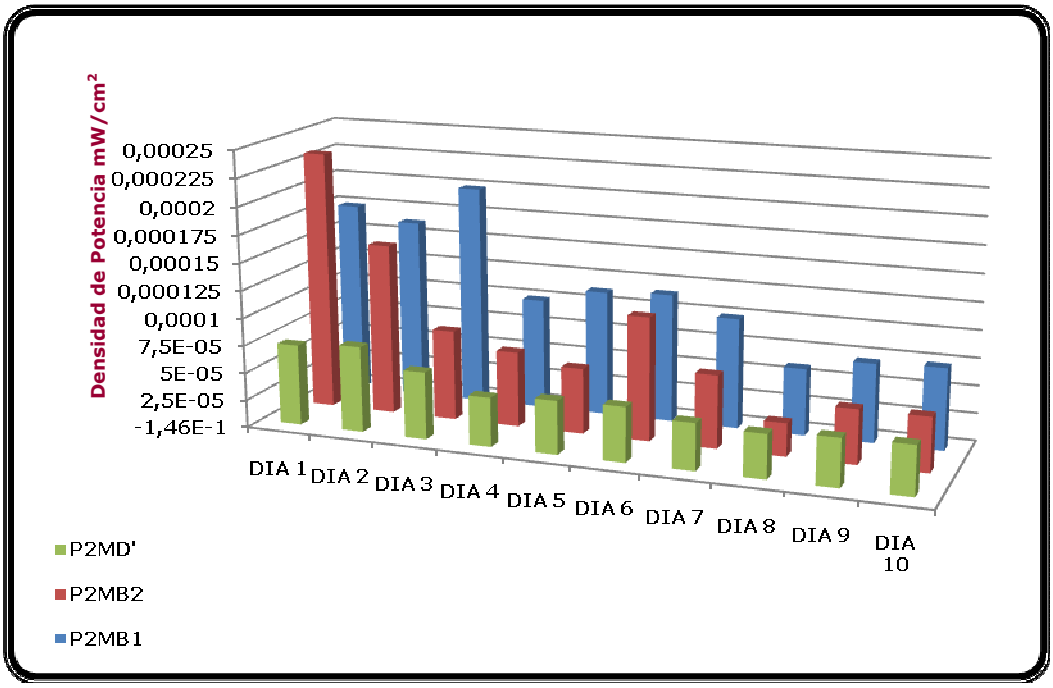

Figura 3.29. Representación de Resultados en el Segundo Punto de Medición

Al igual que en el caso anterior, la ubicación de este punto de medida permite obtener valores de densidad de potencia en el orden de los nW/cm^2 y la variación de un día a otro es mínima. Se puede notar la existencia de una equidad en el uso de canales pertenecientes a las bandas de frecuencias B1 (880 – 890 MHz) y B2 (891.5 – 894 MHz).

- Tercer Punto de Medición

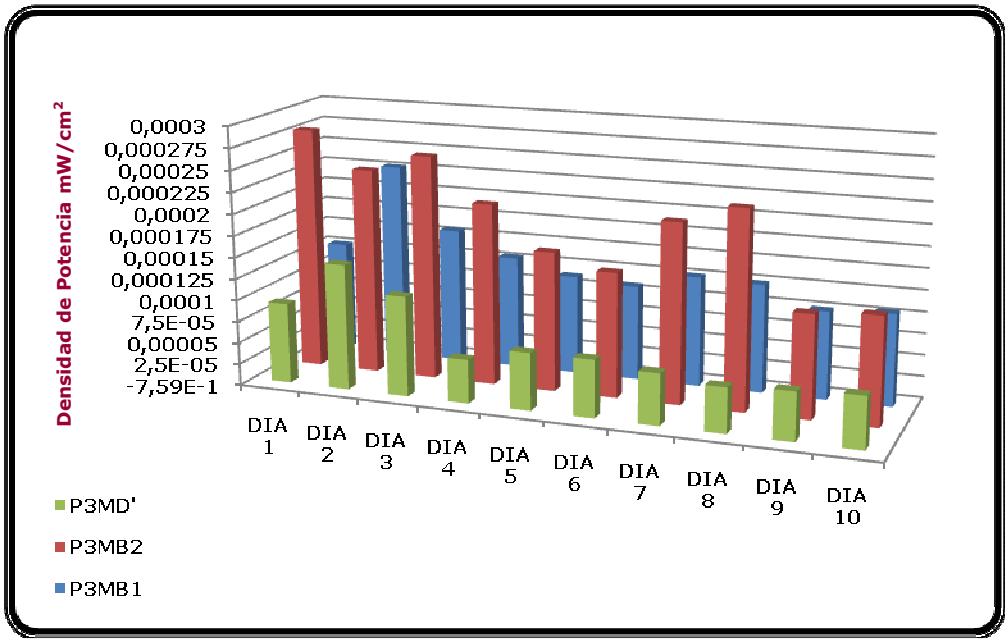

Figura 3.30. Representación de Resultados en el Tercer Punto de Medición

Como se puede ver, al igual que en el caso anterior y al encontrarse frente al mismo sector, los valores de densidad de potencia se encuentran en el mismo orden y su variación de un día a otro estarían influenciados por los 3 factores antes mencionados.

- Cuarto Punto de Medición

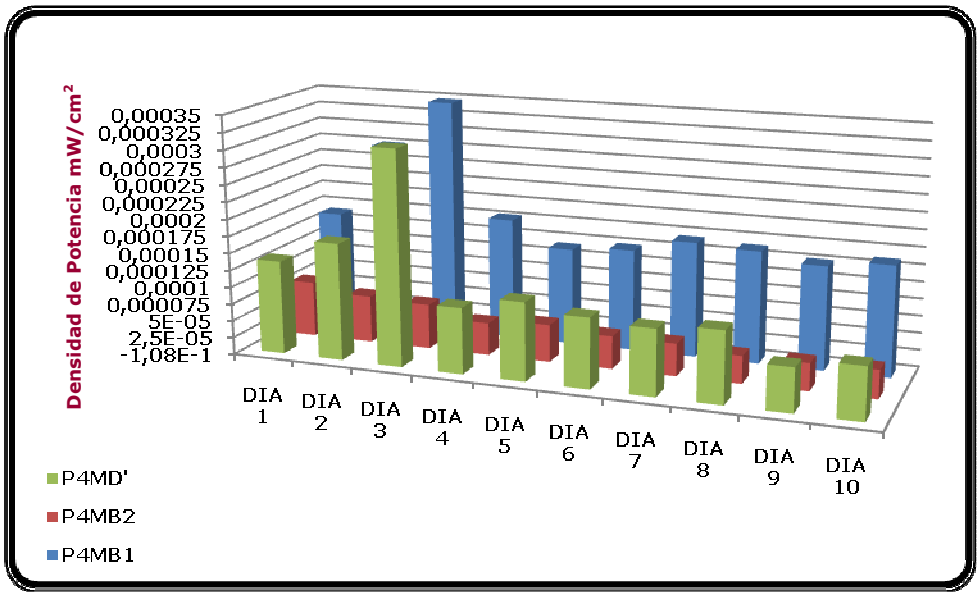

Figura 3.31. Representación de Resultados en el Cuarto Punto de Medición

La ubicación del punto cuatro frente al tercer sector de la radiobase muestra la existencia de un mayor uso en las bandas de frecuencias B1 y D' (1945 – 1950 MHz), las mismas que se mantienen en el orden de los nW/cm^2. Los valores bajos de densidad de potencia capturados para la banda B2 pueden explicarse a causa de un reducido uso de la mencionada banda al momento en que se efectuó la medición.

- Quinto Punto de Medición

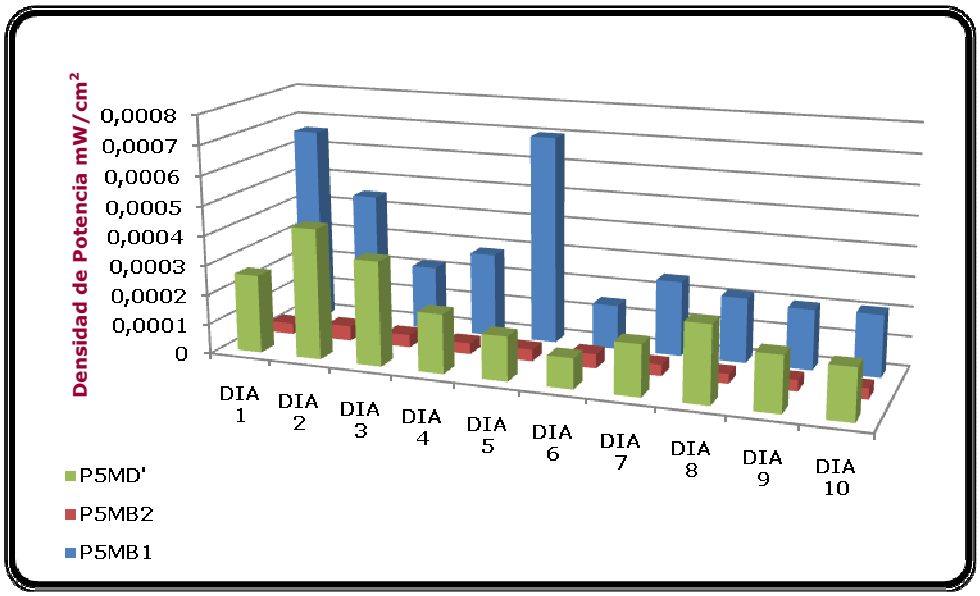

Figura 3.32. Representación de Resultados en el Quinto Punto de Medición

Al igual que el punto 4, el punto cinco está frente al tercer sector de la radiobase, con la diferencia que éste se encuentra a una mayor distancia, lo cual permite obtener valores de densidad de potencia mayores, esto se explica debido a que cuando una radiobase presenta mayor altura, se debe ubicar a una distancia más lejana de ésta para poder captar su haz de radiación, a menos que la antena celular presente tilt.

3.6.4.2. Gráficas en Función de la Hora de Medición

El graficar los valores de densidad de potencia en función de la hora de medición tiene la finalidad de observar la variación que presentan las mediciones de radiación con respecto a su hora de medición, ya que según lo especificado en el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI, las mediciones deberían realizarse en las horas donde el tráfico cursado es alto.

Se presenta únicamente el caso más representativo y los gráficos restantes se presentan como anexos.

3.6.4.2.1. CONECEL S.A.

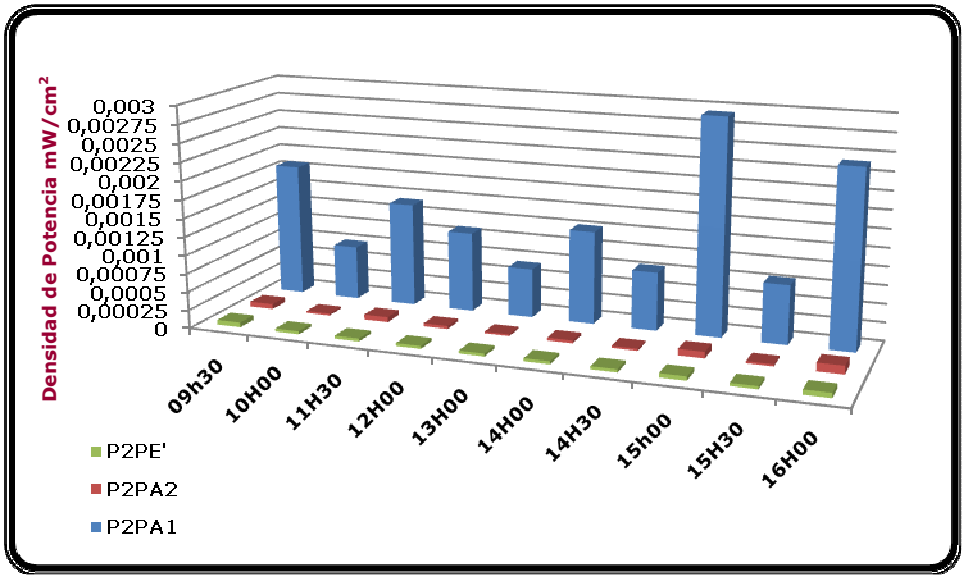

Figura 3.33. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función de la hora de medición

La hora en la cual se presenta un mayor valor de densidad de potencia es a las 16h00. Según los monitoreos de tráfico realizados en las operadoras se puede apreciar que la hora cargada varia de un día a otro, dependiendo exclusivamente de la cantidad de usuarios que se encuentren ocupando el servicio, si se hace referencia a la tabla 3.14 se puede constatar este comportamiento ya que en ella se especifica la hora cargada dependiendo del día y la celda. Es comprensible que al encontrarse esta radiobase en un sector rodeado de oficinas y negocios exista una probabilidad alta de encontrar mayor tráfico en las primeras horas de la mañana, al medio día y/o en las horas cercanas a terminar la jornada de trabajo, lo contrario se presenta en un sector residencial donde en el transcurso del día el tráfico cursado por las radiobases es pequeño en comparación con el cursado durante las noches y a tempranas horas de la mañana.

Por ejemplo, al hacer referencia al tercer y séptimo día de medición correspondientes al 02 y 14 de febrero del año 2011, respectivamente y contrastarlo con la tabla 3.14 y figura 3.20 se puede observar que en estos días la medición de radiación no ionizante se realizó en la hora cargada de la celda

"LAYX" correspondiente a la banda de frecuencia A1. En este caso se puede observar que el valor de densidad de potencia medido el 02 de febrero de 2011 es mayor que el valor medido el 07 de febrero de 2011 y al comparar la cantidad de tráfico cursado durante la hora cargada correspondiente a dichas fechas se observa que el tráfico medido en Erlangs del 14 de febrero es menor al tráfico medido el 02 de febrero. De igual forma, si observamos la celda "LAYZ" correspondiente a la banda de frecuencia E' en las fechas 10 y 23 de febrero de 2011 se puede observar que el valor de densidad de potencia medido en dicha banda es mayor el 10 de febrero de 2011 que el obtenido el 23 de febrero de 2011, así como el tráfico cursado en la hora cargada por la celda "LAYZ" para el día 10 de febrero de 2011 es mayor que el tráfico cursado el 23 de febrero de 2011.

3.6.4.2.2. OTECEL S.A.

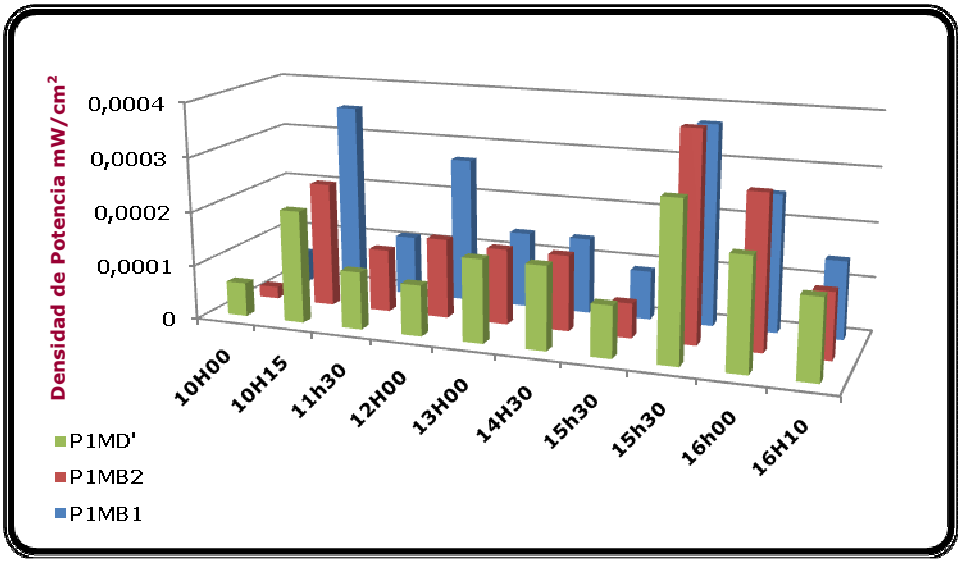

Figura 3.34. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función de la hora de medición

Para la radiobase "Baltra" también se presenta el mismo comportamiento que en el caso anterior, existe un mayor valor de densidad de potencia en el periodo de 10h00 a 11h00, pero como se puede observar existe una variación considerable entre los valores obtenidos a las 10h00 de la mañana con los valores correspondientes a las 10h15. Esto se explica básicamente por dos motivos,

primeramente las horas pico varían según las necesidades de los abonados, es decir que no todos los días se va a producir la misma cantidad de tráfico en un periodo de tiempo, y por las condiciones climáticas en las cuales se efectuó la medición, por ejemplo para el caso de las 10h00, era un día nublado y lluvioso en ciertos momentos del día, este factor a pesar de no ser tan relevante influye en la emisión de radiación producida por la radiobase ya que ésta se ve atenuada en días lluviosos en comparación con los valores obtenidos en un día soleado. Este mismo suceso se lo puede observar en el caso en el cual las mediciones se realizaron a las 16h00 y 16h10, la primera se realizó en un día soleado, mientras que en el segundo se realizó cuando existía una ligera lluvia. Adicionalmente, si comparamos el tráfico cursado en la hora cargada medido en Erlangs que se encuentra especificado en la figura 3.21 en conjunto con la tabla 3.15 correspondientes a las mediciones realizadas a las 16h00 y 16h10 se observa que en la medición de las 16h00 existe mayor tráfico cursado por la radiobase que en caso de las 16h10.

3.6.4.3. Gráficas en Función del Tiempo de Medición

3.6.4.3.1. CONECEL S.A.

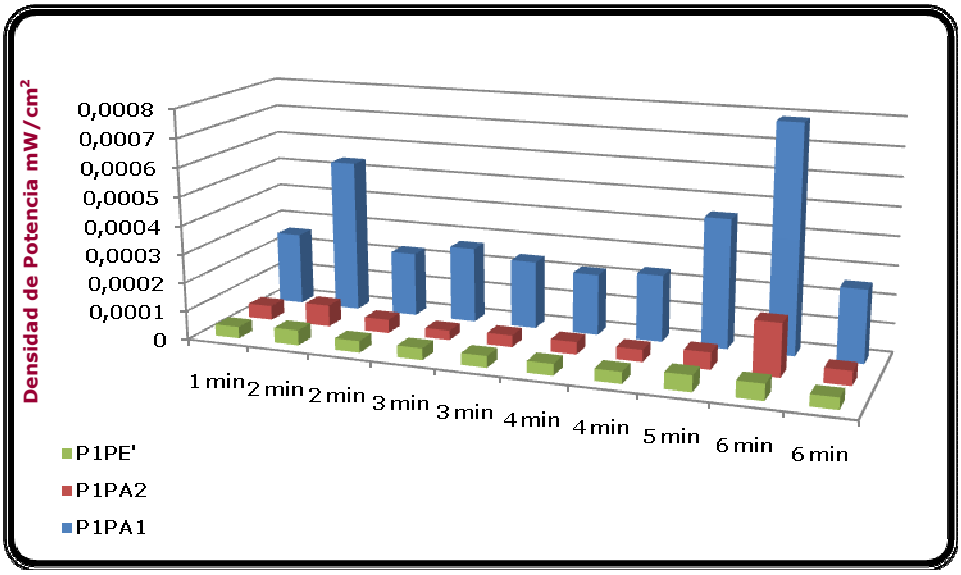

Figura 3.35. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función del tiempo de medición

Una vez más se puede apreciar que el factor más importante a considerar al instante de realizar las mediciones de densidad de potencia es el tráfico cursado al momento de la medición. Esto se evidencia ya que al disponer de distintas mediciones realizadas durante el mismo periodo de tiempo en diferentes días y a diferentes horas, se puede observar que los resultados obtenidos son distintos, como es el caso de los tiempos de medición de 2 y 6 minutos.

3.6.4.3.2. OTECEL S.A.

Este caso es similar al mencionado anteriormente, como se puede observar los valores de densidad de potencia estarían ligados al tráfico cursado al momento de efectuarse la medición, más no del tiempo de medición. Si se aprecia los resultados obtenidos en el tiempo de medición de un minuto y se compara con el de seis minutos, se observa que los valores de densidad de potencia son mayores, a pesar que el tiempo durante el cual se realizó el muestreo de la señal es menor.

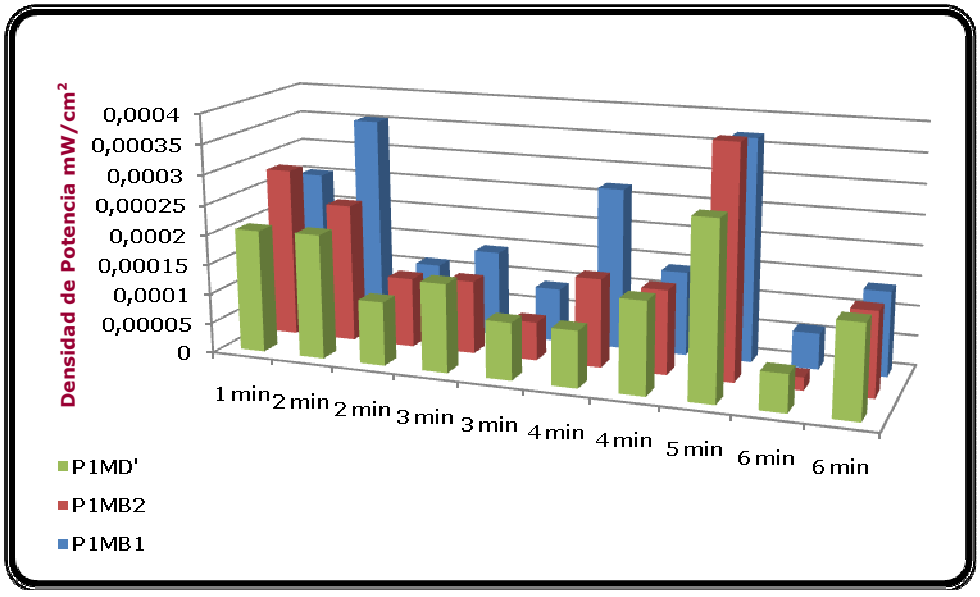

Figura 3.36. Representación Gráfica de los valores de densidad de potencia en función del tiempo de medición

Los valores de densidad de potencia no se ven significativamente influenciados por el tiempo en el que se realizó el muestreo de la señal, ya que como se puede

observar en la figura 3.36 existen valores altos de densidad de potencia obtenidos durante una medición de menor duración.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Los concesionarios del Servicio Móvil Avanzado antes de realizar cualquier cambio en las estaciones base, deben presentar un nuevo estudio técnico a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) para su aprobación y a su vez comunicar a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) para que realice la medición de radiación no ionizante (RNI) correspondiente en el término de 20 días hábiles a partir de su aprobación, pero lamentablemente esto no se da en nuestro país, ya que los concesionarios primero instalan la radiobase o realizan alguna adecuación en la misma y cuando los delegados del Ministerio del Ambiente o del Municipio exigen la presentación del certificado emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones, proceden a notificar a la SUPERTEL que debe realizarse una medición.

- El continuo incremento de estaciones base del Servicio Móvil Avanzado se debe a un aumento en la demanda de usuarios del sistema. Este fenómeno no debería alarmar a la comunidad ya que al existir un mayor número de radiobases, las antenas tendrán una menor área de cobertura y lo que a su vez conlleva a la reducción de la potencia de transmisión de las antenas.

- Debido a las características que presentan las antenas del Servicio Móvil Avanzado de ser sectoriales y radiar hacia el frente (lóbulo secundario pequeño con respecto al lóbulo principal), la radiación a la que se exponen las personas que se encuentran en la base de la torre es poco significativa. Adicionalmente, la exposición de las personas ubicadas en la zona poblacional es muy baja, ya que la potencia con la que está radiando la

antena se encuentra en el orden de los mili-Watios, pudiendo emitir un máximo de 20 Watios en áreas urbanas y 40 Watios en áreas rurales, potencia que a su vez disminuye con el cuadrado de la distancia al alejarse del centro de la antena.

- Las áreas ocupacional, poblacional y de rebasamiento que se mencionan en la Resolución 01-01-CONATEL-2005 han sido definidas para el proceso de delimitación de zonas con distintos niveles de Radiación No Ionizante. Estos conceptos se usan durante el proceso de estudio para otorgar el permiso de funcionamiento de las radiobases y son una medida de prevención ante posibles valores excesivos de RNI; sin embargo, en el caso de una inspección rutinaria luego de haberse efectuado algún cambio considerable en la radiobase, el único factor a considerar es la Zona Poblacional, ya que es en esta zona donde se encuentran circulando los usuarios del sistema.

- Al realizar mediciones de radiación no ionizante es una gran ventaja trabajar con el equipo Narda SRM-3000 y su antena triaxial que cubre un rango de 27MHz a 3GHz, debido a que es un medidor de radiación selectivo en frecuencia que también se lo puede utilizar como un medidor de banda ancha gracias a la configuración de las Tablas de Servicio, así, se puede diferenciar cada banda de frecuencia y a la vez determinar la radiación existente en todo su ancho de banda. Este equipo permite obtener valores fiables y evita el complejo procesamiento de datos.

- Los valores de densidad de potencia emitidos por las antenas en sus diferentes bandas de frecuencia asignadas a cada operadora dependen del plan de reuso de frecuencias establecido por el concesionario al momento del diseño de la red. Por esta razón existen radiobases en las cuales los valores de densidad de potencia de una banda de frecuencia pueden ser relativamente pequeños en comparación con los emitidos por la otra banda, esto se debe a que cuando el servicio móvil avanzado se introdujo en nuestro país operaba en la banda de 850 MHz, por lo cual existe un

mayor uso de esta banda en comparación con la banda de 1900 MHz, la cual se incorporó a partir del año 2008. Adicionalmente, se debe mencionar que el ancho de banda asignado en la banda de 850 MHz es mayor que el ancho de banda correspondiente a la banda de 1900 MHz.

- Los valores de densidad de potencia obtenidos se ven influenciados por la altura a la que se encuentran instaladas las antenas celulares, a mayor altura más lejos de la radiobase se debe escoger el punto de medición, con el propósito de capturar el lóbulo de radiación, excepto cuando las antenas celulares presentan algún tipo de tilt; para estos casos las radiobases instaladas dentro de las ciudades usualmente utilizan tilt mecánico, en cuyo caso se puede visualizar la dirección del apuntamiento de las antenas.

- El tiempo durante el cual se realiza el muestreo no influye significativamente en los valores obtenidos en el proceso de adquisición de datos. Se pudo apreciar que para un mismo tiempo de medición se obtienen cifras diferentes, esto lleva a concluir que el nivel de densidad de potencia presente en el ambiente depende más de la cantidad de tráfico que se está cursando en ese momento y de las condiciones ambientales, que del tiempo de duración de la medición.

- Los valores de densidad de potencia obtenidos y analizados durante el desarrollo del presente proyecto permiten concluir que la radiación generada por las antenas del Servicio Móvil Avanzado no alcanza ni siquiera el 1% de los valores establecidos en la Normativa basada en los reportes publicados por las organizaciones internacionales en el ámbito de las emisiones de Radiación No Ionizante.

- Las Radiaciones No Ionizantes (RNI) no poseen la suficiente cantidad de energía para conseguir desprender los electrones que se encuentran en la órbita más alejada de los átomos y como consecuencia de esto llegar a producir alteraciones en la salud humana. El único efecto biológico que se ha comprobado a causa de la exposición a las RNI producidas por las

antenas de estaciones base del Servicio Móvil Avanzado es el efecto térmico, es decir, existe un calentamiento del tejido humano cuando se encuentra expuesto a la energía de radiofrecuencia de las antenas. Cabe recalcar que este aumento en la temperatura es insignificante y no causa efecto adverso en la salud de las personas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Si bien es cierto que varias organizaciones mundiales llevan a cabo proyectos de investigación permanentes ante posibles efectos que puedan causar en la salud humana la emisión de campos electromagnéticos producidos por el uso del espectro radioeléctrico, se debe tomar en cuenta que en la actualidad la tecnología se desarrolla a pasos gigantescos y debido a esto surgen nuevos equipos que generan Radiaciones No Ionizantes, estableciéndose de esta manera mayor preocupación de la población por su salud. Por este motivo se recomienda continuar con los estudios que se encuentran en proceso y de ser posible hacerlos más exhaustivos para precautelar la salud de la población mundial; adicionalmente es conveniente informar adecuada y oportunamente a la población para de esta manera desvirtuar muchos de los mitos que científicamente han sido descartados.

- En Ecuador existen varias entidades estatales que se encargan de la administración y control del espectro radioeléctrico como son el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), encargadas de garantizar el cumplimiento de las leyes y reglamentos establecidos. Se ha podido constatar que existe una escasa coordinación entre estas entidades y que a partir del Decreto Ejecutivo No. 8 se ha intensificado este problema. Es recomendable que las autoridades implicadas tomen riendas en el asunto para de esta manera llegar a un trabajo conjunto y avalar la correcta administración del espectro radioeléctrico.

- El escoger un valor adecuado de “Measurement Range” al momento de configurar el equipo para realizar las mediciones, es de vital importancia debido a que de este valor depende la sensibilidad del equipo y a su vez da validez a los valores medidos. Al tener un valor de “Measurement Range” muy alto con respecto al nivel de la señal presente en el ambiente, el equipo entregará el valor mínimo del rango. Por otro lado, si se configura el equipo con un valor de “Measurement Range” muy bajo con respecto al nivel de la señal a medir, puede causar daños en los atenuadores del equipo, adicionalmente puede presentarse saturación en el equipo debido a señales que operan fuera de la banda de frecuencias que se está midiendo, tal como lo menciona el manual de funcionamiento del Equipo. Adicionalmente, si el nivel de señal es más alto que el nivel de señal que puede ser medido, en la parte inferior de la pantalla se presenta un mensaje de advertencia “OVERDRIVE”, el cual indica que se debe escoger un nuevo valor de “Measurement Range”.

- El Tilt es un factor importante a considerarse para la delimitación del área de cobertura de las antenas del Servicio Móvil Avanzado, puesto que las antenas celulares emiten sus ondas frontalmente y consecuentemente solo la mitad inferior del lóbulo de radiación es aprovechado por la antena receptora del terminal (teléfono celular, smart phone, etc.). Así, con el objeto de reducir o concentrar la radiación en el área de cobertura de la antena el Tilt se dirige hacia abajo en la mayoría de sus aplicaciones. A mayor Tilt (inclinación hacia el suelo) menor cobertura.

- Si bien para realizar mediciones de radiación no ionizante se pueden utilizar medidores de banda ancha y de banda angosta, en el caso de requerirse un muestreo de una estrecha banda de frecuencia o componente de frecuencia del espectro radioeléctrico, es preferible el uso de medidores de banda angosta ya que estos permiten conocer la magnitud de la variable electromagnética intensidad de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia generada por aquella banda de frecuencia o componente de frecuencia que se desea medir, mientras que

un medidor de banda ancha no permite seleccionar una determina banda de frecuencia, al contrario éste considera el efecto producido por todas las componentes de frecuencia que se encuentran dentro de un ancho de banda especificado.

- Durante el proceso de adquisición de valores de RNI emitidos por las antenas del Servicio Móvil Avanzado, se sugiere mantener la antena del equipo Narda SRM-3000 con línea de vista a la antena de la radiobase y a una distancia no menor a 20 cm de cualquier objeto con el fin de reducir posibles efectos capacitivos.

- Para reducir el temor de la población ante posibles efectos adversos generados por la emisión de radiación no ionizante y preservar el ornato de las ciudades, se debería mejorar los aspectos relacionados con el concepto de mimetización, ya que de esta manera se podría reducir el impacto visual y como consecuencia reducir la preocupación existente en la población.

- Las estaciones base del servicio móvil avanzado cuentan con sistemas de alimentación dotados de transformadores, los cuales emiten vibraciones audibles que causan malestar en las personas y erróneamente se asocia con la radiación que emiten las antenas. Para reducir este problema se recomienda realizar un aislamiento adecuado del cuarto de equipos. Adicionalmente, las estaciones base cuentan con un sistema de alimentación de energía emergente a través del uso de generadores a diesel, los cuales generan ruido y emiten gases contaminantes como el monóxido de carbono causando molestias a las personas que se encuentran cerca de la radiobase, por ello se sugiere el uso de bancos de baterías en lugar de generadores.

- En vista de la escasa dependencia que existe entre los niveles de densidad de potencia con el tiempo de muestreo, es recomendable fijar un periodo

menor al establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico para la obtención de valores en cada punto de medición. Luego de realizar el seguimiento a las radiobases “La Y” de CONECEL S.A. y “Baltra” de OTECEL S.A. y como se puede apreciar en los resultados obtenidos, se determina que un tiempo prudencial para realizar las mediciones sería de 3 minutos debido a que a partir de este tiempo la variación de valores que muestra el equipo es insignificante, es decir, la señal medida se estabiliza.

- En el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizantes, Anexo 3, Procedimiento de Medición, Método de Medición, Numeral 2 se menciona: *“Si el resultado de la medición es superior a lo establecido en el Artículo 5 del presente Reglamento, se deberá continuar midiendo hasta encontrar el punto que permita cumplir con los límites establecidos”*. Sin embargo, al existir un punto el cual exceda los límites máximos establecidos en el Artículo 5 de dicho Reglamento, las operadoras no estarían cumpliendo con lo señalado en dicho Reglamento y consecuentemente no se debería entregar el certificado de emisiones radioeléctricas que les permite obtener los permisos de funcionamiento. Adicionalmente, el numeral 1 menciona que las mediciones deben realizarse cada 30°, lo cual no es muy lógico debid o a que si consideramos que el lóbulo posterior es pequeño en comparación con su lóbulo principal, no es necesario cubrir un área radial, al contrario se debe dar énfasis a la radiación emitida por el lóbulo principal, la cual se emite frontalmente. Por esta razón, se sugiere realizar la revisión y modificación del Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

- En vista a las últimas pronunciaciones de la OMS realizadas durante el mes de Junio de 2011 sobre las posibles afecciones a la salud de las personas debido a los campos electromagnéticos generados por los terminales móviles (teléfonos celulares) como consecuencia de su excesivo

uso, y si bien no se menciona afecciones a la salud de la población a causa de las radiobases sino que se mantiene que el único efecto producido es el aumento en la temperatura corporal de las personas que están expuestas a la radiación de las antenas de las estaciones base del Servicio Móvil Avanzado (SMA), es recomendable que el Organismo Regulador competente realice la revisión de los valores máximos de radiación permitidos en la normativa vigente y como un método preventivo se podría efectuar una reducción de los mencionados valores.

Cabe recalcar que los valores de densidad de potencia emitidos por las radiobases y que se obtuvieron durante el desarrollo de este proyecto son muy pequeños comparados con los valores máximos establecidos en la norma vigente, por lo que se puede apreciar que sí sería posible la reducción de los niveles de radiación permitidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] URL: http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/es/index.html

[2] URL: http://www.itu.int/pub/R-REC/es

[3] URL: http://catedra-coitt.euitt.upm.es/web_salud_medioamb/normativas/itu/normaUIT%20K52.pdf

[4] URL: http://www.satfam.org/pdf/K.61.pdf

[5] URL: http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/

[6] URL: http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=140&Itemid=87

[7] URL: http://www7.quito.gov.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDM-227%20%20%20ESTACIONES%20RADIOELECTRICAS,%20RADIOCOMUNICACIONES%20Y%20ANTENAS.pdf

[8] URL: http://www.caprotecsa.com/users/webmaster/images/norma%20radiaciones%20no%20ionizantes.pdf

[9] URL: http://www.ambiente.gov.ec/

[10] URL: http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf

[11] URL: http://www.icnirp.de/documents/philosophyesp.pdf

[12] URL: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs322/en/index.html

[13] URL: http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf

[14] Recomendación UIT-T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

[15] Resolución 01-01-CONATEL-2005, Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generado por el Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

[16] URL: http://www.gencat.cat/mediamb/sosten/telf/pdf/aecc.pdf

[17] URL: http://www.telecom21.org/index_archivos/Page385.htm

[18] Libro: "Estableciendo un dialogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos", Departamento de Protección del Ambiente Humano, Organización Mundial de la Salud, Ginebra – Suiza, año 2005

[19] URL: http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/es/index.html

[20] URL: http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/exposicion_estaciones_base.htm

[21] URL: http://www.raco.cat/index.php/Buran/article/viewFile/176839/240215

[22] URL: http://www.sepr.es/html/recursos/descargables/RI-PYR.pdf

[23] URL: http://www.escepticos.es/webanterior/articulos/antenas.html

[24] URL: http://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/tema9.pdf

[25] URL: http://www.multiradio.com.ar/upload/img/Martin-Lema-UTN-Antenas-Ago-2009-B.pdf

[26] URL: http://www.redeweb.com/_txt/628/92.pdf

[27] URL: http://www.tierrafisica.com.mx

[28] URL: http://www.who.int/peh-emf/publications/en/esp_mobphonehealthbk.pdf

[29] URL: http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/estadistica/estadistica2/estadistica descriptiva html

[30] URL: http://www.aulafacil.com/CursoEstadistica/Lecc-1-est.htm

[31] URL: http://www.elosiodelosantos.com/descriptiva.html

[32] URL: http://ladep.es/ficheros/documentos/Informe_sobre_Radiacion_de_Telefonia_Movil_Celular.pdf

[33] Manual de Usuario: SRM-3000 Selective Radiation Meter

[34] URL: http://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva.asp

[35] URL: http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/estadistica/estadistica2/estadistica descriptiva.html

ANEXOS