



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

REALIZACIÓN DE MEDICIONES RADIOELÉCTRICAS Y CECERTIFICACIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL UMTS.

Alumno: Carrión Moreno, José Miguel

Tutor: Parra Rodríguez, Fernando

Depto.: Ingeniería de Telecomunicación

Junio, 2014

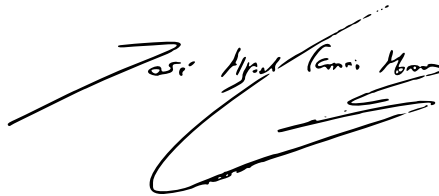
Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

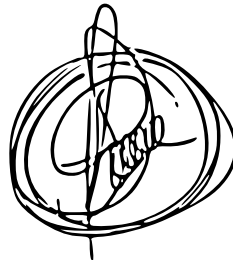
Trabajo Fin de Grado

Curso 2013- 2014

**REALIZACIÓN DE MEDICIONES RADIOELÉCTRICAS Y CERTIFICACIÓN DE
ESTACIÓN BASE DE TELEFONÍA MÓVIL UMTS.**



Alumno: Carrión Moreno, José Miguel.



Tutor: Parra Rodríguez, Fernando.

Departamento: Ingeniería de Telecomunicación

Linares, 20 de Junio de 2014

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	8
1. EMISIONES RADIOELÉCTRICAS	7
1.1. TIPOS DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS	7
1.2. SEGURIDAD DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS.....	9
1.3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN	11
1.4. NORMATIVA VIGENTE	12
1.4.1. REAL DECRETO 1066/2001	12
1.4.2. ORDEN CTE/23/2002.....	15
1.4.3. DIRECTIVA 2004/40/CE	21
2. ANÁLISIS PREVIO A LA CERTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE	22
2.1. MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS RADIOELÉCTRICAS.....	22
2.1.1. MEDIDAS DE BANDA ANCHA (FASE-1).....	23
2.1.2. MEDIDAS DE BANDA ESTRECHA (FASE-2 Y FASE 3).....	25
2.2. MEDIDAS PARA OBTENER CORRECTOS NIVELES DE DECISIÓN.....	26
2.2.1. NIVELES DE DECISIÓN.	26
2.2.2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS.	29
2.2.3. CRITERIOS EN LOS NIVELES DE DECISIÓN.	29
2.3. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE REFERENCIA.....	31
2.3.1. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE REFERENCIA.	32
3. UMTS.	36
3.1. SERVICIOS DE UMTS.....	36
3.2. FRECUENCIAS.	38
3.3. CDMA.	39
3.4. ARQUITECTURA UMTS.....	43
3.4.1. EQUIPO DE USUARIO (UE).	45
3.4.2. INTERFAZ Uu.	45
3.4.3. RED DE ACCESO DE RADIO UMTS.....	45
3.4.4. RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER).	46
3.4.5. NODO B.	47
3.4.6. INTERFAZ Iu.....	47
3.4.7. RED CENTRAL (CORE NETWORK).	48
3.4.8. MSC (MOBILE SWITCHING CENTER).....	48
3.4.9. SGSN (SERVING GPRS SUPPORT NODE).	49
3.5. PARÁMETROS UMTS.....	50

4. MEDIDAS REALES OBTENIDAS EN LA ESTACIÓN BASE.	52
4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN.	52
4.1.1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO.	54
4.1.2. CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS DE LA ESTACIÓN.	55
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA UTILIZADOS.	56
4.3. PREOCESO DE MEDIDA DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS.	57
4.3.1. LLEGADA AL EMPLAZAMIENTO.	57
4.3.1.1. ACCESIBILIDAD AL AMPLAZAMIENTO.	57
4.3.1.2. LOCALIZACIÓN DE PUNTOS SENSIBLES.	59
4.3.1.3. LOCALIZACIÓN DE OTROS OPERADORES.	60
4.3.1.4. LOCALIZACIÓN DE LAS POSICIONES DE SEÑAL MÁXIMA.	61
4.3.2. PUNTOS DE MEDIDA.	62
4.3.2.1. NÚMERO DE PUNTOS DE MEDIDA.	62
4.3.2.2. PUNTO DE MEDIDAS DE EXPLORACIÓN, LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DONDE EL NIVEL DE SEÑAL SEA MÁXIMA.	62
4.3.2.3. PUNTOS DE MEDIDA DE EXPOSICIÓN.	63
4.3.3. TOMA DE DATOS.	69
4.3.3.1. NOMBRE, DIRECCIÓN Y TIPO DE EMPLAZAMIENTO.	69
4.3.3.2. CROQUIS DEL EMPLAZAMIENTO.	69
4.3.3.3. ANTENAS.	70
4.3.3.4. FOTOS.	70
4.3.4. PUNTOS SENSIBLES.	71
4.4. COMPROBACIÓN PARÁMETROS RED UMTS ESTACIÓN BASE.	72
4.4.1. CERFICACIÓN DE PARÁMETROS, MODO INGENIERÍA.	73
4.5. IMPORTACIÓN DE DATOS CON SOFTWARE ESPECÍFICO.	82
5. REALIZACIÓN HOJA MEDIDAS Y CERTIFICACIÓN EB TELEFONÍA MÓVIL.	84
6. CONCLUSIONES.	86
ANEXO 1: TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN DE POTENCIA	88
ANEXO II: HOJA DE MEDIDAS Y CERTIFICACIÓN DE EB TELEFONÍA MÓVIL	91
BIBLIOGRAFÍA	93

Resumen

Debido al crecimiento e importancia que están teniendo las nuevas tecnologías vinculadas a la Sociedad de la Información y especialmente la telefonía móvil, tanto en la expansión de los servicios ofertados y en las infraestructuras necesarias para soportarlos, se ha hecho necesario efectuar varios reglamentos en los que se limita entre otros aspectos la exposición humana a campos electromagnéticos y se obliga a las operadoras a realizar certificaciones de sus estaciones base para controlar sus emisiones. En este trabajo fin de grado se realizará una certificación de una estación base según la normativa vigente, en concreto el estudio teórico y posteriormente la realización técnica de una medición radioeléctrica y certificación de una estación base situada en Linares tipo ER1 y con la presencia en ella de telefonía móvil UMTS, estación compartida y con tecnología UMTS 900 y 2100, estarían presentes dos operadores por lo cual sería un claro ejemplo para identificar cada servicio y distinguir cada operador con los parámetros teóricos específicos con el equipo de medida.

INTRODUCCIÓN

La Sociedad de la Información y concretamente la telefonía móvil se ha convertido en una herramienta indispensable y altamente empleada en la sociedad actual. La libre competencia en el sector de las telecomunicaciones y su crecimiento exponencial se ha traducido en una mayor diversidad de ofertas y servicios que requieren la existencia de instalaciones radioeléctricas para proporcionar los niveles demandados de calidad y cobertura exigidos por los usuarios.

El desarrollo de la telefonía móvil no ha parado de crecer exponencialmente, en el caso de España hay 55 millones de líneas de telefonía móvil y más del 97% del territorio nacional tiene cobertura. Se aprecia el gran crecimiento teniendo en cuenta que en el año 2000 el número de líneas aproximado era de 24 millones.

La telefonía móvil se postula como el medio más eficaz y personalizado de comunicación en la actualidad, y su evolución y crecimiento es constante. Pero con el crecimiento de los servicios y de las infraestructuras necesarias apareció una preocupación y cierta alarma social sobre los posibles efectos perjudiciales para la salud, la preocupación en torno a las antenas o estaciones base de la sociedad hizo necesaria una normativa al respecto y un procedimiento de seguimiento estudio y certificación de los servicios de telecomunicaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se tratarán varios aspectos significativos. Primero se expondrán datos sobre los estudios realizados por diversos organismos y autoridades y de cómo afectan las emisiones radioeléctricas a la salud, se explicará en qué consisten las emisiones radioeléctricas y de qué tipo existen.

Un segundo punto será estudiar las diferentes legislaciones existentes en España que regulan las emisiones radioeléctricas en el territorio nacional.

Y por último se realizará un proyecto técnico de una certificación real, empleando la documentación y equipo necesario para realizar las medidas y cálculos establecidos por la normativa vigente.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fin de grado son los siguientes:

- Introducción de las emisiones radioeléctricas.
- Explicación de la necesidad de una normativa para el control y supervisión de las emisiones radioeléctricas.
- Explicación de dicha normativa vigente, con sus puntos y características principales.
- Introducción al sistema UMTS de telefonía móvil, viendo sus parámetros, arquitectura y conceptos principales.
- Realización completa de una certificación radioeléctrica de una estación base real, explicando todos los pasos prácticos y su realización física con el equipo necesario.
- Comprobación técnica de los parámetros de las tecnologías y redes de telefonía móvil presentes en la estación base.
- Análisis de los resultados obtenidos y conclusiones al respecto.
- Impacto medioambiental de las certificaciones radioeléctricas.

1. EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

Los sistemas de telefonía móvil utilizan la transmisión de ondas de radio, que permiten la transmisión de datos sin la necesidad de un soporte físico. Los campos electromagnéticos están presentes de por sí en el mundo y a continuación se describirá el campo electromagnético que producen las estaciones base de telefonía móvil, también se verán diferentes informes realizados por comités expertos sobre el efecto de estos campos en la salud de las personas. Se explicarán sus conclusiones y todas aquellas medidas que se llevan a cabo para tener un control sobre las emisiones radioeléctricas y asegurar que los niveles de campo electromagnético no se exceden de los máximos delimitados por la normativa.

1.1. TIPOS DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales de origen magnético y eléctrico. Las ondas electromagnéticas son variaciones de los campos eléctrico y magnético que se propagan por el aire atenuándose con la distancia.

Las ondas electromagnéticas se diferencian principalmente por la energía que transporta la señal y en la frecuencia a la que ésta oscila. Debiendo distinguir entre emisiones ionizantes y no-ionizantes.

Emisiones ionizantes: Son aquellas con energía suficiente para producir la ionización de la materia, un ejemplo de éstas son los rayos ultravioleta, los rayos X o los rayos Gamma. Se localizan en la parte alta del espectro radioeléctrico, por encima de los 10^{16} Hz. La exposición a este tipo de emisiones puede producir importantes daños en la salud.

- Emisiones no ionizantes: Son aquellas que no sobrepasan el umbral de energía necesaria para ionizar la materia y por lo tanto no afectan a la estructura de las moléculas, a este tipo pertenecen las emisiones producidas por las antenas de telefonía móvil, y en general, las empleadas por los sistemas de radiocomunicación.

La ionización es un proceso mediante el cual los electrones son desplazados de los átomos y moléculas. Este proceso puede generar cambios moleculares capaces de dar lugar a lesiones en los tejidos biológicos incluyendo efectos en el material genético. Para que este proceso tenga lugar es necesaria la interacción con fotones de muy elevada energía, se requiere una frecuencia superior a 10^{16} Hz, los sistemas de telecomunicaciones no generan emisiones ionizantes, únicamente generan emisiones no ionizantes.

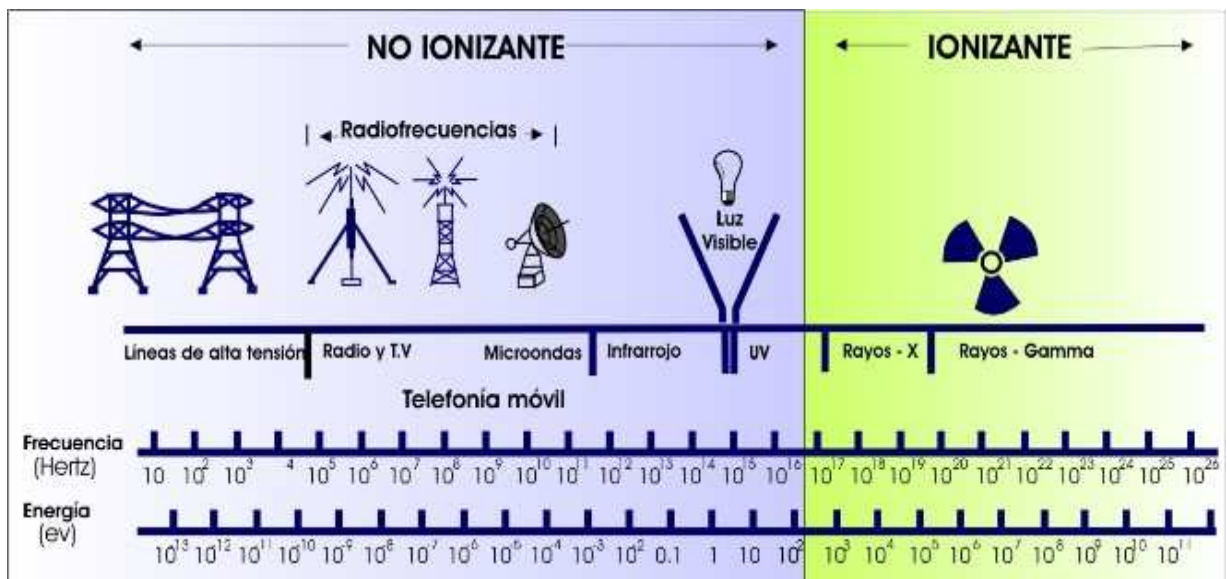


Figura 1: Ionizantes, no-ionizantes y bandas de frecuencia -energía para distintos usos.

Las frecuencias utilizadas por la telefonía móvil se incluyen en el rango de las llamadas microondas, abarcando entre los 900 y 2100 MHz. La telefonía móvil en España emplea las siguientes bandas de frecuencias:

GSM (Global System for Mobile): Emplea tecnología digital y trabaja a 900 MHz.

DCS (European Digital Communications System): semejante a GSM pero opera a la frecuencia de 1800 MHz.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): opera en la banda de los 2100 MHz y pertenece a la tercera generación de comunicaciones móviles.

LTE (Long Term Evolution): operará en la banda de los 2600 MHz, es la tecnología móvil de cuarta generación.

En los sistemas de comunicaciones móviles, las estaciones base emiten con la mínima potencia necesaria para evitar interferencias entre las distintas antenas y optimizar el consumo energético. Además el teléfono y la antena solo transmiten cuando hay conversación, suspendiéndose la comunicación en los periodos de silencio, con el objetivo de prolongar el tiempo de vida de las baterías de los terminales y optimizar recursos.

1.2. SEGURIDAD DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

Los efectos producidos por la exposición de las emisiones radioeléctricas han sido objeto de numerosos estudios. Las normativas actuales se basan, principalmente, en los estudios realizados con niveles altos de emisiones electromagnéticas, considerando únicamente los efectos térmicos. Estos efectos pueden producirse a determinadas frecuencias, niveles de emisión y modulaciones concretas.

El parámetro más empleado para medir los efectos térmicos producidos, es la Tasa de Absorción Específica (TAE o SAR), que se define como la potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal.



Figura 2: Tasa de absorción específica SAR

Para la valoración de los posibles efectos de los campos electromagnéticos sobre la salud y el cuerpo humano, se han tenido en cuenta el conjunto de las más de 3000 investigaciones profesionales publicadas. Principalmente se puede decir que los efectos comprobados bajo exposición a campos electromagnéticos usados por las telecomunicaciones, están relacionados, con la capacidad que tienen estas ondas de inducir corrientes eléctricas en los tejidos expuestos a dichas ondas, lo que se traduce en una elevación de la temperatura interna del cuerpo producida por las ondas. Si el incremento de la temperatura corporal no es severo, es decir mayor a 1°C, la sangre circulante es capaz de disipar el exceso moderado de calor. Los efectos de la telefonía móvil son los mismos que los de cualquier fuente de calor externa al ser humano.

Por lo tanto en este momento, los estudios epidemiológicos existentes no aportan evidencias científicas de que existan riesgos para la salud provocados por radiofrecuencias y microondas, por lo que el cumplimiento de las restricciones básicas y los niveles de referencia establecidos en la normativa vigente se consideran suficientes para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos.

A partir de la relación entre la SAR y el nivel de densidad de potencia del campo electromagnético, las normativas fijan los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, utilizando unos factores de seguridad muy elevados sobre los niveles para los que aparecen los efectos biológicos señalados anteriormente.

1.3. LÍMITES DE EXPOSICIÓN

Los estándares en la normativa que especifican límites para la exposición a los campos electromagnéticos han sido desarrollados por grupos de expertos, que han analizado y evaluado numerosos estudios científicos sobre los efectos biológicos de los campos electromagnéticos en el ser humano, identificando los niveles de exposición para los que se pueden observar estos efectos en las personas. Todas las recomendaciones incorporan un factor de seguridad sobre estos valores para establecer los límites para la exposición a campos electromagnéticos con objeto de tener un margen de seguridad alto sobre los distintos aspectos que pueden influir en las exposiciones, como las condiciones ambientales presentes, la posible mayor sensibilidad térmica de ciertos grupos de población, como ancianos, niños y enfermos.

La mayoría de los trabajos especifican dos tipos de límites, según el carácter de la exposición:

- Exposición controlada u ocupacional: los sujetos son conscientes de la exposición, pueden ejercer control sobre la misma y tomar las precauciones de seguridad necesarias.
- Exposición no controlada: es la exposición del público en general, que no es consciente de su exposición a campos electromagnéticos.

Los factores de seguridad suelen ser de 10 veces para la exposición ocupacional y de 50 veces para la exposición del público en general. Se definen dos tipos de restricciones:

- Restricciones básicas: son los niveles de exposición a los campos electromagnéticos para los que se pueden observar efectos térmicos en las personas. Se expresan en términos de la densidad de corriente en la cabeza y el tronco, y de la SAR media en todo el cuerpo y la SAR localizada (extremidades).
- Niveles de referencia: son los niveles, en términos de la intensidad de campo eléctrico, la intensidad de campo magnético y la densidad de potencia, utilizados

para realizar las medidas experimentales y verificar que se cumplen las restricciones básicas.

El cumplimiento de los niveles de referencia asegura el cumplimiento de las restricciones básicas, pero no lo contrario.

1.4. NORMATIVA VIGENTE

A nivel nacional, la normativa en materia de emisiones radioeléctricas está contenida en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de Septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las mismas. La orden CTE /23/2002, de 11 de Enero por la que se establecen condiciones de presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, como desarrollo de lo establecido en la Ley 23/2003, de 3 de Noviembre, General de Telecomunicaciones.

Asimismo, algunas Comunidades Autónomas y diversos Ayuntamientos han desarrollado sus propias normativas que complementan las disposiciones contenidas en la legislación estatal.

1.4.1. REAL DECRETO 1066/2001

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de Septiembre, desarrolla el articulado de la Ley 11/1998, de 24 de Abril, General de Telecomunicaciones, posteriormente sustituida por la Ley 23/2003, regulando el despliegue de las instalaciones radioeléctricas y estableciendo unos criterios de protección de la salud pública.

A continuación, un resumen del Real Decreto 1066/2001:

- Capítulo 1: Presenta el objeto del Reglamento así como su ámbito de aplicación.
- Capítulo 2: Establece las limitaciones y servidumbres a la propiedad para la protección de instalaciones radioeléctricas de dominio público.
- Capítulo 3: Marca los límites de exposición para la protección sanitaria y evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas.
- Capítulo 4: Detalla los procedimientos de autorización e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición.
- Capítulo 5: Se presentan otras disposiciones, tales como restricciones adicionales a los niveles de emisión. Condiciones a los equipos y aparatos que forman las redes de comunicación y donde se establece el régimen sancionador.
- Anexo I: Se establecen las limitaciones y servidumbres de protección de determinadas instalaciones radioeléctricas.
- Anexo II: Se detallan los siguientes puntos: Magnitudes físicas que se emplean en el contexto de las emisiones radioeléctricas, Restricciones básicas y niveles de referencia.

Restricciones Básicas: Son restricciones a la exposición de los campos electromagnéticos basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Se utilizan en forma de tasa de absorción específica de energía SAR (W/Kg) y densidad de potencia S (W/m²). A efectos prácticos los valores definidos en las restricciones básicas no pueden ser comparados directamente con los resultados de las medidas realizadas en las estaciones por lo que se definen los niveles de referencia obtenidos a partir de las restricciones básicas.

Niveles de referencia: Sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. Si se cumplen los niveles de referencia, se asegura la satisfacción de las restricciones básicas. Si por el contrario el valor medido sobrepasa el nivel de referencia, debe efectuarse una evaluación detallada para ver si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μ T)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0-1 Hz		$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	$4 \cdot 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	$0,73/f$	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Tabla 1: Niveles de referencia según RD 1066/2001

La exposición ocupacional no está contemplada en el RD, sin embargo se adoptan las recomendaciones del ICNIRP sobre exposición laboral a campos electromagnéticos.

• **Exposición a fuentes con múltiples frecuencias.**

En el caso de exposición simultanea a campos de diferentes frecuencias, para el cumplimiento de las restricciones básicas deben considerarse los siguientes criterios relativos a los niveles de referencia. En relación con los efectos térmicos (a partir de 100 KHz) se deben aplicar las siguientes exigencias a los niveles de campo:

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{f>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (1)$$

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{150\text{KHz}} \left(\frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>150\text{KHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1 \quad (2)$$

donde:

- E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i .
- $E_{L,i}$ es el nivel de referencia de campo eléctrico.
- H_j es la densidad de campo magnético a la frecuencia j .
- $H_{L,j}$ es el nivel de referencia de campo magnético.
- $c=87/f^{1/2}$ (V/m) y $d=0.73/f$ (A/m), donde f está expresada en Mhz.

1.4.2. ORDEN CTE/23/2002

La Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de Enero, desarrolla el Real Decreto 1066/2001 visto anteriormente, regulando las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a presentar por los operadores de servicios de radiocomunicaciones. Los puntos más significativos de la presente Orden se resumen a continuación:

Tipología de las estaciones radioeléctricas.

Según la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) y de la ubicación de las estaciones radioeléctricas se distinguen 5 tipos:

- ER1: Estaciones en suelo urbano con PIRE > 10 W. Macro Urbana.
- ER2: Estaciones en suelo urbano con PIRE < 10 W. Micro Urbana.
- ER3: Estaciones en suelo no urbano con PIRE > 10 W. En cuyo entorno existan áreas con presencia habitual de personas. Macro Rural.
- ER4: Estaciones en suelo no urbano con PIRE < 10 W. En cuyo entorno existan áreas con presencia habitual de personas. Micro Rural.
- ER5: Estaciones rurales aisladas, es decir, situadas en suelo no urbano y en cuyo entorno no permanezcan habitualmente personas.

Solicitud de autorización de estaciones radioeléctricas y certificación anual.

Los operadores que establezcan nuevas redes que den soporte a servicios de radiodifusión, deben presentar ante el MITYC, un proyecto técnico más detallado según el formato y estructura del Anexo I de la orden CTE/23/2002 incluyendo:

- Características técnicas de la estación y planos del entorno donde se ubica. Si las estaciones son del tipo ER1 o ER3 se debe incluir en los planos el cálculo del volumen de referencia, de modo que en el exterior del volumen no se superan los niveles de referencia. Si el volumen de referencia incide sobre zonas con presencia habitual de personas se debe incluir el vallado que restrinja el acceso de personal no cualificado a la zona. Para las estaciones situadas en entornos urbanos ya sean del tipo ER1 o ER2 se deben incluir en los planos los espacios sensibles situados a menos de 100 metros tales como escuelas, hospitales, parques públicos etc.
- Valores de los niveles de emisión radioeléctrica, en los puntos que se considere más desfavorables. Si la estación es del tipo ER5 solo será necesaria la medición de los niveles de exposición en el entorno de las estaciones, si el volumen de referencia incide en zonas con presencia habitual de personas.

En lo referente a la certificación anual, se deberá remitir al MITYC, durante primer trimestre de cada año natural, una certificación, según el formato y estructura del Anexo II de la Orden CTE/23/2002, emitida por técnico competente acreditando que se han respetado los límites de exposición establecidos durante el año anterior.

Para instalaciones radioeléctricas que compartan emplazamiento, se contempla la posibilidad de presentar proyectos conjuntos, tanto si son del mismo o de distintos operadores, siempre que se llegue a acuerdos para el intercambio de la información necesaria para la elaboración de los informes.

Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión.

Los informes de medida solicitados en las certificaciones anteriormente citados, han de realizarse de acuerdo con los procedimientos descritos en el anexo IV de la Orden CTE/23/2002 donde sus fases se describen a continuación:

- Fase previa a las mediciones:

En esta fase se recopila toda la información de la estación radioeléctrica bajo estudio y su entorno, identificando las zonas más sensibles donde puedan permanecer habitualmente personas, especialmente en la/s dirección/es de máxima radiación.

Según la distancia entre el punto donde se realiza la medida y la antena radiante puede considerarse zona de “campo cercano” o de “campo lejano”.

Si $f < 1$ GHz: $d > 3\lambda$ → Campo lejano

Si $f > 1$ GHz: $d > 2D^2 / \lambda$ → Campo lejano

Siendo D la máxima dimensión de la antena.

Tecnología	Máxima dimensión de la antena (m)	Long de onda λ (m)	Límite campo lejano (m)
FM 100 MHz	-	3	9,00
TV 700 MHz	-	0,43	1,29
GSM 900 MHz	-	0,33	0,99
DCS 1,8 GHz	1	0,167	11,98
UMTS 2,1 GHz	1	0,143	13,99

Tabla 2: Límite campo lejano según tecnología.

Si el punto de medida estuviese en “campo cercano” sería necesario medir ambas intensidades de campo, $E(V/m)$ y $H(A/m)$, a fin de comparar con los valores establecidos, para cada caso.

Si por el contrario el punto de medida se encontrase en “campo lejano”, solo sería necesario medir una de las magnitudes de intensidad de campo, deduciéndose la otra por las expresiones:

$$|E| = |H| \times Z_0 \quad |H| = |E| / Z_0 \quad \text{Donde } Z_0 = 120 \pi \Omega = 377 \Omega$$

Se comprobará el estado del equipo de medida realizando la puesta a 0, si este lo requiere.

- Fase-1 de medida (vista rápida del ambiente radio eléctrico):

Para esta fase inicial se emplea un equipo de medida de banda ancha con sondas isotrópicas. Se realiza un recorrido en el entorno de la estación accesible al público tomando medidas instantáneas para identificar los puntos de máxima exposición.

Una vez identificados se realizarán las medidas tomando muestras (una por segundo) durante 6 minutos y al concluir se almacenarán y anotarán los valores RMS obtenidos.

Los resultados obtenidos en el proceso de medida, deberán compararse con los “niveles de decisión”, que se establecen en 6 dB por debajo de los niveles de referencia.

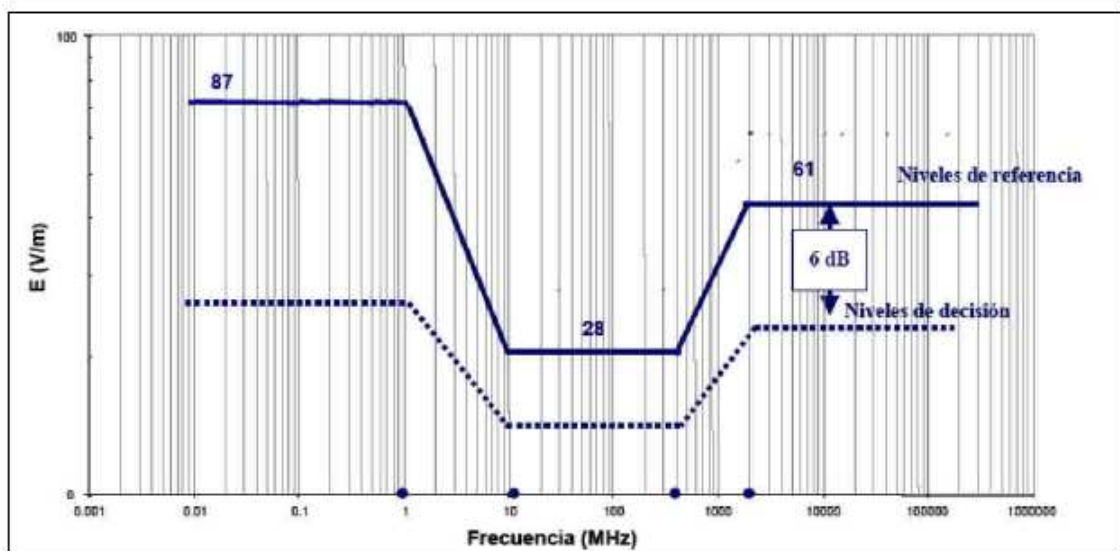


Figura 3: Niveles de referencia y decisión. Intensidad de campo eléctrico.

Donde para las frecuencias comúnmente empleadas en diferentes servicios:

Servicio	Sistema	f(MHz)	Nivel de referencia		Nivel de decisión	
			(V/m)	(W/m ²)	(V/m)	(W/m ²)
Radiodifusión	AM	0,5	87	-	43,5	-
		1,5	71,03	-	35,5	-
Radiodifusión	FM	100	28	2	14	0,5
TV Terrenal	UHF	470	29,8	2,35	14,9	0,59
		830	39,6	4,15	19,8	1,04
Telefonía móvil	TACS	450	29,2	2,25	14,6	0,56
Telefonía móvil	GSM	900	41,2	4,5	20,6	1,13
Telefonía móvil	DCS	1800	58,3	9	29,2	2,25
Telefonía móvil	UMTS	2000	61	10	30,5	2,5
Telefonía fija inalámbrica	LMDS	3500	61	10	30,5	2,5
		26000	61	10	30,5	2,5

Tabla 3: Niveles de referencia y decisión Intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia para diferentes servicios.

Si para todos los puntos de medida los niveles obtenidos fuesen inferiores a los niveles de decisión, podrá considerarse, el sistema radioeléctrico o la zona en estudio, adaptado a las exigencias del RD 1066/2001, y en consecuencia no sería necesario realizar mediciones adicionales en fases posteriores.

Si por el contrario el nivel detectado en algún punto de medida excede el nivel de decisión deberá procederse a la realización de las mediciones en Fase-2.

Si algún punto de medida se encuentra inmerso en la zona de campo cercano, deberá procederse a la realización de las mediciones en Fase-3.

- **Fase-2 de medida:**

En esta fase se realizan medidas selectivas en frecuencia, en banda estrecha, empleando para ello un analizador de espectro, una antena de características radioeléctricas definidas y un cable de atenuación conocida. Son medidas más precisas, pero requieren un mayor tiempo para realizar la medida.

Las medidas se realizarán en la banda de frecuencias comprendida entre 9 KHz y 3 GHz y consistirán en determinar todas las componentes espectrales significativas (las que superen el nivel de 40 dB por debajo de los valores de referencia), buscando para cada una de ellas el peor caso. Si las fuentes emisoras se encuentran operando fuera de este rango de frecuencias se empleará la Fase-3 de medida.

Si para cada punto de medida y considerando la suma de todas las componentes se cumplen los valores establecidos, se considerará que la estación está adaptada al RD 1066/2001.

Si por el contrario el nivel medido para alguna de las componentes a considerar excede el nivel de referencia se empleará la Fase-3 de medida.

- **Fase-3 de medida:**

En esta fase se ha de tener en cuenta cualquier otra fuente que por sus características requiera un análisis especial (p.e. emisiones pulsantes tipo radar). Es la fase de medida más compleja proporcionando la mayor exactitud. Se aplica en aquellas los siguientes casos:

- a) No sea posible realizar medidas en “campo lejano”.
- b) Las fuentes emisoras se encuentren operando fuera del rango de frecuencias de la Fase-2, es decir, señales de frecuencia inferior a 9 KHz o superior a 3 GHz
- c) Existan fuentes incapaces de cumplir con la Fase-1 y 2.

Para confeccionar los informes de medidas se siguen los modelos facilitados en el Anexo IV de la Orden CTE/23/2002. Existen 2 modelos. El modelo 1 se emplea para las mediciones realizadas en Fase-1 y el Modelo 2 para Fase-2 y 3.

1.4.3. DIRECTIVA 2004/40/CE

Establece disposiciones mínimas en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y seguridad derivados de la exposición de campos electromagnéticos (0 Hz-300 GHz).

- Contempla los efectos negativos a corto plazo conocidos en el cuerpo humano producidos por la circulación de corrientes inducidas, por la absorción de energía y por las corrientes de contacto.
- No se abordan posibles efectos a largo plazo, incluidos los posibles efectos carcinógenos de la exposición a campos electromagnéticos por no existir pruebas concluyentes que establezcan una relación de causalidad.

Se establecen valores límite de exposición significativamente más elevados que las restricciones básicas y los niveles de referencia de la normativa para la protección de la salud del público en general.

2. ANÁLISIS PREVIO A LA CERTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE

El reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, aprobado mediante el Real Decreto 1066/2001 dispone que los operadores que establezcan redes de radiodifusión elaborarán un estudio detallado, realizado por un técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones emisoras, en las que puedan permanecer habitualmente personas.

Adicionalmente, el mencionado Reglamento dispone que los titulares de licencias de operadores móviles deban remitir al Ministerio de Ciencia y Tecnología, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación que corrobore que se han respetado, durante el año anterior, los límites de exposición establecidos.

La orden CTE/23/2002, del 11 de enero, se realizó para establecer las condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones. Tiene por objeto regular las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a los que se hace referencia en el Real Decreto 1066/2001.

2.1. MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE MEDIDAS RADIOELÉCTRICAS

Como se verá en el próximo punto, existen tres fases de medida diferentes, las cuales son consecutivas, con lo que se realizará la segunda o la tercera siempre que la primera no cumpla con la normativa.

Estas medidas se deben realizar con equipos diferentes que sean capaces de diferenciar bandas de frecuencia o realizar medidas teniendo en cuenta todo el espectro. De este modo se diferenciarán medidas de banda ancha y medidas de banda estrecha.

2.1.1. MEDIDAS DE BANDA ANCHA (FASE-1)

Estos equipos tendrán en cuenta la potencia radioeléctrica de todo el espectro. Para realizarlas se necesitará un medidor de campo junto con una sonda isotrópica, todo ello soportado por un mástil de madera o cualquier otro material que no pueda influir en la medida.

Estos equipos de medida de Banda Ancha permiten realizar medidas precisas de campos electromagnéticos, de forma sencilla y bajo diferentes condiciones de trabajo. Se componen de una unidad de procesamiento de medidas, encargada de analizar y almacenar los valores obtenidos por la sonda, y de una sonda isotrópica, capaz de captar el valor del campo con independencia de la orientación, y que define la banda de frecuencias en la que trabaja.

En la mayoría de los casos, los campos electromagnéticos son el resultado de los campos generados por diversas fuentes, de modo que para determinar de forma correcta el nivel de exposición de un punto, es necesario disponer de instrumentos capaces de medir con independencia de la orientación en la que se sitúen. La solución que aportan las sondas isotrópicas es incluir tres sensores orientados según los ejes X, Y, Z; y de estos obtener las medidas de las tres direcciones por separado. Los tres valores obtenidos se suman de forma cuadrática en la unidad de procesamiento. Además los equipos permiten el calibrado de los tres sensores de forma independiente, lo que supone alcanzar unas condiciones de linealidad que no se logran con la suma analógica convencional. Esto elimina la dependencia cuadrática característica de los sensores, y hace posible realizar medidas de campos con fuertes variaciones del nivel de intensidad sin necesidad de cambiar la sonda.

Los modelos de los equipos utilizados en las certificaciones reales realizadas en este PFC es el equipo de medida NARDA, modelo NBM550, y la sonda, del mismo fabricante, modelo EF0391.

Para este tipo de medida de la Fase 1 se han utilizado los siguientes aparatos:

El NBM-550 de la serie NARDA es uno de los equipos de medición de radiaciones no ionizantes más preciso de los disponibles en el mercado. Ofrece la más amplia cobertura de frecuencia de los campos eléctrico y magnético. Ambas sondas presentan una respuesta plana y superan las pruebas de las normas internacionales que están vigentes. Todas las sondas NBM tienen una memoria no volátil que contiene los parámetros del dispositivo y los datos de calibración. Las sondas se calibran de forma independiente del medidor. Cualquier sonda NBM se puede usar con cualquier medidor de la serie NBM-550 y sigue estando calibrado.



Figura 4. Equipo de banda ancha NARDA



Figura 5. Equipo de banda ancha NARDA con sonda

2.1.2. MEDIDAS DE BANDA ESTRECHA (FASE-2 Y FASE 3)

Para las medidas de banda estrecha, existen diversos equipos, como pueden ser analizadores de espectro o receptores EMI. Todos ellos deberán estar conectados a una antena de gran directividad donde sus características radioeléctricas estén bien definidas (polarización, impedancia de entrada, ganancia y atenuación).

Los analizadores de espectro permiten realizar medidas en detalle caracterizando cada componente espectral. Este tipo de equipos tienen una mayor sensibilidad y son capaces de medir con gran precisión, pero necesitan de un mayor tiempo para realizar la medida.

Un receptor EMI es un tipo especial de analizador de espectro que consta de un preselector de frecuencia a la entrada. De esta forma, es posible adecuar el nivel de atenuación en cada punto de medida y no en banda ancha, como hacen los analizadores de espectro habituales.

Para este tipo de medida de Fase 2 y Fase 3 se han utilizado los siguientes aparatos:

El analizador de espectro Agilent N9340 Spectrum Analyzer.



Figura 6. Analizador de espectro.

2.2. MEDIDAS PARA OBTENER CORRECTOS NIVELES DE DECISIÓN.

Como se ha explicado y mencionado en apartados anteriores, se deben tener en cuenta diversas variables para realizar una certificación radioeléctrica correctamente. Una de ellas son los niveles de decisión que se deben tomar para decidir si un emplazamiento está dentro del Reglamento, ya que dependiendo de las tecnologías instaladas en el emplazamiento puede variar. Estos niveles de decisión son el parámetro más importante y el que determina si una estación radioeléctrica puede seguir en funcionamiento ya que no supera los límites legales.

Para realizar un buen estudio, se deberá tener información completa del emplazamiento donde se está realizando la certificación. Saber si en el mismo emplazamiento está dando servicio alguna otra tecnología, del mismo y otro operador, así como todos los datos de la nueva estación que se va a instalar (Tecnología, potencia de radiación, tipo de antena, orientaciones, etc.).

2.2.1. NIVELES DE DECISIÓN.

Los niveles de decisión, llamados así porque deben marcar la pauta para saber cuándo deberá llevarse a cabo una medición de los niveles de emisión en Fase-2 o Fase-3, es decir, con indicación de las diferentes componentes espectrales dentro de una determinada banda de frecuencias, están establecidos con valores 6 dB inferiores a los niveles de referencia señalados en el RD 1066/2001, en función de la frecuencia.

Una vez obtenido el valor final de la medida, se pueden tener tres casos:

1. Si el nivel total de exposición electromagnética obtenido está por encima del nivel de decisión de Fase 1, el emplazamiento se debe validar por medio de una medida más precisa pasando a la realización de la Fase 2.

2. Si el nivel total de exposición electromagnética obtenido está por debajo del nivel de decisión de Fase-1, se puede considerar que el sistema radioeléctrico o la zona en estudio están adaptados a las exigencias del Reglamento vigente.
3. Existen emplazamientos donde el nivel medio estará por debajo de la sensibilidad del equipos, en este caso, evidentemente, se puede validar el emplazamiento, pero si se necesita un nivel medio (por una causa bien justificada) se obtendrá mediante la Fase-2 con diferente equipo de medida, el cual tiene más sensibilidad que el de la Fase-1.

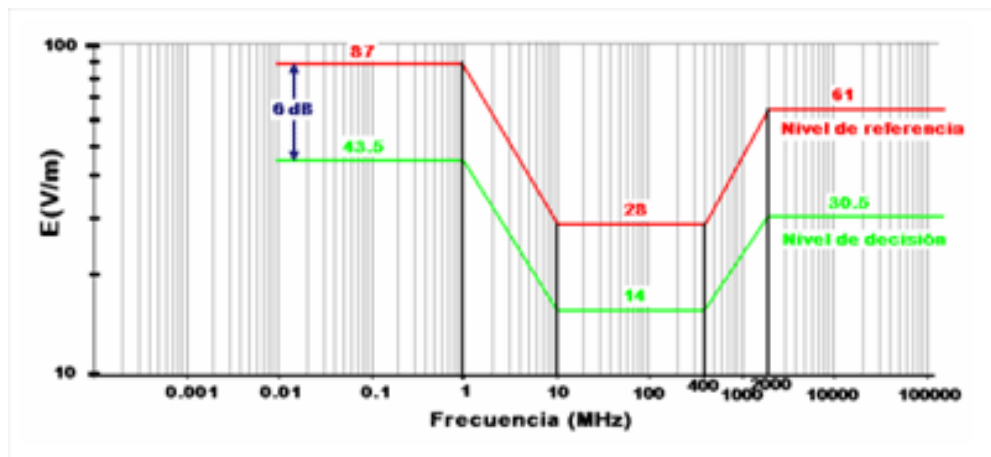


Figura 7. Niveles de decisión.

Si tomamos en consideración determinadas bandas de frecuencias en las que operan determinados servicios de radiocomunicaciones, dentro del espectro radioeléctrico completo, y asociando dentro de dichas bandas lo que pudiera denominarse “frecuencias significativas de trabajo” para los citados servicios (servicios de radiodifusión FM, servicios de telefonía móvil GSM, DCS, UMTS, servicio punto multipunto LMDS, etc.), podríamos establecer los valores de referencia y por tanto los valores de decisión para las frecuencias.

Servicio		Frecuencia significativa de trabajo	Valor de referencia		Valor de decisión	
			(V/m)	(W/m ²)	(V/m)	(W/m ²)
Radiodifusión	FM	100 MHz	28	2	14	0.5
Telefonía móvil	GSM	900 MHz	41.25	4.5	20.63	1.13
	DCS	1800 MHz	58.34	9	29.17	2.25
	UMTS	2000 MHz	61	10	30.5	2.5
LMDS	Banda inferior	3400 MHz	61	10	30.5	2.5
	Banda superior	26000 MHz	61	10	30.5	2.5

Tabla 4: Valores de decisión.

Se puede observar que la parte más restrictiva del espectro, en lo referente a niveles de referencia y a niveles de decisión corresponde a la banda de frecuencias 10-400 MHz, en la que están insertos servicios de radiodifusión (FM o TV) que, ocasionalmente, pueden radiar grandes potencias en el ambiente.

La polémica surge ante la distinta interpretación que pueda hacerse de la siguiente cuestión, ¿Qué nivel de decisión debe ser tenido en cuenta cuando se hace una medida con una sonda que acumula emisiones en todo el espectro (banda ancha), para decidir si se deben realizar mediciones en Fase-2, o no?

Desde un punto de vista puramente teórico, el análisis del ambiente radioeléctrico con mediciones de los niveles de emisiones por medio de sondas de amplio espectro en un determinado emplazamiento debería guiarse, en lo referente a los niveles de decisión, por los valores más restrictivos para dichos niveles en todo el espectro radioeléctrico, es decir, 14 (V/m) o 0.5 (W/m²) según las unidades en las que se esté midiendo. De manera que si se obtuvieran valores, en las medidas del referido ambiente radioeléctrico de un determinado emplazamiento, superiores a los señalados, se estaría obligando a realizar mediciones en Fase-2.

Ahora bien, la aplicación estricta de este criterio pudiera conducir a la exigencia de realización de mediciones en Fase-2, a operadores de estaciones de telefonía móvil o LMDS que operan en bandas de frecuencia con mucha menor restricción en cuanto a niveles de referencia que las bandas de radiodifusión, debiendo asumir las restricciones de estas últimas.

2.2.2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS.

La experiencia acumulada en mediciones de niveles de emisiones radioeléctricas, particularmente en el campo de la telefonía móvil, muestra que, para estos servicios, se encuentran niveles extraordinariamente más bajos que los niveles de referencia que les corresponden por su frecuencia de trabajo.

Por ello, se introduce la contribución ponderada de las emisiones al conjunto global. Esto hace referencia a que cada estación radioeléctrica nueva que se instale, aportará su parte al ambiente global radioeléctrico ponderada sobre sus niveles de referencia correspondientes, según su frecuencia significativa de trabajo.

Por ejemplo, cuando una estación de telefonía móvil DCS nueva sea instalada, la práctica totalidad de sus componentes espectrales estarán alrededor de su frecuencia significativa de trabajo, 1800 MHz, siendo estas componentes generalmente mucho menores que las de otros servicios, como pueden ser, los de radiodifusión.

En consecuencia las contribuciones de los servicios de bandas de frecuencias elevadas, que tienen niveles de referencia menos restrictivos, son prácticamente insignificantes, frente a los servicios de radiodifusión para los que la mayor restricción de sus niveles de referencia les hace pesar mucho más en el denominado ambiente global radioeléctrico.

2.2.3. CRITERIOS EN LOS NIVELES DE DECISIÓN.

Por todos estos motivos se han establecido unos criterios, que deben ser cumplidos por parte de los operadores y otros criterios a cumplir por parte de la administración, para controlar una buena medición de los niveles de radiación.

1. Criterios para cumplimiento por parte de los operados.

A la hora de confeccionar la certificación tipo A que acompañará a la solicitud de autorización de una nueva estación, y en todos los casos en los que se deban reflejarse mediciones en Fase-1, los niveles de decisión que deberán ser tenidos en cuenta, para decidir si han de ser realizadas mediciones en Fase-2, serán los más restrictivos que correspondan a los diferentes servicios instalados en el emplazamiento de la nueva estación.

Si no existieran Servicios de Radiocomunicaciones, los niveles de decisión que deberán ser tenidos en cuenta serán los más restrictivos que correspondan a los servicios que el operador va a instalar.

De igual modo, si los niveles de decisión correspondientes a los servicios que el operador va a instalar son menores que los más restrictivos que correspondan a los diferentes servicios instalados en el emplazamiento, serán estos primeros los que prevalecerán.

2. Criterios para cumplimiento por parte de la administración.

Habida cuenta de la responsabilidad que tiene la administración para garantizar la no superación de los niveles de referencia en los niveles de emisiones en aquellos puntos en los que puedan permanecer habitualmente personas, cuando los servicios de inspección o de comprobación técnica detecten niveles de emisiones, en medidas de Fase-1, superiores a los más restrictivos (14 V/m o $0,5 \text{ W/m}^2$), para cualquier emplazamiento independientemente del servicio de que se trate, se llevarán a cabo mediciones en Fase-2, y se identificarán a las emisiones causantes de estos valores, procediendo en cada caso, según corresponda, a los efectos de aplicación de régimen sancionador.

3. Elección del nivel de decisión.

Para establecer los valores correspondientes, siguiendo el criterio de niveles de decisión, para cumplimiento de los operadores se necesita conocer, por un lado, el sistema para los que se presenta el estudio, y por otro, las antenas de este operador, u otros, presentes en el emplazamiento.

Conviene especificar que, en caso de que se use un mismo estudio radioeléctrico para la integración de varios sistemas simultáneamente, comúnmente conocido como proyecto conjunto, se usará el sistema más restrictivo de los que el operador integre en esa obra conjunta.

2.3. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE REFERENCIA.

Para las estaciones tipo ER1 y ER3, se calculará un volumen de referencia en forma de paralelepípedo u otra forma geométrica adecuada, que tenga en cuenta los niveles de emisión radioeléctrica preexistentes en el entorno de la estación, aplicando, según sea el caso, las hipótesis de campo cercano o campo lejano, y con los factores de reflexión que resulten adecuados al emplazamiento, de manera que en el exterior al volumen no se superen los niveles de exposición contenidos en el anexo II del Reglamento que establece restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las mismas. Dicho volumen se representará integrado en los planos de disposición de la estación.

En su caso, se mostrará la señalización y, si procede, el vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona comprendida dentro del volumen de referencia.

2.3.1. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE REFERENCIA.

Para estos sistemas, una superficie de protección fácil de calcular es el paralelepípedo que contiene a la superficie límite. Para los sistemas que estamos considerando viene definido por los siguientes factores:

- Profundidad en la dirección de radiación: L_{m1}
- Profundidad en la dirección opuesta: L_{m2}
- Anchura: L_H
- Altura hacia arriba: L_{V1}
- Altura hacia abajo: L_{V2}

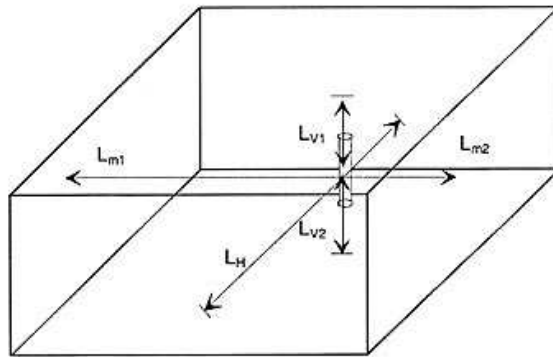


Figura 8. Paralelepípedo de referencia

Su cálculo es inmediato a partir del diagrama de radiación de la antena. Para ello, se determinan, numérica o gráficamente, los ángulos, θ_H , θ_A , θ_{V1} y θ_{V2} en que la proyección sobre el eje del corte correspondiente del diagrama de radiación es máxima. Las expresiones a utilizar son:

$$L_{m1} = D_{max}$$

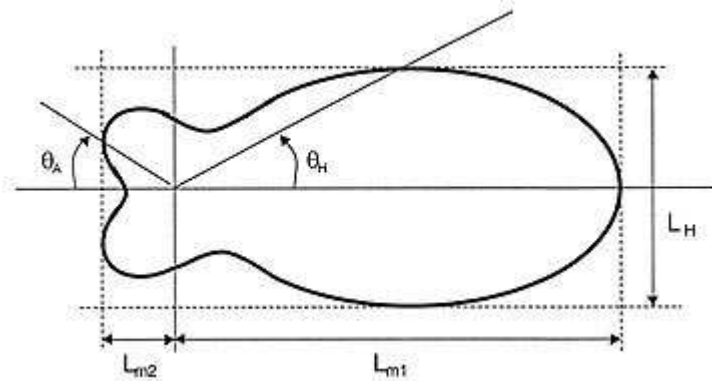
$$L_{m2} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_A)} \cdot \cos(\theta_A)$$

$$L_H = 2 \cdot D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_H)} \cdot \sin(\theta_H)$$

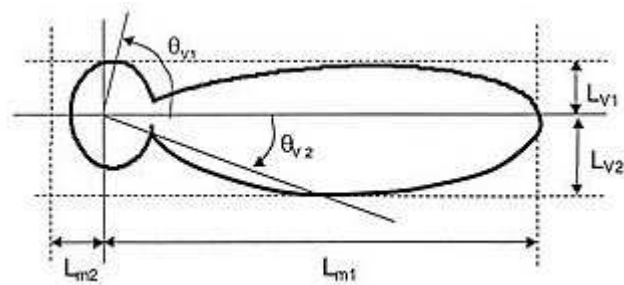
$$L_{r1} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_{r1}) \cdot \sin(\theta_{r1})}$$

$$L_{r2} = D_{max} \cdot \sqrt{G(\theta_{r2}) \cdot \sin(\theta_{r2})}$$

Siendo D_{max} la distancia de referencia y $G(\theta)$ la ganancia de potencia de la antena normalizada.



a) Corte en el plano horizontal



b) Corte en el plano vertical

Hay que resaltar que este diagrama de radiación sobre el que se calcula el paralelepípedo debe estar normalizado a la ganancia máxima de la antena y ser un diagrama lineal, no en dB.

No obstante, puede utilizarse el diagrama de radiación en dB. Para las antenas examinadas, los errores cometidos no son significativos.

El cálculo de la distancia de referencia (D_{max}) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$D_{max} = \left[\frac{PIRE}{4\pi \cdot S_{max}} \right]^{1/2}$$

Siendo S_{max} la densidad de potencia máxima permitida a la frecuencia de trabajo.

En el caso de que existan reflectores en el haz principal cerca de la antena, se puede utilizar una expresión más conservadora que considere las posibles reflexiones sobre el mismo:

$$D_{max} = \left[\frac{M \cdot PIRE}{4\pi \cdot S_{max}} \right]^{1/2}$$

Donde:

M:

- Es 4 si se considera la reflexión total de un rayo.
- Es 2,56 si se consideran las condiciones de reflexión típicas.
- Es 1 si no se considera ninguna reflexión.

PIRE: es el producto de $P_{MAX} \cdot G(\theta, \Phi)$.

P_{MAX} : es la potencia máxima de transmisión.

$G(\theta, \Phi)$: es la ganancia de la antena.

S_{MAX} : es la densidad de potencia máxima permitida para las frecuencias de trabajo.

Nótese que las expresiones anteriores suponen que $D_{\max}$ es suficientemente elevado como para que se pueda suponer que se está en condiciones de campo lejano. Si la PIRE es baja puede ocurrir que el límite de exposición se alcance en un punto muy próximo a la antena, en el que aún no se haya formado el frente de ondas característico de dicha situación. En este caso puede definirse $D_{\max}$ por caracterización experimental o por estimaciones teóricas basadas en simulaciones electromagnéticas.

Una vez calculados los valores de los parámetros anteriores, las dimensiones del paralelepípedo se establecerán a partir de las dimensiones físicas de las antenas.

De esta forma se garantiza que el paralelepípedo de referencia contiene a la antena.

El paralelepípedo se orientará según la máxima radiación de la antena en horizontal y teniendo en cuenta la vertical.

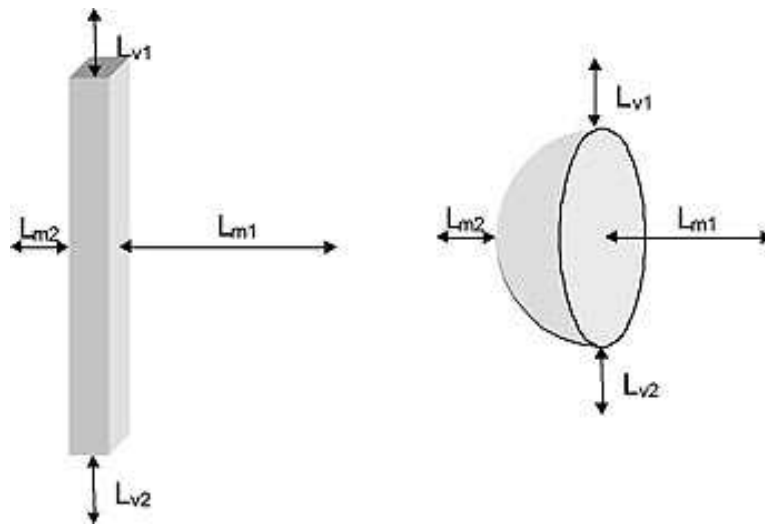


Figura 9. Construcción del paralelepípedo de referencia para dos antenas distintas.

3. UMTS.

UMTS, siglas que en inglés hace referencia a los Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de “tercera generación” de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), y lo que se explica más adelante sobre UMTS y los servicios UMTS es igualmente válido para otros miembros de la familia IMT-2000 (norma de telefonía móvil para 3G).

UMTS ha tenido un papel principal en la creación del mercado masivo para las comunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanza a 2000 millones de usuarios en todo el mundo.

UMTS ha extendido la tecnología móvil y sigue haciéndolo aún con la reciente aparición de la tecnología LTE o 4G, que es la cuarta generación.

3.1. SERVICIOS DE UMTS.

Es un servicio apropiado para una variedad de múltiples usuarios y tipos de servicios, UMTS ofrece:

- Facilidad de uso y costes bajos
Los clientes quieren ante todo servicios útiles, terminales simples de manejar y una buena relación calidad precio.
- Servicios de voz y datos
Servicios de voz de alta calidad, junto con servicios de datos e información de calidad y cada vez de más capacidad puesto que la demanda es exponencial.
- Acceso y velocidad de transmisión de datos de hasta 2 Mbit/s y soporte de IP.

- Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos.
Utiliza la tecnología de conmutación de circuitos para la transferencia de datos. GPRS (Servicios de Radiotransmisión de Paquetes de Datos Generales), es una extensión de GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), ofrece una capacidad de conmutación de paquetes de datos de velocidades bajas y medias. UMTS integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad, a los beneficios de conectividad virtual a la red en todo momento y formas de facturación alternativas.
UMTS también ha sido diseñado para ofrecer velocidad de transmisión de datos a pedido, lo que combinado con la transmisión de paquetes de datos, hará que el funcionamiento del sistema resulte mucho más económico.
- Entorno de servicios amigable y consistente.
Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un abonado particular experimentará así un conjunto consistente de “sensaciones” como si estuviera en su propia red local (“Entorno de Hogar Virtual” o VHE).
- Acceso Radio
UTRA, el sistema de acceso radioeléctrico de UMTS, soporta las operaciones con una alta eficiencia espectral y calidad de servicio. Posiblemente los terminales UMTS no puedan operar en todo momento a las velocidades más altas de transmisión de datos, y en áreas alejadas o excesivamente congestionadas los servicios del sistema pueden llegar a soportar solamente velocidades de transmisión de datos más bajas debido a limitaciones de propagación o por razones económicas.
Con el fin de permitir a los abonados usar siempre su terminal, los servicios son adaptables a diferentes disponibilidades de velocidad de transmisión de datos y otros parámetros de Calidad de Servicio (QoS). En las primeras etapas del despliegue de UMTS, la cobertura está siendo limitada. Por consiguiente, el sistema UMTS permite el roaming con otras redes, por ejemplo, un sistema GSM operado por el mismo operador o con otros sistemas GSM o de 3G de otros operadores, incluyendo los satélites compatibles con UMTS.

3.2. FRECUENCIAS.

De acuerdo con la resolución “WARC-92 frecuencias para IMT-2000” las bandas de 1885-2025 MHz y de 2110-2200 MHz están destinadas para el uso de UMTS, a nivel mundial, por los gobiernos. Este uso no excluye el uso de estas bandas por otros servicios.

A continuación se explica brevemente el uso de las diferentes bandas de frecuencias:

- 1920-1980 y 2110-2170 MHz Dúplex por División de Frecuencia (FDD, W-CDMA)
Emparejados los canales ascendentes y descendentes, cada canal tiene un ancho de banda de 5 MHz asignado y una separación entre canales de 200 KHz. Un operador necesita 3 ó 4 canales (2 x15 MHz o 2 x 20 MHz) para poder construir una red de alta velocidad y capacidad.
- 1900-1920 y 2010-2025 MHz Dúplex por División en el tiempo (TDD, TD/CDMA)
No emparejados, canales con un ancho de banda de 5 MHz y una separación de 200 KHz. La transmisión y recepción no están separados en frecuencia.
- 1980-2010 y 2170-2200 MHz, enlaces ascendente y descendente para comunicaciones vía Satélite.

La frecuencia portadora se designa por un UARFCN (ULTRA Absolute Radio Frequency Channel Number). La fórmula general que relaciona la frecuencia con el UARFCN es:

$$\text{UARFCN} = 5 * (\text{frequency in MHz})$$

3.3. CDMA.

A continuación se enumeran las principales características de la técnica de acceso CDMA:

ESQUEMA DE ACCESO:

Para el subsistema radio hay dos recursos: frecuencia y tiempo: División por frecuencia, de manera que a cada par de comunicaciones (ascendente / descendente) se le asigna parte del espectro para todo el tiempo, que da como resultado Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA). División por tiempo, de manera que a cada par de comunicaciones se le asigna parte del espectro para parte del tiempo, lo que resulta Acceso Múltiple por División en Tiempo (TDMA). En Acceso Múltiple por División en Código (CDMA), a todas las comunicaciones se les asignan el espectro entero para todo el espacio de tiempo, se basa en el uso de códigos para identificar las diferentes conexiones,

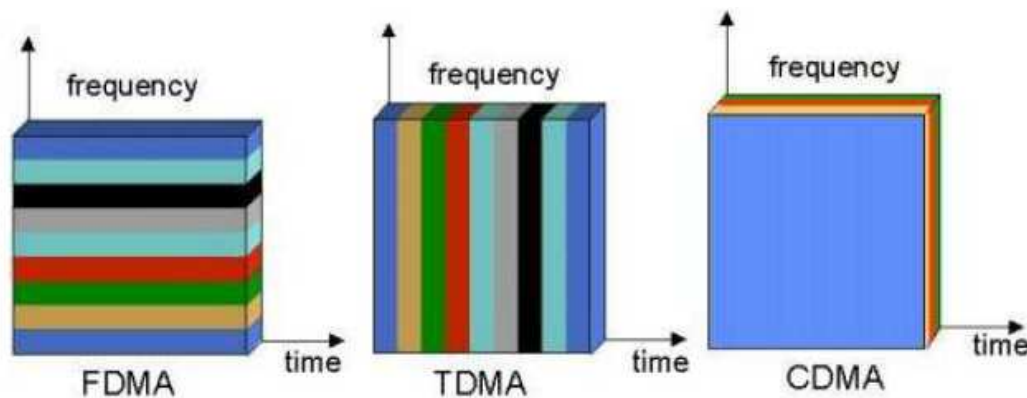


Figura 11: Esquemas de Acceso Múltiple

CODIFICACIÓN:

CDMA usa un código de ensanchado único para ensanchar los datos en banda base antes de la transmisión. La señal se transmite en un canal, la cual está bajo un nivel de ruido. El receptor usa un correlador para decodificar la señal de interés, la cual pasa a través de un estrecho filtro paso-banda. La señal no deseada no será decodificada y no pasará a través del filtro. Los códigos toman la forma de una cuidadosamente diseñada secuencia de unos o ceros producida a una tasa mucho mayor que en el caso de los datos en banda base. La tasa del código ensanchado se refiere tanto a la tasa de chip como a la tasa de bit.

CÓDIGOS:

Los códigos CDMA no son necesarios para proporcionar seguridad en la llamada, sin embargo es una manera de identificar la llamada. Los códigos no deben estar correlacionados con otros códigos o con versiones de si mismo desfasados en tiempo.

Los códigos de ensanchado son ruido, justo como los códigos pseudos-aleatorios. Los códigos de canal se diseñan con la máxima separación entre cada uno y los códigos de identificación de celda son ajustados para no ser correlativos a otros códigos de esos propios códigos.

EL PROCESADO DE ENSANCHADO:

Una señal de espectro ensanchado en secuencia directa (SS/DS-CDMA) se obtiene modulando la señal a transmitir con una señal pseudo-aleatoria de banda ancha (código de pseudo-ruido). El producto de estos dos factores da como resultado una señal de banda ancha. Un código de pseudos-ruido es una secuencia binaria representada con valores de 0's y 1's, que posee propiedades similares a las del ruido. Esto determina valores pequeños de correlación entre los códigos y la dificultad de bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

La dispersión de energía sobre una banda ancha, o rebajar la densidad espectral de potencia, hace que el sistema WCDMA genere señales menos probables para interferir con comunicaciones de banda estrecha, porque la potencia ensanchada de la señal está cerca de los niveles Gaussianos de ruido. Como ya se ha visto anteriormente, las comunicaciones de banda estrecha, ocasionan poca o ninguna interferencia en sistemas W-CDMA porque el receptor de correlación integra sobre un ancho de banda muy amplio para recuperar una señal W-CDMA.

El factor de ensanchado es el ratio entre los chips (UMTS=3,84 Mchips/s) y la información en banda base. Los factores de ensanchado varía entre 4 y 512 en FDD UMTS. La ganancia del proceso de ensanchado se puede expresar en dBs (por ejemplo el factor de ensanchado 128 corresponde con una ganancia de 21 dB).

CONTROL DE POTENCIA:

CDMA es un sistema de acceso múltiple limitado por las interferencias presentes, debido a que todos los usuarios transmiten en la misma frecuencia, las interferencias generadas por el sistema es el factor más significativo para determinar la capacidad del sistema y la calidad de la llamada.

La potencia de transmisión de cada usuario se debe reducir para limitar la interferencia, sin embargo, la potencia debe ser suficiente para mantener el nivel requerido de E_b/N_0 (relación señal a ruido) para realizar una llamada con suficiente calidad.

La capacidad máxima se alcanza cuando la relación E_b/N_0 se encuentra al mínimo nivel necesario para un rendimiento aceptable del canal. Como el MS se está moviendo, en entorno de RF cambia continuamente debido a rápidos y lentos desvanecimientos, interferencias externas, zonas de sombra y otros factores. El objetivo del control dinámico de potencia es limitar la potencia transmitida en ambos enlaces a la vez que se mantiene la calidad del enlace bajo todas las condiciones.

HANDOVER:

El Handover ocurre cuando una llamada tiene que ser traspasada de una celda a otra cuando el usuario se mueve entre varias celdas. En un tradicional handover, primero se termina la conexión con la primera celda y después se establece la conexión con la otra celda. Puesto que todas las celdas en CDMA usan la misma frecuencia, es posible establecer la conexión con la nueva celda antes de abandonar la celda actual. Esto es conocido como handover “suave”. Estos handovers necesitan menos potencia que los primeros, lo que reduce las interferencias e incrementa la capacidad de la red. El móvil puede estar conectado a más de dos BTS en el momento del handover. El handover “Softer” es un caso especial de handover suave donde el enlace radio que se añade y elimina pertenece al mismo nodo B.

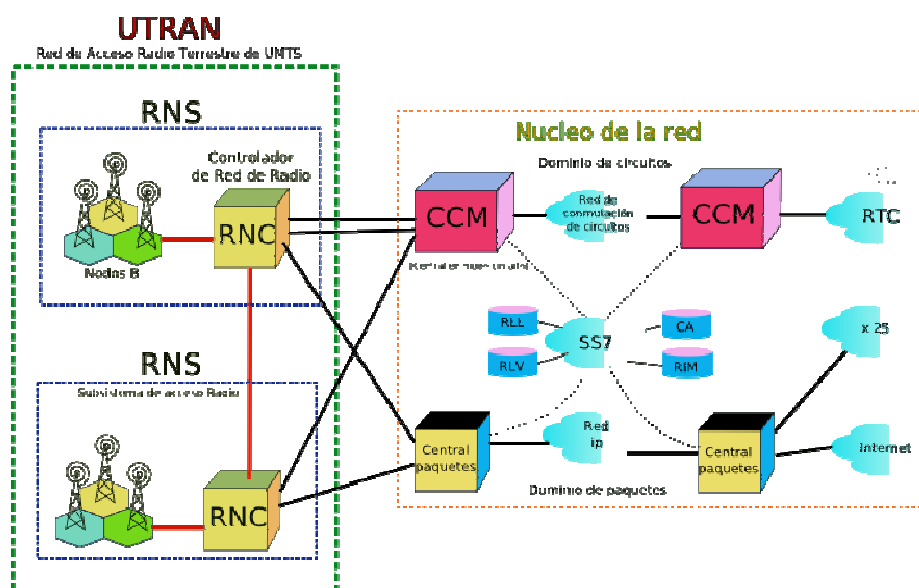
MULTITRAYECTO Y MULTIPLE RECEPTORES:

Una de las principales ventajas del sistema CDMA es la capacidad de usar las señales que legan al receptor con diferentes retrasos de tiempo. Este fenómeno se llama multitrayecto, FDMA y TDMA, los cuales son sistemas de banda estrecha y no puedes diferenciar entre las múltiples llegadas y recurren a la ecualización para mitigar los efectos negativos del multitrayecto. Sin embargo como CDMA es un sistema de banda ancha, utiliza las señales multitrayecto y las combina para crear una señal más potente en el receptor.

Los móviles CDMA utilizan un sistema de receptores múltiples. Esto es esencialmente un conjunto de varios receptores. Uno de los receptores está constantemente buscando diferentes multitrayectos para “alimentar” la información de los tres receptores. Entonces cada receptor demodula la señal correspondiente a un fuerte multitrayecto. Entonces se combinan los resultados para hacer una señal más potente.

3.4. ARQUITECTURA UMTS.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos principalmente, el UE o equipo de usuario, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y la red central. La interfaz Uu-interface se encuentra entre el UE y la red UTRAN, y entre ésta y la red central o Core Network se encuentra la interfaz Iu-interface. Cabe destacar que la interfaz entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDM, es decir, la conexión entre el equipo de usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA.



Arquitectura UMTS

Figura 12: Arquitectura UMTS

Si consideramos una arquitectura más detallada de la red de UMTS, podemos encontrar diferentes elementos como lo son el BSS, BTS, RNS, Nodo B, RNC, MSC, VLR, HLR entre otros, y diferentes interfaces como lo son: la interfaz lu, Uu, Iub y Iur entre otras, las cuales interconectan dichos elementos. Más adelante se explicarán más a detalle dichos elementos e interfaces con el objetivo de entender mejor las tramas de comunicación de WCDM.

Se explicarán los elementos más importantes en esta arquitectura, para después centrarse en la descripción de WCDMA como interfaz aérea de UMTS.

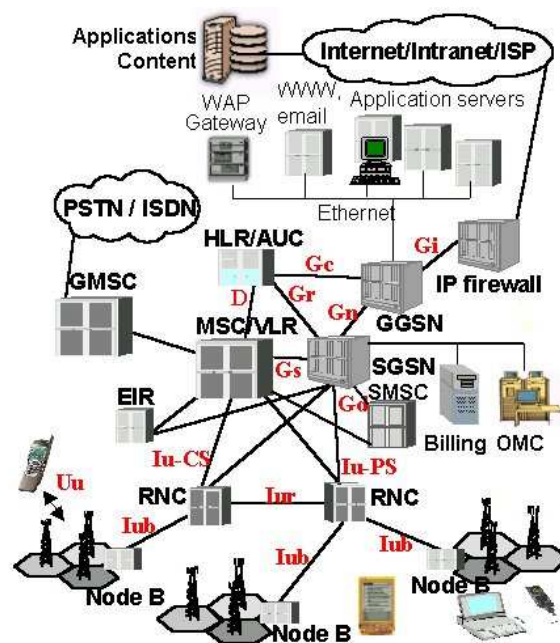


Figura 13: Arquitectura UMTS

3.4.1. EQUIPO DE USUARIO (UE).

El equipo de usuario o UE, también llamado móvil o terminal móvil, es el equipo físico que el usuario emplea para establecer la comunicación con una estación base en el momento que lo desee y en el lugar en donde exista cobertura. Este debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fué diseñado. Por ejemplo, si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS, debe ser capaz de acceder a la red UTRAN mediante la tecnología WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil, con la PSTN, ISDN o un sistema diferente como GSM de 2.5G, tanto para voz como para datos.

Para optimizar la infraestructura de GSM, se emplean equipos duales, es decir, que puedan acceder a ambas redes. Los equipos actuales pueden acceder tanto a GSM como a UMTS como a la red LTE.

3.4.2. INTERFAZ Uu.

La interfaz Uu se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN. Esta interfaz utiliza WCDMA.

3.4.3. RED DE ACCESO DE RADIO UMTS.

UTRAN es el nombre de la red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS. Tiene dos interfaces que lo conectan con la red central y con el equipo de usuario. la interfaz Iu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodo B (en UTRAN las estaciones base tienen el nombre de Nodo B). Ambos elementos juntos forman el RNS (Radio Network Subsystem).

Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz lub la cual se encuentra entre el Nodo B y el RNC y la interfaz lur que conecta a los RNC entre sí.

3.4.4. RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER).

El RNC controla a uno o varios Nodos B. El RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz luCS o con un SGSN mediante la interfaz luPs. La interfaz entre dos RNC's es lógica y es la interfaz lur por lo tanto, una conexión directa entre ellos no es necesario que exista. Si comparamos al RNC con la red de GSM, éste es comparable con el BTS (Base Station Controller).

Dentro de las funciones ejecutadas por el RNC están:

- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz lu.
- Control de los recursos lógicos O&M del Nodo B.
- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Combinación en la Macro diversidad y división de las tramas de datos transferidas sobre muchos Nodos B.
- Modificación del grupo activo de células lo que se traduce en un Soft Handover.
- Asignación de códigos de canalización en el enlace de bajada.
- Control de potencia de lazo abierto para el enlace de subida.
- Control de potencia para el enlace de bajada.
- Control de admisión.
- Manejo de los reportes.
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.

3.4.5. NODO B.

El nodo B es el equivalente en UMTS del BTS de GSM (Base Tranceiver Station). El Nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo las especificaciones hablan de una sola célula por Nodo B.

Dentro de las funciones ejecutadas por el Nodo B están:

- Implementación lógica del O&M.
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.
- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Combinación para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas al Nodo B.
- En el modo FDD, el control de potencia de lazo cerrado en el enlace de subida.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y a la información de la potencia en el enlace de bajada.

En el Nodo B se encuentra la capa física de la interfaz aérea, es por ella que además de las funciones que debe ejecutar por su naturaleza, debe realizar también las funciones propias de la capa 1.

3.4.6. INTERFAZ Iu.

Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS (URAN). Cabe mencionar que URAN es un concepto genérico y puede tener muchas implementaciones físicas. La primera a ser implementada es la red UTRAN, la cual utiliza a la tecnología de WCDMA como interfaz aérea.

Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz Iu puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de paquetes. En el caso de que sea conmutación

de paquetes, es la interfaz Iu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz Iu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central.

Dentro de las funciones de esta interfaz, también se encuentra el servir como enlace en BRAN (Broadband Radio Access Network). BRAN es otra implementación física al concepto genérico de UTRAN el cual conecta a la red central con la red de acceso de radio HIPERLAN2.

3.4.7. RED CENTRAL (CORE NETWORK).

La red central se encuentra formada por varios elementos. El MSC (pieza central en una red basada en conmutación en circuitos) y el SGSN (pieza central en una red basada en conmutación de paquetes).

3.4.8. MSC (MOBILE SWITCHING CENTER).

El MSC es la pieza central de una red basada en la conmutación de circuitos. El mismo MSC es usado tanto por el sistema GSM como por el sistema UMTS, es decir, la BSS de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que uno de los objetivos del 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red central de GSM/GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con la red PSTN, con el SGSN y con otros MSC's.

Las funciones principales del MSC son:

- Coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC.
- Asignación dinámica de recursos.
- Registro de ubicación.
- Funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes.

- Manejo de los procesos de Handover (especialmente del complejo proceso de Handover entre sistemas)
- Colectar los datos para el centro de facturación.
- Manejo de los parámetros para la encriptación.
- Intercambio de señalización entre diferentes interfaces.
- Manejo de la asignación de frecuencias en el área del MSC.
- Control y operación de la cancelación de eco.

En el MSC se realiza la última etapa del MM (Mobility Management) y del CM (Connection Management) en el protocolo de la interfaz aérea, así que el MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegar la responsabilidad a cualquier otro elemento de la red central.

En UTRAN, el desarrollo de todo el trabajo se centra en conservar las capas de administración en la movilidad (MM) y administración de la conectividad (CM) independientes de la tecnología de radio utilizada en la interfaz aérea. Esta idea se lleva a cabo en los conceptos AS y NAS. El AS (Access Stratum) es una entidad funcional de UTRAN que incluye los protocolos de acceso de radio entre el UE y la CN. El AS termina en UTRAN mientras que el NAS UTRAN es transparente ya que termina en la CN.

3.4.9. SGSN (SERVING GPRS SUPPORT NODE).

El SGSN es la pieza central en una red basada en la conmutación de paquetes. El SGSN se conecta con UTRAN mediante la interfaz lu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb.

El SGSN contiene la siguiente información:

- Información de subscripción.
- IMSI (International Mobile Subscriber Identity).
- Identificaciones temporales.
- Dirección PDP.
- Información de ubicación.

- La célula o el área en la que el móvil está registrado.
- Número VLR.

3.5. PARÁMETROS UMTS

MCC (Mobile Country Code): Es un dato que hace referencia al país en el que se encuentra el usuario en el instante de la medición (o para ser más exactos, el país en el que se ubica la estación base a la que el usuario está asociado en ese instante). El identificador MCC es un número de 3 dígitos decimales y es único para cada país en el mundo. Podemos ver a continuación unos ejemplos:

<u>País</u>	<u>MCC</u>	<u>País</u>	<u>MCC</u>
Alemania	262	India	404
Andorra	213	Irlanda	272
Australia	505	Italia	222
Austria	232	Luxemburgo	270
Bélgica	206	Marruecos	604
Bulgaria	284	Noruega	242
Camerún	624	Países Bajos	204
Canada	302	Palestina	425
Chile	730	Paraguay	744
China	460	Portugal	268
Colombia	732	Reino Unido	234
Croacia	219	Rumanía	283
Rep. Checa	230	Rusia	250
Dinamarca	238	Senegal	608
Egipto	602	Serbia y Montenegro	220
España	214	Singapur	525
Etiopía	636	Sudáfrica	655
Finlandia	244	Suecia	240
Francia	208	Suiza	228
Gibraltar	266	Turquía	286
Grecia	202	USA	310

MNC (Mobile Network Code): Identificador del operador de red. Es único para cada operador dentro de su país, lo que quiere decir que mismos identificadores pueden repetirse fuera del territorio nacional. Por cada operador, se asigna dicho identificador, el cual está compuesto por dos dígitos decimales. Asimismo, un operador puede tener asignados varios MNCs.

MNC	Operador
01	Vodafone
03	Orange
04	Yoigo
05	Telefónica Móviles
06	Vodafone
07	Telefónica Móviles
09	Orange

LAC (Location Area Code): Código identificador de área. A aquellas regiones con cobertura GSM se les asigna un código LAC único dentro de cada país. Dicho código está representado por 4 dígitos decimales y hace referencia a una región más o menos extensa de territorio. Los 4 dígitos decimales tienen un significado, determinando la comunidad autónoma, la región y la localidad.

Cell ID (Identificador de célula): Es un número de entre 1 y 5 dígitos decimales que identifica de forma unívoca a una célula dentro de un territorio nacional. Cada dígito tiene un significado propio de los operadores, pero dicha información para la red móvil española no está bien documentada o bien no es de libre acceso.

Células vecinas: El teléfono móvil almacena por orden las 7 células más (teóricamente) cercanas al terminal. Dicho criterio de cercanía se basa en la potencia de la señal recibida por cada BS.

4. MEDIDAS REALES OBTENIDAS EN LA ESTACIÓN BASE.

Antes de proceder a la toma de medidas se debe estudiar el entorno para conocer cuáles son los puntos de medida más adecuados. Hay que tener en cuenta la presencia de puntos sensibles, si los hay y si tienen visión directa con algún sector de la estación base.

En este capítulo se mostrará cuál es la manera adecuada de la toma de medidas de una estación base de telefonía móvil.

4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN.

Para comenzar a la toma de medidas se deben analizar las características técnicas de la estación base: Frecuencias de emisión GSM, DCS y UMST, así como los datos del emplazamiento de la misma.



Imagen 1: Estación Base



Imagen 2: Elementos radiantes de la estación base

4.1.1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO.

Los datos referentes al emplazamiento de la estación base bajo estudio vienen reflejados en la siguiente tabla, incluida en la certificación de instalación.

Tipo de vía	Avenida
Calle	San Cristóbal
Nº Portal	3
Población	Linares
Término Municipal	Linares
Provincia	Jaén
Latitud	38º 05' 26,10" N
Longitud	3º 38' 53,80 " O
Cota del terreno sobre el nivel del mar	389
Emplazamiento compartido	SI

Tabla 5: Datos del emplazamiento



Imagen 3: Mapa del Emplazamiento de la Estación Base

4.1.2. CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS DE LA ESTACIÓN.

Las especificaciones de las tecnologías instaladas en lo referente a emisión se especifican en la certificación, en las siguientes tablas. En cada tabla habrá tantas columnas como sectores se hayan instalado. Los datos que reflejan las siguientes tablas han sido obtenidos gracias a los datos facilitados por el operador de telecomunicaciones que opera en dicha antena.

Código estación	TELEFONICA MOVILES ESPAÑA SAU - 2300205		
Sistema y sector	UMTS sector 1	UMTS sector 2	UMTS sector 3
Número antenas por sector	1	1	1
Altura de la antena (m)	20	20	20
Frecuencia de transmisión (mhz)	2147,6	2147,6	2147,6
Ganancia (db)	16,2	16,2	16,2
Potencia máxima portadora (w)	492	492	492
Número portadoras	1	1	1
Potencia máxima total (w)	492	492	492
Acimut máxima radiación (°)	70	150	270
Apertura horizontal del haz (°)	65	65	65
Apertura vertical del haz (°)	10,1	10,1	10,1
Inclinación del haz (°)	-5	-5	-5
Nivel lóbulo secundario (db)	18	18	18
LAC	2306	2306	2306
SC	80	88	96
CC	10813	10813	10813
Cell ID	40161	40162	40163

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA UTILIZADOS

Medidas de banda ancha

Se utilizará un equipo homologado para la toma de datos de emisiones radioeléctrica tipo PMM, calibrado y con fecha de calibración vigente. Se ha utilizado el medidor NARDA modelo NBM550, y la sonda, del mismo fabricante, modelo EF0391.

Es uno de los equipos de medición de radiaciones no ionizantes más preciso de los disponibles en el mercado. Ofrece la más amplia cobertura de frecuencia de los campos eléctricos y magnéticos. Presentan una respuesta plana y superan las pruebas de las normas internacionales vigentes. Todas las sondas NBM tienen una memoria no volátil que contiene los parámetros del dispositivo y los datos de calibración. La calibración de hace de forma independiente del medidor.

Para el soporte de la sonda y medidor se empleará un trípode, en ningún caso de material metálico.



Figura 10: Medidor NARDA NBM 550 y sonda

4.3. PREOCESO DE MEDIDA DE EMISIONES RADIOELÉCTRICAS.

A continuación se detalla minuciosamente el proceso de toma de datos en campo.

4.3.1. LLEGADA AL EMPLAZAMIENTO.

4.3.1.1. ACCESIBILIDAD AL AMPLAZAMIENTO.

El primer paso será detectar si tenemos o no acceso al emplazamiento de la estación base, ya que este punto influirá en si se puede o no medir el emplazamiento.

Entendemos por emplazamiento el lugar físico donde se encuentran las antenas o los soportes de estas; ejemplos de emplazamientos son: azoteas, tejados, recintos al aire libre cerrados, dependencias o cuartos dentro de edificios.

- Con llaves de cada emplazamiento, que es necesario solicitadas anticipadamente y sirven para acceder a la mayoría de emplazamientos de Telefónica, y se recogerán normalmente en dependencias de Telefónica.

- Con permisos especiales, que serán necesarios para emplazamientos “especiales”, tipo El Corte Inglés, Hoteles, Bases Navales, Aeropuertos etc. En algunos de estos casos se podrá solicitar el permiso anticipadamente, pero en otros hasta que no se llegue al emplazamiento no se sabrán los requerimientos.

- “Ingeniería Social” En los casos que no se tenga nada de los dos puntos anteriores, se intentará acceder hablando con las personas residentes o propietarias de los emplazamientos.

Toma de Medidas dependiendo de la accesibilidad del emplazamiento:

- Emplazamiento accesible. En el caso de que el emplazamiento sea accesible se accederá a él para realizar los puntos de medida convenientes según los criterios de medidas.
- Emplazamiento no accesible. En este caso se tomarán medidas dependiendo de cómo sea la zona en la que están situadas las antenas o sus soportes:
 - o Zona No transitable o de Acceso Restringido. En el caso de que las antenas estén en zonas de cualquiera de estos dos tipos, y a esa zona no se tiene acceso, se podrán realizar medidas del emplazamiento en los puntos que se tenga acceso alrededor de este.

En el caso concreto que nos ocupa, el tipo de emplazamiento es accesible, puesto que está en vía pública y es una antenna que podremos realizar la toma de medidas sin ningún inconveniente a pie de calle.



Imagen 4: Zona del emplazamiento

4.3.1.2. LOCALIZACIÓN DE PUNTOS SENSIBLES.

Siempre que se llegue a un emplazamiento a medir habrá que detectar los puntos sensibles cercanos e influidos por este. Este es un tema crítico de la toma de medidas en campo debido a la importancia de estos puntos. Se considerarán puntos sensibles los siguientes tipos de edificios y localizaciones.

Tipos de Punto Sensible	
1	Centro de Educación
2	Centro de Salud
3	Guardería
4	Hospital
5	Parque Publico
6	Residencia Geriátrica

Hay dos formas de detectar puntos sensibles:

- Con la base de datos disponible y documentos.
- Identificando en Campo nuevos puntos sensibles no existentes en la base de datos. Este será un tema crítico y cuando se deje un emplazamiento se deberá estar seguro que no hay ningún punto sensible no medido.

En nuestro caso, al llegar al emplazamiento, observamos todo el entorno y vemos si puede existir en las inmediaciones algún punto sensible al tener en cuenta, después de observar las cercanías se aprecia que hay un punto sensible muy claro, justo a pocos metros del emplazamiento existe un parque público, con bancos y árboles, por lo cual existe un único punto sensible en nuestro emplazamiento a tener en cuenta en la certificación y control. Recordamos que se trata de Punto Sensible al estar a menos de 100 metros de distancia del centro emisor.



Imagen 5: Punto Sensible. Parque público.

4.3.1.3. LOCALIZACIÓN DE OTROS OPERADORES.

También será necesario detectar si otros operadores tienen instaladas antenas en nuestro emplazamiento o cerca de este, ya que esto hará que las condiciones del emplazamiento sean distintas a uno normal.

En el caso de haber otros operadores estos deberán de aparecer claramente reflejados en los esquemas del emplazamiento, y se deberán tomar fotografías de esta circunstancia.

4.3.1.4. LOCALIZACIÓN DE LAS POSICIONES DE SEÑAL MÁXIMA.

Una vez hayamos llegado al emplazamiento de la estación base, el primer paso será realizar unas medidas continuas y previas en una exploración inicial alrededor y a distintas distancias del emplazamiento, para así localizar aquellos puntos donde el nivel de señal medida por la sonda es máximo. Estos puntos de nivel máximo normalmente coincidirán con las posiciones perpendiculares a los sectores radiantes creados por las antenas, pero puede haber casos en que no sea así, y en aquellas posiciones donde ocurra habrá un punto de medida.

Se han tomado los siguientes puntos, observando in situ en qué puntos el nivel de la señal medida por la sonda es máximo, algunos de estos puntos coinciden perpendicularmente con los sectores radiantes de nuestro sistema emisor, se ha intentado además que los puntos definan lo más amplio posible la radiación en todos los ángulos posibles del espacio.



Imagen 6: Mapa puntos máximos de Medida.

4.3.2. PUNTOS DE MEDIDA.

4.3.2.1. NÚMERO DE PUNTOS DE MEDIDA.

El número de puntos de medida serán 5, más los que sean necesarios para los puntos sensibles que se encuentren cerca del emplazamiento de la estación base. En cada punto el nivel de señal se tomará mediante una sonda que mide los niveles de emisiones radioeléctricas.

En nuestro caso serán 6 puntos de medida, puesto que tenemos un punto sensible.

4.3.2.2. PUNTO DE MEDIDAS DE EXPLORACIÓN, LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DONDE EL NIVEL DE SEÑAL SEA MÁXIMA.

Una vez hayamos llegado al emplazamiento, el primer paso será realizar las medidas de exploración. El procedimiento para tomar estas medidas es movernos alrededor del emplazamiento en todas aquellas zonas que sean transitables y variando las distancias al emplazamiento dentro de un radio de 100 metros alrededor de éste. Estas medidas hay que hacerlas de forma continuada con la sonda, y durarán el tiempo necesario para cubrir todas aquellas zonas alrededor del emplazamiento.

4.3.2.3. PUNTOS DE MEDIDA DE EXPOSICIÓN.

Estos serán los puntos de medida propiamente dichos y para tomarlo se tomarán las normas que se indican a continuación. Para cada punto habrá que guardar un registro en la sonda, y cada medida deberá durar 6 minutos, con toma de muestra cada segundo.

Las posiciones donde se tomarán los puntos de medidas serán aquellas donde han sido detectados máximos en la exploración inicial, estas posiciones coincidirán en la mayoría de los casos con localizaciones perpendiculares a los distintos sectores de radiación de las antenas de la estación base. Pero en algún caso algún máximo puede estar localizado en algún punto distinto a estos, y cuando eso ocurra habrá que tomar también la medida de señal en ese punto. Las reglas principales para la toma de datos de los puntos de medida son:

- Nunca a una distancia inferior a 1 metro respecto a la posición de las antenas.
- En aquellos puntos donde se producen niveles máximos de señal, teniendo en cuenta que haya una distancia perceptible entre ambos, por ejemplo si en un emplazamiento todos los niveles de señal máximos se encuentran en una zona muy concentrada, obviamente en esa zona habrá que tomar varios puntos de medida donde la señal sea máxima, pero los 5 puntos no deberán estar todos en esa zona, y habrá que tomar puntos en las otras zonas donde se hayan detectado los siguientes niveles máximos de señal.
- Nunca se tomarán medidas encima de los casetones o estructuras similares donde estén instaladas las antenas o los soportes de estas.
- Nunca se tomarán medidas delante de antenas cuando estas estén situadas cerca de los límites de las azoteas y la distancia entre el borde de la azotea y las antenas sea igual o inferior a 2 metros.
- Nunca se tomarán medidas en aquellas zonas que no se pueda llegar a ellas por la existencia de diferentes estructuras metálicas o similares.

- Por cada medida con un nivel de señal superior a 20 dBm , se tomará una medida más, en la siguiente zona de nivel máximo. Al final de la toma de datos de un emplazamiento, deberá haber 5 medidas inferiores a 20 dBm, y todas aquellas superiores a 20 dBm que hayan aparecido.

Las reglas secundarias para la toma de los puntos de medida son:

- Enfrente de los diferentes sectores de radiación. Como normalmente una estación base tendrá 3 sectores y enfrente de ellos se producirán los máximos, los tres primeros puntos de medida serán enfrente de los sectores de radiación. Estas medidas habrá que tomarlas ya sea en las azoteas o en las calles o zonas alrededor del emplazamiento. No se realizarán medidas enfrente de sectores cuando los niveles medidos sean muy bajos comparados con los niveles de otras zonas alrededor del emplazamiento.
- Las posiciones de medida siempre serán en zonas transitables para las personas (azoteas transitables, y en la calle zonas peatonales o de posible permanencia habitual de personas).
- En aquellas azoteas o zonas no transitables o de acceso restringido no se tomarán normalmente medidas. Y solo se tomarán en aquellas zonas donde el nivel de peligro de integridad es mínimo, y están muy cercanas a la zona de acceso. El número de medida máximo en este tipo de zonas será 2.
- Cuando no se tiene claro de qué tipo es una azotea, si es o no transitable, y si es o no de acceso restringido, entonces se tomarán como mucho 3 medidas, tomando las restantes en zonas transitables.

Se han tomado los siguientes puntos de medida:

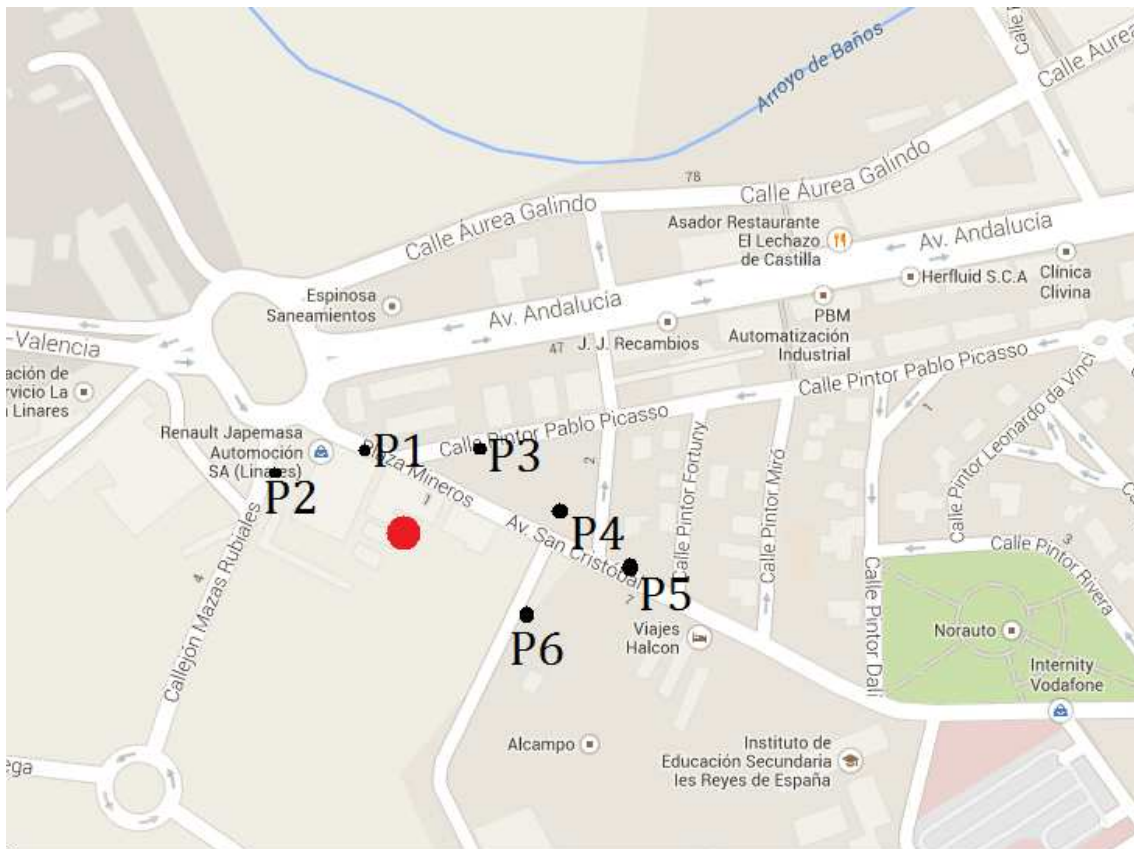


Imagen 7: Mapa puntos de medida de exposición.

Con los siguientes valores de nivel de señal en V/m del valor cuadrático medio o RMS, de las 360 muestras o valores de intensidad de campo medidos durante la medición en cada punto:

Posición Punto	Valor campo rms (V/m)
1	0.6063 V/m
2	0.7917 V/m
3	0.9776 V/m
4	0.7765 V/m
5	0.5505 V/m
6	0.6201 V/m

Se han tomado fotografías en cada punto de medida en el que se ha situado la sonda con el medidor y el trípode, se muestran a continuación:



Imagen 8: Primer Punto de medida



Imagen 9: Segundo Punto de Medida.



Imagen 10: Tercer Punto de Medida.



Imagen 11: Cuarto Punto de Medida.



Imagen 12: Quinto punto de Medida.



Imagen 13: Sexto punto de Medida.

4.3.3. TOMA DE DATOS.

Para cada emplazamiento, se realizarán tres documentos, dos en papel “plantilla de datos” y “croquis”, y uno en digital “Hoja de Certificación”

4.3.3.1. NOMBRE, DIRECCIÓN Y TIPO DE EMPLAZAMIENTO.

Se anotará en la plantilla los códigos y el nombre que denomina el emplazamiento así como la dirección donde se encuentra, nombre de calle, número de edificio, localidad o ciudad y provincia, de tal forma que se tenga la información más completa posible de su ubicación. También anotaremos el tipo de emplazamiento, azotea, torre u otro.

4.3.3.2. CROQUIS DEL EMPLAZAMIENTO.

Se realizará un croquis o un mapa en planta del emplazamiento, de tal forma que aparezcan los límites del emplazamiento, y las distintas superficies de este. También se detallarán las calles en las que se encuentra el emplazamiento poniendo el nombre de ellas. Además se indicaran todos aquellos elementos necesarios para identificar la posición de los distintos puntos de medida. También se indicará el norte geográfico en este mapa o croquis del emplazamiento.

Se indicará la posición de los puntos de medida sobre el plano, numerándolos e indicando el lugar exacto del punto de medida. Para cada punto de medida se indicará el azimut del punto de medida, midiendo desde la posición del punto de medida y mirando perpendicularmente hacia el centro del sector de radicación/estación base.

En cada punto de medida se tomaran los siguientes datos:

- N° de punto de medida para ese emplazamiento.

- Distancia en metros desde el punto de medida al sector de radicación/estación base.
- Azimut en grados del punto de medida.
- Hora de la medida expresada en horas y minutos.
- Valor en dBm dado por el equipo de medición tras estar midiendo continuamente 6 minutos en el punto de medida.

4.3.3.3. ANTENAS.

Se determinaran la posición y el tipo de las diferentes antenas que tenga la estación base. Se anotará que tipo de antenas (GSM, DCS, UMTS, TMA) tiene el emplazamiento, y la distancia que haya entre las antenas.

4.3.3.4. FOTOS.

En cada emplazamiento se tomarán una serie de fotos. Se tomaran fotos de los sectores, se tomará una foto por cada sector de radiación de las antenas. También se tomarán fotos del emplazamiento de la antena y su vista general, en la que se pueda ver el edificio en el que se encuentra, cuando el emplazamiento sea una torre, se tomará una foto completa de la torre con las antenas.

4.3.4. PUNTOS SENSIBLES.

La detección de los puntos sensibles del emplazamiento es muy importante, una vez detectados, los pasos a seguir y la cumplimentación de la documentación son:

- Nombre, dirección y tipo del punto sensible.

Se anotará en la plantilla el nombre que denomina al punto sensible así como la dirección donde se encuentra, nombre de calle, número de edificio, localidad y provincia, de tal forma que se tenga la información más completa posible de su ubicación.

- Posición y valor del punto de medida del punto sensible.
- Fotos del punto sensible.



Imagen 14. Punto Sensible.

4.4. COMPROBACIÓN PARÁMETROS RED UMTS ESTACIÓN BASE.

En este apartado realizaremos la comprobación técnica de los parámetros de la red UMTS que están presentes en la estación base de este trabajo.

La estación base dispone de varias tecnologías a las que da servicio, concretamente GSM y UMTS, y además es una estación compartida en la cual está presente más de un operador.

Para la comprobación y certificación de dichos parámetros usaremos un terminal móvil en modo Ingeniería para la lectura y visualización de los parámetros de las redes ofrecidas, en concreto usaremos el terminal Samsung Galaxy Express I8730.

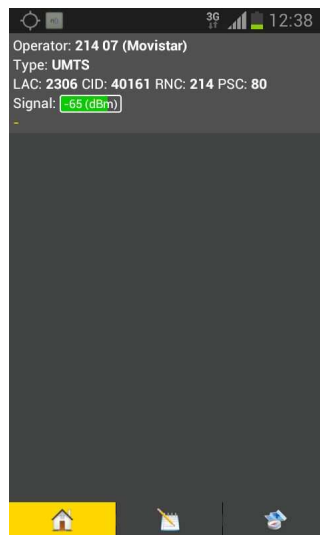


Imagen 16: Terminal Móvil empleado en la certificación.

4.4.1. CERTIFICACIÓN DE PARÁMETROS, MODO INGENIERÍA

Lo primero que haremos es entrar en modo ingeniería en el terminal móvil, para cada modelo y marca existe un modo de entrar al modo ingeniería, normalmente es un código de varios dígitos. En nuestro caso nos vamos a ayudar de una aplicación gratuita llamada NetMonitor que tenemos previamente instalada en nuestro móvil.

Lo primero que nos aparecería sería esta pantalla:



En la cual podemos observar que estamos conectados al operador Movistar, que tenemos un servicio UMTS, el cual tiene los siguientes parámetros:

LAC: 2306

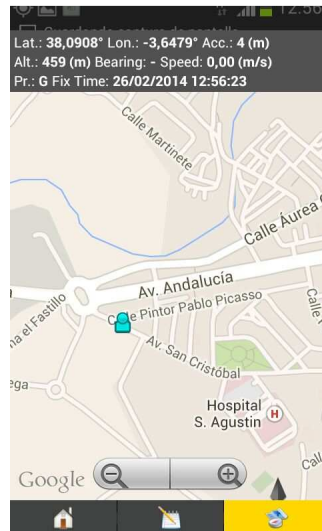
CID: 40161

RNC: 214

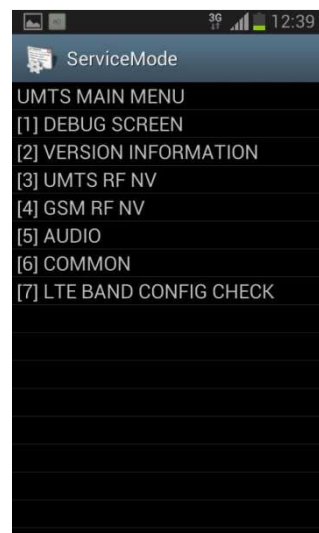
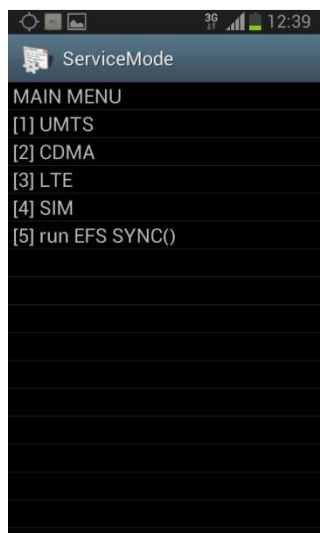
PSC: 80

Potencia de señal recibida: -65 dBm

Dentro de esta aplicación NetMonitor tenemos una opción en la cual observamos nuestra posición exacta donde estamos situados localizándonos por GPS, así como las coordenadas geográficas de este punto, altitud con respecto al nivel del mar, fecha y hora. Lo mostramos en la siguiente imagen:

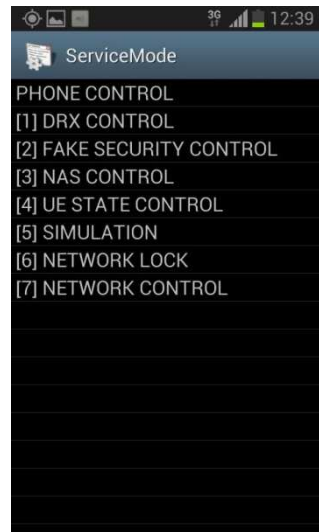
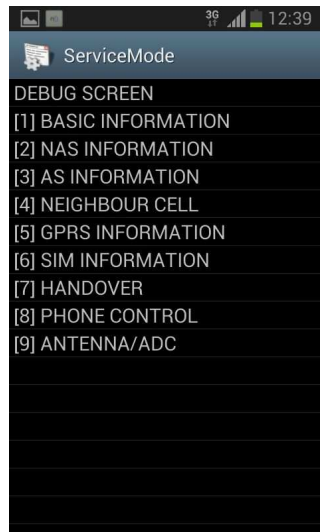


A continuación entraremos en modo ingeniería, en nuestro terminal aparece el MAIN MENU con 5 submenús. Entraremos en el menú [1] UMTS



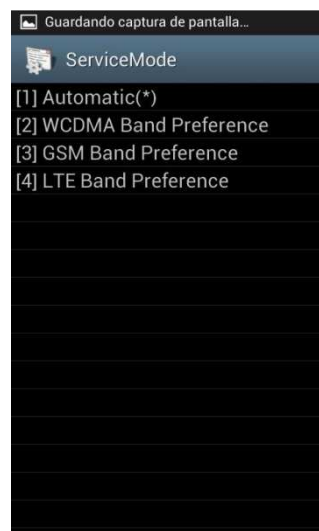
A continuación seleccionamos el submenú [1] DEBUG SCREEN

Justo después entraremos en el submenú [8] PHONE CONTROL

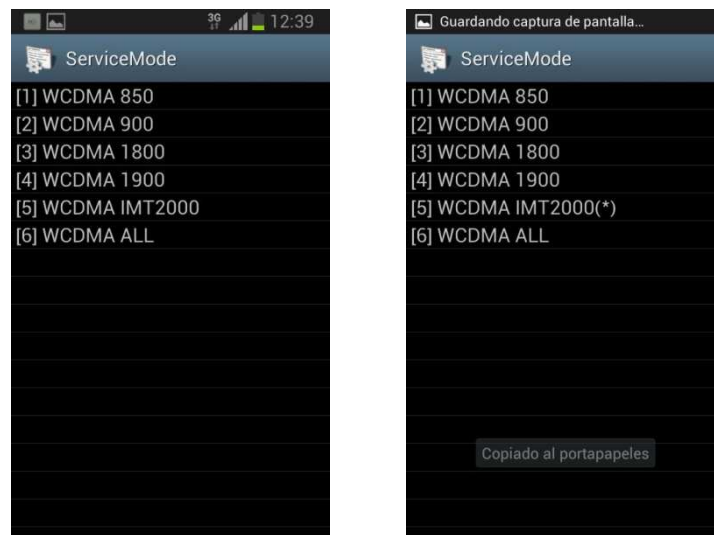


[7] NETWORK CONTROL

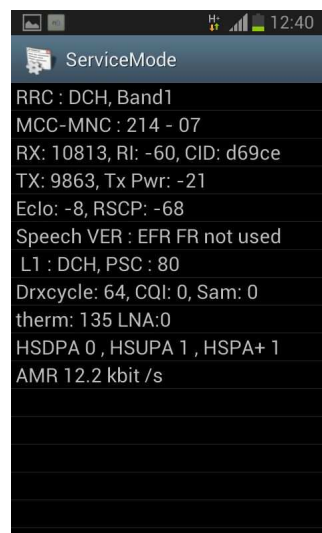
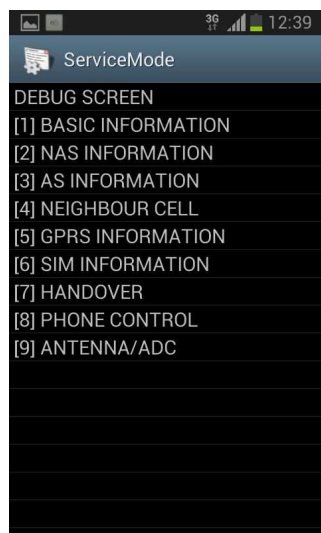
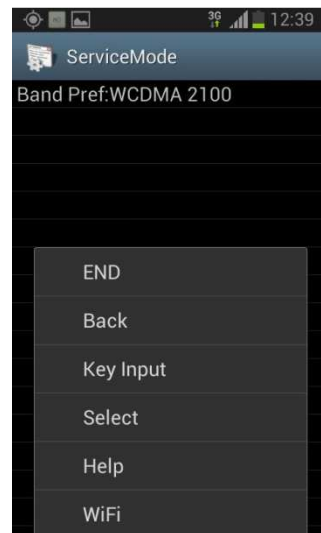
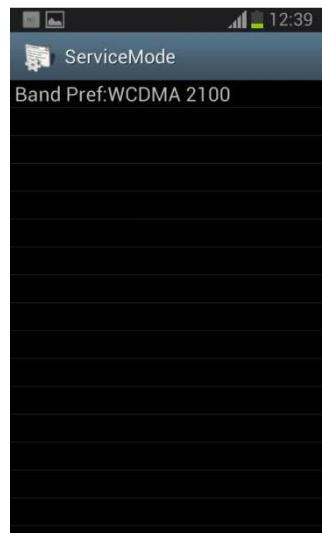
[2] BAND SELECTION



Y en este submenú seleccionaremos el modo de servicio que deseemos, en este caso vamos a elegir WCDMA puesto que en primer lugar vamos a ver los parámetros de UMTS, entrando en el submenú [2] WCDMA Band Preference nos aparecen todas los modos en los que podemos trabajar en WCDMA (UMTS), seleccionamos la opción [5] WCDMA IMT200



Con la opción que acabamos de seleccionar hemos fijado nuestro terminal a que trabaje y que se quede enganchado a la red de WCDMA 2100, ahora iremos retrocediendo en los menús con la opción Back hasta llegar al menú DEBUG SCREEN, para ver los parámetros de red entraremos en la opción [1] BASIC INFORMATION



Este submenú es muy importante pues en él podemos ver la mayoría de los parámetros de la red, como se puede apreciar en la imagen. Los parámetros más importantes y a los que tenemos que tener más en cuenta para la certificación son los de:

MCC- MNC: 214 - 07

RX: 10813

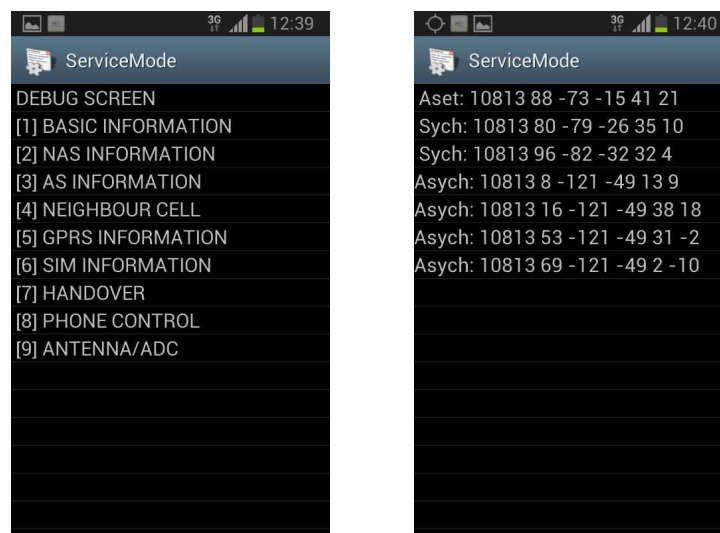
TX: 9863

PSC: 80

Comprobamos que el MCC es correcto pues en España es 214, el MNC nos dice que operador es al que estamos conectados que nos da servicio en este caso es 07 por lo tanto Movistar, y los parámetros de RX y TX podemos saber que estamos en UMTS por sus valores además estos coinciden por los suministrados por el operador, y por último el canal 80 que coincide con el valor previo dado por el operador, por lo tanto podemos concluir que nos hemos conectado correctamente a la estación base a la tecnología que queríamos y con el operador que hemos seleccionado y coinciden todos los parámetros.

Lo siguiente a comprobar es las celdas vecinas, estas celdas vecinas nos indicaran los canales que estamos recibiendo en ese punto y la potencia de cada canal, como es lógico y es de esperar nuestra estación base tiene tres sectores los cuales trabajan con UMTS 2100, por lo cual tendríamos que comprobar que los parámetros que nos ofrece el operador y que nos dice que configuración tiene dicha estación base son correctos, para esto se observa los canales que se reciben con mayor potencia, puesto que también se recibirán canales de celdas vecinas pero de otras estaciones base cercanas a la del estudio en cuestión.

Para ello seleccionamos el submenú [4] NEIGHBOUR CELL

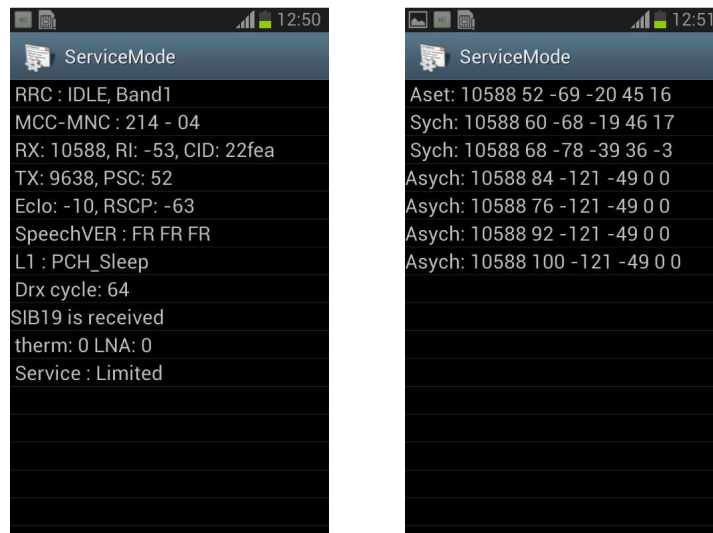


Vemos que los tres canales con mayor potencia recibidos son: 88, 80 y 96. Vemos que coinciden con los datos previos ofrecidos por el operador.

Lo siguiente que vamos a hacer es comprobar los parámetros de UMTS 1900 ofrecidos por el operador Yoigo/Sfera, para esto tendremos que seleccionar dicha tecnología y ver los parámetros, volveríamos con la opción “Back” al menú DEBUG SCREEN, a continuación [8] PHONE CONTROL, elegiremos el submenú [7] NETWORK CONTROL, seleccionamos [2] BAND SELECTION, ahora tendríamos que seleccionar [2] WCDMA Band Preference, y por último para seleccionar UMTS 1900 elegimos la opción, [4] WCDMA 1900

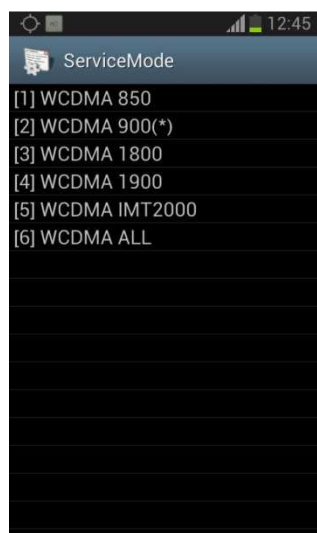


Si una vez seleccionada la banda de trabajo de UMTS 1900 nos vamos al menú DEBUG SCREEN, [1] BASIC INFORMATION, nos aparecerán los parámetros de la red a la que estamos ahora conectados con nuestro terminal móvil en modo ingeniería, también podremos observar las celdas vecinas con el submenú [4] NEIGHBOUR CELL

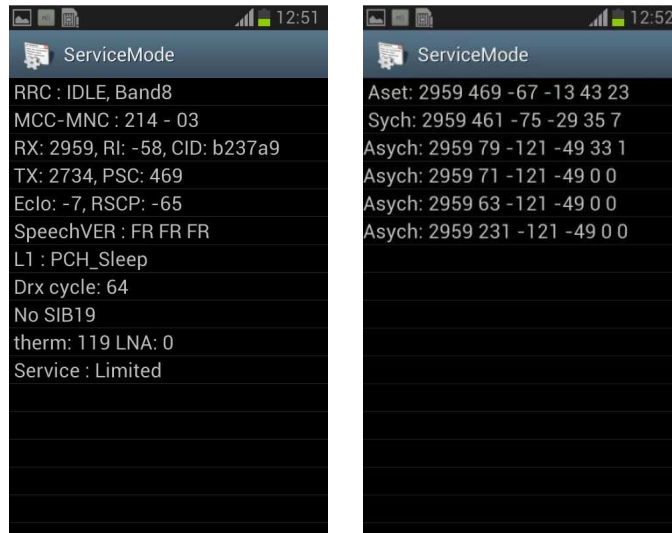


Como podemos apreciar cambian los parámetros con respecto a la anterior tecnología seleccionada, en este caso con UMTS 1900 tenemos que los canales presentes en la estación base serían el 52, 60 y 68 con RX: 10588 y TX: 9638. Además vemos que el MNC ha cambiado a 04 que identifica a Yoigo como operador.

Por último siguiendo los mismos pasos anteriormente explicados, cambiaremos a UMTS 900,



Donde tendremos los siguientes parámetros:



Como hemos podido observar todos cumplen con lo previsto, puesto que coinciden con los valores suministrados por el operador.

4.5. IMPORTACIÓN DE DATOS CON SOFTWARE ESPECÍFICO.

En este apartado vamos a ver como se importa a nuestro ordenador de trabajo los datos de las medidas realizadas con el medidor y sonda NARDA que se guardan internamente para su posterior estudio y visualización.

Para ello utilizaremos el software específico de NARDA, el cuál previamente instalaremos en nuestro equipo PC con su correspondiente software y drivers, todo facilitado por el fabricante.

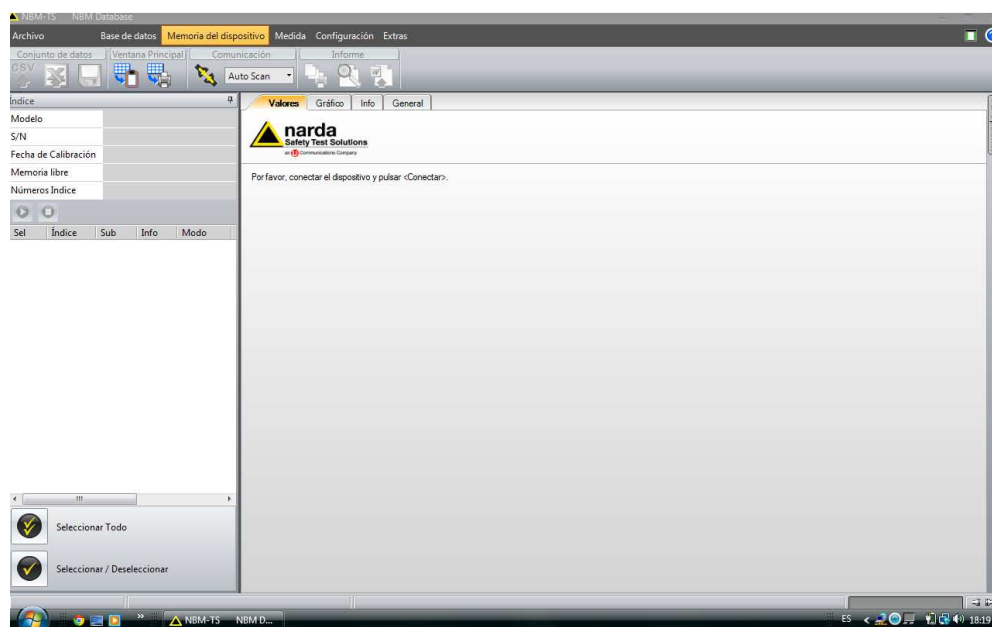


Imagen 15: Software específico de NARDA para importación de las medidas.

Los datos obtenidos serían los siguientes:

Promediado Espacial: Promediado de todas las posiciones

PosFecha/hora Campo-E

1-6 02/26/2014 01:06:34 PM 0.7349 V/m

Promediado Espacial: Posiciones discretas

<u>Pos</u>	<u>Fecha/hora</u>	<u>Campo-E</u>	<u>Acimut (°)</u>	<u>Distancia (m)</u>
1	02/26/2014 01:06:34 PM	0.6063 V/m	342	56
2	02/26/2014 01:15:35 PM	0.7917 V/m	299	65
3	02/26/2014 01:23:49 PM	0.9776 V/m	38	59
4	02/26/2014 01:32:15 PM	0.7765 V/m	68	61
5	02/26/2014 01:40:43 PM	0.5505 V/m	89	86
6	02/26/2014 01:50:41 PM	0.6201 V/m	118	93

5. REALIZACIÓN HOJA MEDIDAS Y CERTIFICACIÓN EB TELEFONÍA MÓVIL.

En este capítulo vamos a realizar la hoja de medidas y certificación de la EB de telefonía móvil objeto de este trabajo fin de grado, vamos a realizar a modo de ejemplo para un operador y un tipo de red, en este caso vamos a elegir Movistar y UMTS 2100, como en esta estación base existen varias tecnologías y varios operadores habría que hacer una hoja de medidas para cada una de las variantes.

En esta hoja deben de constar las medidas realizadas de potencia en las cercanías de la EB, nunca por encima de los 100 metros de distancia de esta, con la longitud de la EB al punto de medida, el acimut, la hora y fecha de cada punto de medida así como su valor RMS en V/m medido durante un intervalo de 6 minutos en cada punto, también ha de constar el tipo, modelo, número de serie y fecha calibración del medidor y sonda empleados. Si se trata de un punto sensible ha de detallarse el tipo de punto sensible del que se trata y su dirección. También en la hoja debe de indicarse el nombre del técnico competente que realiza la medición y comprobación.

Por otro lado en la hoja debe aparecer el tipo de estación base, su dirección, coordenadas geográficas, su código de estación, código del emplazamiento, el tipo de torre que dispone (si es auto estable, mástil, u otros como por ejemplo camufladas), si dispone de señalización diurna, nocturna y de toma de tierra, así como indicar si se trata de un emplazamiento compartido.

En otro lugar destacado deben aparecer los parámetros de la red a certificar que son correctos, el azimut de cada sector de la antena, Cell-ID, LAC, SC y CC como los más significativos e identificativos.

Por último se adjuntará un mapa con la situación de la EB así como de los puntos de medida.

Reconocimiento técnico EB de Telefonía

Técnico: José Miguel Carrión Moreno

LINARES

Fecha: 26-02-2014

Hora: 13:00

Identificación Sonda: NBM-550 B-0824 EF0391 A-0905	Número expediente: JJ -0430025	Operador: Movistar	LAC: 2306	
			Tipo Torre	
Población: Linares			Autoestable ☒ OK	
			Mástil	
			Otros	
			S Nocturna	SI ☒ NO ☐
			S Diurna	SI ☐ NO ☒
			Toma de Tierra	SI ☒ NO ☐
			Emp. Compartido	SI ☒ NO ☐
Dirección: Av. San Cristóbal, 3		Longitud: 38° 05' 26,20" N		
		Latitud: 03° 38' 54,50" O		
Código del emplazamiento:		Cota: 390 m		
Código de estación: 2300205				

Azmut	Cell ID	SC	CC
70	40161	80	10813
150	40162	88	10813
270	40163	96	10813

Punto	Hora	Acimut	Distancia	Valor V/m (rms 6 min)	Tipo Punto	Dirección
P1	13:06	342	56	0,60		
P2	13:15	299	65	0,79		
P3	13:23	38	59	0,97		
P4	13:32	68	61	0,77	PP	AV SAN CRISTOBAL S/N
P5	13:40	89	86	0,55		
P6	13:50	118	93	0,62		

6. CONCLUSIONES.

Para concluir con el trabajo fin de grado, en este capítulo se reflejarán las conclusiones del trabajo realizado.

En la primera parte del trabajo fin de grado se ha introducido al problema existente en la sociedad actual sobre la preocupación del riesgo para la salud de las personas de los efectos de las emisiones radioeléctricas, podemos concluir que estas emisiones no son nocivas para las personas y que al trabajar en unas condiciones limitadas no son peligrosas para la salud.

Para tranquilidad de la sociedad y un control necesario por la alta demanda y crecimiento exponencial de estas radiaciones, se ha creado una normativa y unos estudios para determinar y delimitar los límites o niveles de referencia máximos que deben cumplir todas las emisiones radioeléctricas. Podemos concluir que con la normativa y los medios presentes actualmente las emisiones radioeléctricas están delimitadas y controladas perfectamente.

En el aspecto práctico de este trabajo, hemos visto como se realiza una certificación de una estación base real, viendo el proceso completo y viendo los resultados obtenidos podemos decir que en el caso práctico de este trabajo la estación base radia unas emisiones radioeléctricas que cumplen la normativa perfectamente, es decir los valores de intensidad de campo electromagnético están muy por debajo del nivel de referencia, aún en los puntos de máxima radiación no supera los 0,97 V/m, un valor muy por debajo del nivel de referencia (20,6 V/m para telefonía móvil GSM y un máximo de 14 V/m para radiodifusión), por lo tanto podemos sacar como conclusión que en lo referente a la estación base del presente trabajo fin de grado las emisiones radioeléctricas están muy por debajo de los niveles impuestos por la normativa vigente, sumado a los datos y a la experiencia este caso es el más habitual en nuestro entorno y en la mayoría de los casos los niveles de emisiones radioeléctricas son muy inferiores a los niveles de referencia. Destacar también la importancia de los puntos sensibles, es fundamental realizar un estudio exhaustivo en los puntos como colegios, parques públicos con o sin zonas infantiles y residencias de ancianos, dando un grado de importancia a este sector de la sociedad como son niños y ancianos, ofreciendo un control y protección en estos puntos.

En cuanto al estudio de los parámetros de la red de telefonía móvil presentes en la estación base, hemos podido observar como en una misma estación base pueden coexistir varias tecnologías y varios operadores, así en un mismo emplazamiento y en

una misma estación base pueden estar presentes UMTS 2100, UMTS 900, LTE, GSM, y estos a su vez de uno o varios operadores distintos (TELEFONICA, ORANGE, SFERA, VODAFONE), y hemos podido ver con el terminal móvil en modo ingeniería los parámetros presentes en dicha estación base, pudiendo diferenciar entre operadores y servicios perfectamente.

Por otro lado en lo referente al impacto medioambiental que pueden tener las certificaciones radioeléctricas, no es un impacto directo. Las certificaciones radioeléctricas ayudan a controlar y delimitar que no se superen los niveles de intensidad de campo electromagnético a nuestro alrededor.

Y para terminar podemos concluir que, la realización de una certificación radioeléctrica realizada por un profesional cualificado, es indiscutiblemente necesaria en nuestra sociedad actual, ya que cuanto más demandemos servicios de telecomunicaciones con emisiones radioeléctricas más control debemos tener sobre estos.

ANEXO 1: TÉCNICAS DE MINIMIZACIÓN DE POTENCIA

Control de Potencia.

La estación base no emite siempre con la máxima potencia, sino que la potencia utilizada depende de lo lejos que se encuentren los distintos teléfonos móviles conectados a esta estación base, de manera que cuanto más cerca está el terminal móvil de la estación base que le proporciona cobertura, menos potencia tiene que emitir esta.

Este mecanismo activado en la estación se encarga de reducir la potencia transmitida al mínimo imprescindible para mantener la comunicación.

El funcionamiento de control de potencia se basa en las medidas que continuamente realizan el terminal móvil y la estación base del nivel de señal recibido y de la calidad del enlace. En función del resultado de estas medidas se utiliza la potencia mínima necesaria para mantener la comunicación con una calidad fiable.

Transmisión discontinua.

La estación base solo transmite potencia cuando hay información que transmitir, es decir, en una conversación cuando el usuario está hablando. El resto del tiempo el transmisor permanece inactivo y sólo funciona el receptor.

En una llamada típica de voz, cada interlocutor sólo habla el 50% del tiempo, ya que en principio, el otro 50%, está escuchando. De esta manera, la estación base solo emite durante el 50% de la comunicación, reduciendo a la mitad la exposición a campos electromagnéticos.

Por otra parte, se aprovechan también los silencios entre palabras, durante los cuales la estación base no transmite, es decir, en media sólo se transmite durante

aproximadamente el 35% del tiempo de la comunicación, minimizando notablemente los niveles de exposición.

Como resultado final, la reducción de potencia media en esta estación base en una conversación es un 85% inferior a la potencia máxima que puede transmitir.

El control de potencia es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema UMTS, y debe ser lo suficientemente rápido y exacto para asegurarlo. Existen dos tipos de control de potencia: en bucle abierto y en bucle cerrado.

El control de potencia en bucle abierto es realizado por el móvil al iniciar una conexión. El móvil estima la señal mínima con la que iniciar la comunicación y espera una respuesta de confirmación de la estación base de UMTS; si ésta no responde, incrementa la potencia en una pequeña cantidad. De esta forma se asegura la entrada del móvil al sistema con la mínima potencia.

El control de potencia en bucle cerrado se realiza tanto en el móvil como en la estación base una vez iniciada la conexión. La estación base, en función de la potencia recibida, enviará al móvil comandos para aumentar o disminuir esta potencia. Del mismo modo actuará el móvil para el control de la estación base de UMTS.

De esta forma se estará transmitiendo con la menor potencia necesaria para asegurar unos requisitos mínimos de calidad en las comunicaciones, e irán modificando esta potencia para compensar las variaciones de la pérdida y de la interferencia.

Canales de tráfico.

Los canales de tráfico son por los que se envía la comunicación entre usuarios y sólo se transmiten si hay comunicación. Es decir, la estación base solo transmite canales ocupados, independientemente de que tenga más canales disponibles. Esto supone una reducción de la potencia máxima emitida de entre un 20% y un 50%, minimizando por lo tanto los niveles de exposición.

Diversidad.

Con objeto de obtener una señal lo suficientemente buena, para ofrecer un servicio de calidad, se utilizan varias antenas para la recepción de la señal por distintos caminos. Esto implica que la estación presente varias antenas por cada sector, lo cual no implica que se aumente el nivel de emisión y por lo tanto los límites de exposición, ya que en este caso no se trata de antenas transmisoras sino únicamente receptoras.

Altura de la antena.

La altura de la antena se ha escogido de tal forma que el lóbulo principal de emisión de la antena, libre obstáculos cercanos, con objeto de dar cobertura a la zona de influencia. Esto supone elevar la antena a una altura lo suficientemente grande, de esta manera se evita que los niveles de exposición en las proximidades de la estación sean debidos al lóbulo principal de emisión y por lo tanto se minimizan siendo inferiores y cumpliendo los límites fijados.

Directividad de la antena.

La potencia de las ondas electromagnéticas varía dependiendo de la dirección hacia donde son emitidas, con la distancia y con los obstáculos que se encuentren a su paso.

Las antenas son muy directivas, es decir, concentran la emisión de potencia en un lóbulo muy estrecho verticalmente, típicamente de 7° , de tal forma que todas las direcciones que no queden dentro de las zonas limitadas por el lóbulo principal, están cubiertas por lóbulos secundarios, donde la potencia que se transmite es hasta 200 veces menor respecto a la del principal.

ANEXO II: HOJA DE MEDIDAS Y CERTIFICACIÓN DE EB TELEFONÍA MÓVIL

Reconocimiento técnico EB de Telefonía

Técnico: José Miguel Carrión Moreno

LINARES

Fecha:

Hora:

Identificación Sonda:	Número expediente:	Operador:	LAC:	
			Tipo Torre	
Población:			Autoestable	
			Mástil	
			Otros	
			S Nocturna	SI ☐ NO ☐
			S Diurna	SI ☐ NO ☐
			Toma de Tierra	SI ☐ NO ☐
			Emp. Compartido	SI ☐ NO ☐
Dirección:		Longitud:		
		Latitud:		
Código del emplazamiento:		Cota:		
Código de estación:				

Azimut	Cell ID	SC	CC

Punto	Hora	Acimut	Distancia	Valor V/m (rms 6 min)	Tipo Punto	Dirección

BIBLIOGRAFÍA

<https://www.coit.es>

<http://www.coitt.es/>

<http://geoportal.mityc.es/VCTEL/vcne.do>

<https://www.narda-sts.com/en/>

<http://www.minetur.gob.es/TELECOMUNICACIONES/ESPECTRO/Paginas/index.aspx>

<http://www.agilent.es/aa/es-ES/top/index.shtml>

http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System

ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicio de radiocomunicaciones.

REAL DECRETO 1066/2001, de 28 de septiembre, reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisores radioeléctricos.