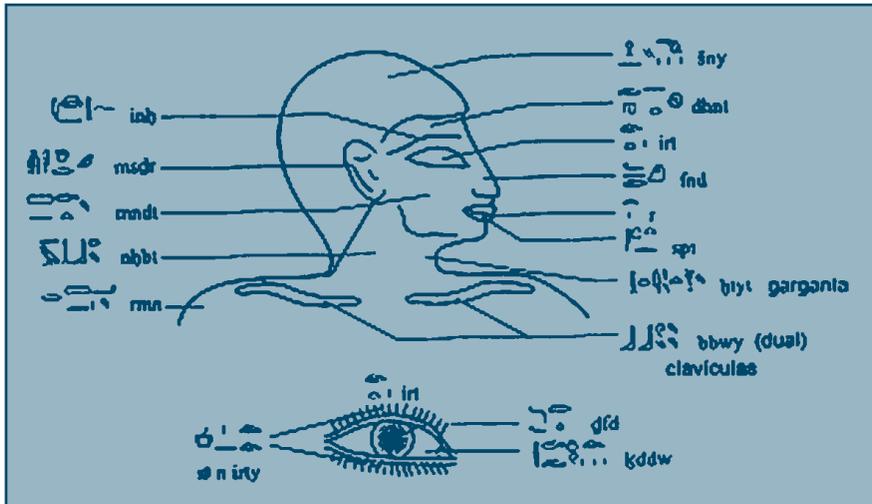


Victoria Ramos González

# SEGURIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN TELEMEDICINA



Ministerio de Sanidad y Consumo

Instituto  
de Salud  
Carlos III

Área de Investigación en Telemedicina  
y Sociedad de la Información

Área de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información

# **SEGURIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN TELEMEDICINA**

VICTORIA RAMOS GONZÁLEZ

Edita: Instituto de Salud Carlos III

Depósito Legal: M-53742-2004

NIPO: 354-04-011-3

Foto de portada: *Papiro Ebers. Reinado de Amenhotep I, XVIII Dinastía  
(1550-1520 a.C.), Universidad de Leipzig.*

## INDICE

### **5 RESUMEN**

### **7 SUMMARY**

### **9 AGRADECIMIENTOS**

### **11 INTRODUCCIÓN**

### **23 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

1. Objetivos
  - 1.1. Antecedentes
  - 1.2. Marco de la investigación
2. La Telemetría desde el hogar
3. La cuestión de las interferencias
  - 3.1. Consideraciones previas
  - 3.2. Proliferación de incidentes originados por ellas
4. Actividades reguladoras y normativa
  - 4.1. Normativa relativa a la exposición del público
  - 4.2. Normativa relativa a equipos de radiocomunicación ETSI e IEEE
  - 4.3. Normativa relativa a equipos de radiocomunicación AENOR
  - 4.4. Normativa relativa a productos sanitarios
  - 4.5. Disposiciones internacionales sobre biotelemedría
  - 4.6. Normativa sobre seguridad y emisiones radioelctricas de algunos electrodomsticos
  - 4.7. Ley 32/2003 General de Telecomunicaciones

### **95 MATERIAL Y MÉTODOS**

1. Metodología de estudio
  - 1.1. Configuración del ensayo
  - 1.2. Relación entre los diferentes niveles y límites
  - 1.3. Protocolo de medidas
  - 1.4. Procedimiento para el análisis del entorno electromagnético de la aplicación: fases
2. Instrumentación
3. Elección del espacio muestral
4. Descripción de las medidas a realizar
  - 4.1. Caracterización del entorno radioelctrico de los domicilios
  - 4.2. Medidas de niveles conforme a la norma ICNIRP-98
  - 4.3. Medidas de niveles en dispositivos en condiciones de campo cercano

## **115 RESULTADOS**

1. Niveles de exposición espaciales y temporales
  - 1.1. Resultados obtenidos en los 46 domicilios
  - 1.2. Resultados obtenidos en Ardemans, 41
2. Análisis de resultados
  - 2.1. Análisis de los resultados obtenidos en los domicilios
  - 2.2. Análisis de los resultados obtenidos en Ardemans, 41
  - 2.3. Análisis de los niveles procedentes de los dispositivos domésticos
  - 2.4. Resumen
3. Mapas
4. Resultados adicionales

## **157 DISCUSIÓN**

1. Seguridad para pacientes y para la aplicación
  - 1.1. Prevención
  - 1.2. Protección de la información
2. Perspectivas de investigación futuras

## **161 CONCLUSIONES**

## **163 BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS**

Referencias sobre normativa  
Referencias en Internet

## **171 APÉNDICE**

Instalaciones radioeléctricas certificadas en el entorno de los domicilios, conforme el RD 1066/2001.

## RESUMEN

Una de las mejoras en la portabilidad de los sistemas de monitorización ambulatoria es por medio de sensores acoplados al cuerpo con dispositivos de telemetría inalámbricos. Esto libera al usuario de la necesidad de transportar el dispositivos de almacenamiento de datos. En estos tipos de sistemas de telemetría, es probable que coexistan un gran número de dispositivos con enlaces inalámbricos en el mismo área compartiendo el espectro electromagnético. Las Interferencias Electromagnéticas (EMI) pueden ser un problema serio para cualquier dispositivo electrónico, pero en el caso de los dispositivos médicos, las consecuencias pueden ser vitales.

Esta investigación está centrada en el estudio electromagnético de los domicilios urbanos teniendo en cuenta el interés creciente en la implementación de sistemas de telemedicina para aplicaciones de atención domiciliaria para pacientes crónicos y población mayor.

Se presentan una serie de normativas relativas a la exposición humana a campos electromagnéticos, a la compatibilidad electromagnética de dispositivos electromédicos y de equipos de radiocomunicaciones. Sin embargo, esta regulación no comprende los escenarios de las aplicaciones de telemedicina domiciliaria emergentes. Así mismo, es escasa la información sobre medidas de entornos electromagnéticos en domicilios y sobre temas de telemedicina.

La investigación ha estado dirigida a la caracterización electromagnética presente en los domicilios urbanos con la finalidad de analizar el uso seguro de sistemas de telemedicina domiciliaria. Se han llevado a cabo medidas en 46 domicilios y 56 registros en un mismo domicilio durante un largo período de tiempo conforme a la norma ICNIRP-98. Así mismo, se han comprobado las características de radiación de los equipos domésticos electrónicos más frecuentes para analizar el potencial riesgo creado y los posibles fallos de funcionamiento conforme a las normas europeas existentes.

De este estudio se concluye que en los domicilios de Madrid se presentan niveles electromagnéticos seguros conforme a la norma ICNIRP-98 actual. Estos niveles aparecen estables en el tiempo y en las distintas localizaciones. Sin embargo, la presencia de picos o ráfagas de niveles relativamente altos en la proximidad de ordenadores personales, teléfonos inalámbricos, etc, indica la necesidad de realizar un estudio local detallado de las condiciones electromagnéticas del domicilio en el que se va a instalar la aplicación de telemetría, junto con la recomendación de plantear una normativa de inmunidad de dispositivos electromédicos más severa.

## SUMMARY

One emerging approach to improving the wear ability of continuous ambulatory monitoring systems is to improve body-attached sensors with built-in wireless telemetry. Thus freeing the user from having to carry a data recorder. For these telemetry systems, it is probably that a large number of wireless links coexist in the same area sharing the electromagnetic environment. Electromagnetic Interference (EMI) can be a serious problem for any electronic device, but in the case of medical devices can have life-threatening consequences.

This research concerns the assessment of Electromagnetic (EM) environments in urban home sites, due to an increasing interest on implementing telemedicine systems for home care applications such as chronic patients and elderly care.

A number of standards have been introduced to cope with human exposure, for Medical Devices Electromagnetic Compatibility (EMC) and Radio communications equipments EMC. However, these standards do not cover the emerging home telemedicine scenarios. Furthermore, literature is scarce on data for measured EM environments in home sites and telemedicine EMC issues.

This research address the characterizing of EM environments actually present in urban homes regarding the assessment for potential safe use of home telemedicine systems. Practical measurements have been performed at 46 sites in accordance with ICNIRP-98 standard and 56 records at 1 site during a set period of time. In addition, main domestic Radiofrequency emitters and their radiation characteristics were observed. The data has been analyzed with regard to potential risks and operational disturbances in accordance with existing European standards.

Results from these studies of EM levels at home sites in Madrid reveals that baseline levels are safe in accordance to with current standard (ICNIRP-98). These levels seem to be quite stable with time and irrespective of the location in the city. However, the presence of relative high peaks or burst of radiated signals in the proximity of household equipment such as computing devices, expands the wireless telephone, etc, are notorious and in some cases thus making necessary an local assessment EM

conditions regarding risk analysis prior to the installation of a home telemedicine application and recommendation of new standard of electro medical devices with more restrictive immunity requirements.

## AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en este libro han sido desarrollados en la Tesis Doctoral “Compatibilidad electromagnética y seguridad en APLICACIONES DE REDES PERSONALES SIN HILOS PARA BIOTELEMETRÍA” dirigida por el Dr. José Luís Monteagudo Peña y por el Dr. José Luís Bardasano Rubio y han sido soportados por el Instituto de Salud Carlos III mediante la beca BISCIII, con número de Expediente 00/0011, así como parcialmente durante el año 2004, por la Red Temática de Investigación en servicios de salud basados en Telemedicina del F.I.S. (G03/117), en el Área de Telemedicina y Sociedad de la Información, dirigida por el Dr. José Luís Monteagudo y perteneciente a la Unidad de Coordinación de Informática Sanitaria.

Mi agradecimiento al Instituto de Salud Carlos III por la oportunidad que me ha ofrecido de realizar en él los estudios de Doctorado y esta Tesis y a la acogida por parte del Departamento de Especialidades Médicas de la Universidad de Alcalá en su Programa de Doctorado.

Hago constar mi agradecimiento por la disponibilidad de todas las familias que me han permitido llevar a cabo las mediciones en sus domicilios.

Mi gratitud al equipo del Área de Telemedicina y Sociedad de la Información del Instituto de Salud Carlos III dirigido por José Luís Monteagudo: Pilar García-Santesmases, Oscar Moreno, Jorge García, Susana Cerezo, Natalia González-Páramo y Pablo Blanco. Las aportaciones y el entusiasmo de todos ellos han hecho posible la materialización de esta tesis.



# INTRODUCCIÓN

## 1. GENERAL

La telemedicina consiste en la provisión de servicios médicos a distancia usando medios electrónicos y de telecomunicaciones (Monteagudo, 2002). Desde sus orígenes la motivación principal para su uso ha sido la de facilitar el acceso a los servicios sanitarios desde lugares remotos y aislados. Otro motivo típico ha sido su utilización como soporte a los equipos médicos en situaciones de emergencias médicas y de desastres. Sin embargo, cada vez más, se considera su capacidad para facilitar el acceso desde cualquier punto a recursos de diagnóstico o al conocimiento especializado. Entre las áreas de interés creciente están la provisión de cuidados a domicilio a enfermos crónicos y para ancianos así como soporte a Cirugía Mayor Ambulatoria y Hospitalización a Domicilio. La experiencia muestra que la telemedicina presenta un potencial muy apreciado para educación y formación evitando costes de tiempo y desplazamientos a los profesionales sanitarios.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso en Ginebra en 1997 la siguiente definición de Telemedicina:

*“El suministro de servicios de atención sanitaria, en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven.”*

Por su parte, el Instituto Nacional de la Salud Español, en el documento “Plan de la Telemedicina del INSALUD”, (Insalud, 2000) elaborado en 1998, considera que Telemedicina es

*“La utilización de las tecnologías de la información y de las comunicaciones como un medio de proveer servicios médicos, independientemente de la localización tanto de los que ofrecen el servicio, como de los que lo reciben, y la información necesaria para la actividad asistencial.”*

La tecnología de comunicaciones actual aplicada a la atención sanitaria nos permite una flexibilidad y una movilidad de la monitorización de los pacientes utilizando redes de comunicaciones inalámbricas que suponen una mejora de la calidad y una reducción del coste de la atención del paciente. La utilización de sistemas inalámbricos integrados para las aplicaciones clínicas en todo el recinto hospitalario y para las aplicaciones no hospitalarias, supone un funcionamiento más eficiente, efectivo y competitivo del sistema sanitario.

Así mismo, la atención a pacientes con enfermedades crónicas es una fuente creciente de gastos en los sistemas sanitarios en todo el mundo. Los modelos sanitarios tradicionales, basados en la atención aguda y por episodios, tienen graves dificultades para adaptarse a esta realidad. La necesidad de atención en su propio domicilio que requieren estos pacientes, o la complejidad de la coordinación de los múltiples profesionales sanitarios que intervienen, con tareas y bases de operación distintas, son dos ejemplos que resaltan las serias dificultades que los sistemas actuales tienen para abordar eficientemente este tipo de situaciones.

La atención domiciliaria, definida como el conjunto de actividades asistenciales, sanitarias y sociales que se desarrollan en el domicilio, se ha convertido en una solución atractiva para una gran cantidad de pacientes, debido a la posibilidad de una mejor calidad de vida y de disminución de costes. Además, la gestión en el hogar de algunas dolencias crónicas como la insuficiencia cardiaca, da lugar a un mejor cuidado del paciente basado en elementos simples como una mejor educación, monitorización de su cumplimiento terapéutico y el reconocimiento temprano de señales premonitorias de

descompensación. Así, los sistemas de telemetría resultan beneficiosos haciendo rentables cuidados sanitarios domiciliarios de alta calidad. Al mismo tiempo son altamente innovadores si están implementados e integrados con los sistemas modernos de telecomunicaciones y de informática.

El modelo de enfermedad que se ha impuesto en las sociedades desarrolladas, en las que ha tenido lugar la transición demográfica (modificación de la pirámide poblacional, con tasas muy altas de envejecimiento) y la transición epidemiológica (predominio marcado de las enfermedades crónicas que se agrupan en el mismo individuo), viene marcado por el impacto que la enfermedad tiene sobre la autonomía del sujeto, sobre su capacidad funcional en el sentido más amplio del término: función física, pero también función mental sin el concurso de la cual la capacidad de vida autónoma, libre e independiente queda seriamente comprometida. Ante la posibilidad de prolongar los límites de la vida y la acumulación de enfermedades crónicas (que no se curan, sino que se tratan), la medicina moderna tiene planteado el reto de prevenir el deterioro funcional y, en caso de que se produzca, impedir su progresión por medio de la implementación de sistemas de rápida detección de alteraciones de la movilidad y que, por tanto, permitan aplicar de forma precoz cuidados encaminados a la recuperación y/o minimización de los efectos del deterioro (aplicación de una prevención efectiva).

España, como el resto de los países europeos, se está convirtiendo en un país envejecido. Se prevé que las personas mayores de 60 años supondrán en el 2010 más del 20 % de la población. Además, los pronósticos de las Naciones Unidas auguran que en el año 2050 España será el país más envejecido del planeta. Según estudios de la Unión Europea realizados basándose en las últimas tendencias demográficas y de esperanza de vida (CE, 2001), el efecto “espontáneo” del envejecimiento demográfico podría incrementar el porcentaje de gastos públicos destinados a Sanidad y a asistencia de larga duración para el período 2000-2050 de 1,7 hasta casi 4 puntos del PIB, lo cual representa un nivel de gastos públicos comprendido entre un 7,5 % y un 12,1 % frente a un 5,5 % del año 2000.

Es por tanto fundamental desarrollar nuevas herramientas que faciliten la asistencia sanitaria y aumenten el bienestar de estos colectivos.

Mediante la utilización de las tecnologías de comunicaciones móviles, se pretende facilitar la interfase entre el médico y el paciente, disminuir desplazamientos innecesarios y mejorar el seguimiento de los pacientes, incorporando estas tecnologías al quehacer diario.

La situación actual de los sistemas de telemetría sin hilos presenta algunas ventajas sobre los sistemas cableados, tales como:

- Permitir a los pacientes mayor movilidad y confort. Los equipos de telemetría médica transmiten y reciben parámetros del paciente, tales como pulso cardiaco, electrocardiograma (ECG), ritmo respiratorio, presión sanguínea,  $SO_2$ , por medio de pequeños monitores
- Permitir a los médicos disponer de los datos instantáneos así como su evolución temporal desde la localización del paciente
- Disponer de una instalación más rápida y económicamente de lo que supondría un sistema de telemetría tradicional.

En los últimos años ha habido un notable incremento de las demandas de sistemas de telemetría permitiendo en muchos casos la atención ambulatoria de los pacientes tras la intervención médica. Junto con el crecimiento de estas aplicaciones, ha crecido también la preocupación sobre las posibles interferencias producidas por otras aplicaciones de radiofrecuencia (RF). Por ejemplo, en febrero de 1998, ocurrió un incidente en el Centro Médico Baylor de Dallas, Texas, en el que el 50% del sistema de telemetría se bloqueó por la interferencia causada por una estación de televisión local en pruebas de TV de alta definición. Estos incidentes así como otros factores ponen de manifiesto la necesidad de una cuidadosa asignación de la banda de frecuencias de telemetría médica para minimizar el riesgo de estas interferencias.

Los actuales sistemas de telemetría surgen como solución a las limitaciones presentadas por los sistemas que operan en las bandas de frecuencias más bajas, tales como:

- Ancho de banda limitado
- Sistemas unidireccionales
- Exclusión de la transmisión de vídeo por la necesidad de un ancho de banda significativo para su transmisión

- Exclusión de la transmisión de voz para evitar la utilización del equipo como intercomunicador inalámbrico.
- No-existencia de normas de interoperabilidad, lo que supone un incremento del coste, complejidad e interferencias de RF.

Cada banda de frecuencias en el espectro radioeléctrico tiene asignado unos usuarios primarios según el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (OM, 2003), frecuencias establecidas para su aplicación a las utilidades que se señalan, de acuerdo con las reglamentaciones internacionales, las disponibilidades nacionales y las limitaciones que se establecen. En algunas bandas, estos usuarios primarios comparten bandas con otros usuarios secundarios que no deben interferir con los primarios.

Una alternativa para evitar las anteriores limitaciones, se presenta en la utilización de las bandas Industrial, Científica y Médica (ICM) de 2.403 – 2.500 MHz y 5.725 – 5.875 MHz, de utilización bidireccional asignadas a dispositivos de corto alcance, telemando y telemedida, implantes médicos activos, entre otros y suponen la disponibilidad de unas frecuencias libres de emisiones intencionadas por parte de transmisores de aplicaciones no médicas. Dentro de estas bandas de frecuencias, se encuentra la banda de 2.400 – 2.483,5 MHz asignada a las Redes de Área Local para interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en interior de edificios y aplicaciones de baja potencia para transmisión de datos por radio en recintos cerrados y exteriores de corto alcance. Los sistemas de telemetría que utilizan estas bandas presentan, entre otras, las siguientes ventajas:

- Mayor ancho de banda que incluye bandas de guarda para protección frente a interferencias producidas por canales adyacentes
- Permite transmisión de voz y/o vídeo
- Los dispositivos de telemetría médica compatibles con IEEE 802.1X pueden comunicarse con otros dispositivos sin hilos o cableados utilizando puntos de acceso (AP) bidireccionales. La limitación del número de dispositivos conectados la determina la infraestructura del punto de acceso
- La banda ICM está disponible y es accesible en todo el mundo para aplicaciones sin hilos, con la implicación que supone de economía de escala y mejora de prestaciones

- Las características de propagación de las frecuencias en la banda de 2,4 GHz hacen que sea la banda óptima para utilización en el interior de edificios, donde su estructura atenúa la señal entre pisos
- El cumplimiento de la especificación IEEE 802.1X permite el transporte de los dispositivos sin necesidad de resintonización
- Aunque la gestión del espectro es necesaria, no hace falta una gestión de las frecuencias, incluso para aplicaciones multi-hospitalarias
- La utilización de herramientas de gestión de redes permite monitorizar el tráfico en la red para determinar la carga y los factores de utilización cuando la carga de la red excede un umbral
- La escalabilidad permite soluciones flexibles a un coste óptimo según las necesidades de la red
- La norma IEEE 802.11 especifica un mecanismo de seguridad que proporciona acceso a comunicaciones seguras punto a punto. El algoritmo WEP (Wired Equivalency Privacy) inhabilita la utilización de datos encriptados por parte de otras estaciones de la red inalámbrica
- A diferencia de los sistemas tradicionales de telemetría, el paciente sometido a monitorización no está sujeto a un receptor particular
- Como todos los transmisores en esta banda deben utilizar comunicaciones de baja potencia en espectro disperso, no puede haber dispositivos incontrolados en el exterior del hospital o del domicilio que pueden suponer un riesgo para la aplicación

La utilización de nuevos sistemas de telemetría médica y sus bandas de frecuencias de trabajo llevan asociados la necesidad de un estudio detallado de los posibles efectos sobre la aplicación y la elaboración de un proyecto de instalación minucioso, presentando algunas limitaciones, como son:

- Las redes requieren un análisis detallado antes de la instalación o de la aplicación nueva, para optimizar el emplazamiento de los puntos de acceso
- Otros emisores en la banda, tales como teléfonos móviles, otras redes de inalámbricos u hornos de microondas, pueden causar interferencias

Una aplicación clínica de la tecnología de redes sin hilos utilizando la banda de 2,4 GHz podría incluir:

- Telemetría médica ambulatoria de varios parámetros
- Documentación clínica accesible desde el paciente, con posibilidad de comprobación
- Acceso inmediato al sistema de información del hospital desde el punto de atención al paciente
- Mejora de la eficiencia para casos de atención respiratoria, terapia y otros profesionales
- Admisión, descarga y transferencia de información desde la cama del paciente
- Mejora en el proceso de administración de medicación, incluyendo la evaluación de su utilización desde la cama del paciente
- Control de las muestras de laboratorio del paciente a través de códigos de barras identificativas del paciente y de las muestras
- Acceso a documentación de diagnósticos, intervenciones y atención ambulatoria

Para evitar realizar inversiones en infraestructuras inalámbricas y sistemas de telemetría biomédica que pronto se vuelvan obsoletos y deban ser reemplazados por sistemas nuevos, los hospitales e instalaciones sanitarias deberán plantear la aplicación a largo plazo definiendo las prestaciones de la aplicación de telemetría. Los departamentos de ingeniería biomédica y de tecnologías de la información deberán trabajar conjuntamente para definir, instalar y mantener el sistema de telemetría biomédica inalámbrico más apropiado en cuanto a facilidades y a presupuesto económico.

Cada tecnología inalámbrica tiene sus ventajas y sus desventajas que deberán ponderarse adecuadamente según los requerimientos de la instalación y de sus prestaciones. En las aplicaciones de monitorización de pacientes, las características principales serán la fiabilidad y la seguridad: el contacto con el paciente se debe mantener en todo momento. El ancho de banda, la flexibilidad, la capacidad de expansión, la facilidad de implementación y el coste, son importantes, pero son consideraciones secundarias. La utilización de la banda ICM de 2,4 GHz ofrece un

enlace fiable para el paciente ambulatorio, facilita el transporte y la monitorización portátil del paciente, junto con gran variedad de prestaciones o herramientas tales como teléfonos IP, PDAs, laptop y PC portátiles. En este tipo de sistemas de telemetría, es probable que un gran número de enlaces inalámbricos coexistan en el mismo área compartiendo el entorno electromagnético en la misma localización.

Varios conceptos a tener en cuenta son los de CEM y EMI. La capacidad de los sistemas eléctricos y electrónicos de funcionar en un entorno electromagnético sin efectos adversos, se conoce como Compatibilidad Electromagnética (CEM). La realidad es que cualquier sistema electrónico puede alterar su funcionamiento si se somete a emisiones electromagnéticas de cierta potencia. Por esta razón, la citada compatibilidad EM se puede conseguir restringiendo o controlando las emisiones electromagnéticas, así como asegurando que los sistemas electrónicos presenten la suficiente inmunidad frente a las Interferencias Electromagnéticas (EMI).

El problema de la CEM en los entornos sanitarios aumenta la preocupación de la existencia de riesgos potenciales de EMI debidos a la diversidad de equipos electrónicos utilizados y las condiciones de seguridad implicadas.

Por otra parte, debido a la proliferación de sistemas de comunicaciones inalámbricas y otros sistemas de emisión de RF para voz y datos así como para biotelemetría, señalización, alarma y localización, se ha registrado un incremento en la preocupación de la población sobre los efectos potenciales de la exposición a radiaciones electromagnéticas (CE, 1996). Esta inquietud está obligando a considerar cuestiones de compatibilidad electromagnética y gestión del espacio radioeléctrico en los entornos sanitarios así como restricciones básicas relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

Aunque el número de fallos registrados en dispositivos médicos debidos a EMI en productos sanitarios es relativamente bajo en comparación con todos los fallos registrados, la gran difusión de estos informes y la gravedad de los problemas descritos, demuestra que las consideraciones sobre CEM en el diseño de equipos, la normativa, las verificaciones y las precauciones tomadas por los usuarios, son esenciales para la seguridad y la fiabilidad de los dispositivos médicos electrónicos.

Actualmente existen numerosas aplicaciones y productos de uso cotidiano que utilizan la energía electromagnética. La existencia de un número creciente de infraestructuras de comunicaciones móviles y equipos emisores-receptores de radiocomunicación ha dado lugar a una demanda de información por parte de los ciudadanos en cuanto a posibles efectos de las emisiones radioeléctricas sobre la salud de las personas y las condiciones de funcionamiento que deben respetarse para evitar cualquier riesgo.

El Consejo de la Unión Europea considera absolutamente necesaria la protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que puedan resultar de la exposición a campos electromagnéticos. Estas medidas en relación con los campos electromagnéticos, deberán promover acciones sobre la limitación de la exposición del público en general y deberán guardar proporción con otros aspectos de la calidad de vida en relación con servicios en que se recurre a los campos electromagnéticos, en sectores como las telecomunicaciones, la energía, la sanidad o la seguridad pública.

La definición de la compatibilidad electromagnética se refiere a su entorno y no a un entorno o a todos los entornos. En la mayoría de los casos, las propiedades del entorno no son previsibles al 100%. Esto implica que las especificaciones de la CEM pueden ser establecidas únicamente de manera que exista una probabilidad reconocida o aceptable de que este dispositivo se beneficie de la CEM en ciertos entornos.

Cuando se establecen especificaciones de CEM, los valores específicos deben ser atribuidos a los niveles de perturbaciones electromagnéticas en casos particulares. La configuración del ensayo deberá ser descrita con detalle: describir la disposición de los componentes del sistema y las configuraciones destinadas a optimizar el nivel de emisión. En el lugar donde se encuentran varios dispositivos susceptibles, el entorno electromagnético viene determinado por todos los dispositivos, aparatos o sistemas que emiten energía electromagnética. Por tanto, numerosos tipos de perturbaciones (por tipo se puede entender también la forma de onda) pueden estar presentes simultáneamente. Resulta también necesario el establecimiento de condiciones que faciliten y hagan compatible un funcionamiento simultáneo y ordenado de las diversas instalaciones radioeléctricas y los servicios a los que dan soporte.

El entorno electromagnético de una aplicación de biotelemedicina puede variar de una zona rural a una urbana. Las condiciones de exposición del entorno domiciliario se consideran como no-controladas, en oposición a las condiciones de exposición controladas (entorno hospitalario o laboral).

La existencia de normas de inmunidad electromagnética garantiza la seguridad de los equipos y de los sistemas electromédicos. La compatibilidad electromagnética difiere de otros aspectos de seguridad debido a la existencia del fenómeno electromagnético, con variación de los grados de severidad, en ambientes de uso normal de todos los equipos y sistemas y por la definición de equipo que debe “funcionar satisfactoriamente” dentro de su ambiente previsto. Esto significa que el enfoque de un fallo simple convencional para la seguridad no es adecuado para la aplicación de las normas de compatibilidad electromagnética. El entorno de perturbación electromagnética se puede comparar a la temperatura ambiente, la humedad y la presión atmosférica. Los equipos y sistemas pueden experimentar distintas condiciones ambientales dentro del rango esperado en cualquier momento, y durante periodos de tiempo amplios. Como con la presión atmosférica y la humedad, el usuario del equipo y/o sistema, normalmente, no puede ser consciente de los niveles electromagnéticos ambientales y bajo estas condiciones, el funcionamiento del equipo y/o sistema se esperaría también que fuera normal.

La distinción entre normas de seguridad y normas de funcionamiento no es clara a veces. Los equipos y/o sistemas se usan en la práctica de la medicina porque realizan funciones necesarias. Si un equipo y/o sistema no cumple su función, debido a una carencia de inmunidad para los sucesos esperados en el entorno de utilización normal, interfiere con la práctica de la medicina y no se puede considerar una situación aceptable.

Así mismo, debido a que la práctica de la medicina involucra muchas especialidades, se necesitarán equipos y/o sistemas que estén diseñados para realizar una variedad de funciones. Algunas funciones involucran, por ejemplo, medición de señales de un paciente que son de niveles muy bajos cuando las comparamos con los niveles de ruido electromagnético que se puede acoplar en el equipo y/o sistema. El fabricante debe revelar los niveles en los cuales el equipo y/o sistema satisface los requisitos de

funcionamiento y especificar las características del entorno de uso electromagnético, en el cual el equipo y/o sistema funcionará según se ha previsto.

Para cualquier aplicación de telemetría en entornos no hospitalarios, se requerirá la evaluación del entorno electromagnético previamente existente en el domicilio concreto (RD, 2001) como garantía de seguridad para el paciente (ICNIRP, 1998) y para la aplicación sanitaria (AENOR, 2002c).



# **JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

## **1. OBJETIVOS**

El objeto de este estudio es analizar el entorno electromagnético de los domicilios urbanos y los dispositivos emisores de Radiofrecuencia utilizados frecuentemente en los hogares.

Se investiga sobre el entorno electromagnético real de los domicilios urbanos para valorar las condiciones de utilización segura de los sistemas de telemedicina domiciliaria. Se han estudiado los entornos urbanos por considerarse previsible una densidad de fuentes radiantes mayor que en los entornos rurales. Estas fuentes radiantes pueden ser instalaciones radioeléctricas exteriores al domicilio y/o dispositivos electrónicos existentes en el propio domicilio.

### **1.1. ANTECEDENTES**

Actualmente estamos viviendo un gran desarrollo de los sistemas de telemedicina diseñados para proporcionar atención domiciliaria a pacientes crónicos y de edad avanzada (Monteagudo, 2004). Además, los sistemas de monitorización portátiles que disponen de sensores no invasivos, juegan un papel esencial en la monitorización sanitaria continua de gran cantidad de pacientes. La principal limitación de tales sistemas de monitorización ambulatoria se encuentra en el equipo portátil asociado y su posibilidad de generar artefactos por la actividad del paciente.

Una de las posibles mejoras de la portabilidad de los sistemas de monitorización ambulatoria es la utilización de sensores en contacto con el cuerpo que incluyan un sistema de telemetría inalámbrico. Esto libera al usuario de la necesidad de transportar el registrador de los datos. En este tipo de sistemas de telemetría, es probable que un gran número de enlaces inalámbricos coexistan en el mismo área compartiendo el entorno electromagnético en la misma localización.

Actualmente, la conectividad inalámbrica está alcanzando gran difusión y los escenarios descritos en las aplicaciones relacionadas con Inteligencia Ambiental (Ambient Intelligence, Aml) que se prevén para la atención domiciliaria futura, hacen uso intensivo de las comunicaciones por radio ubicuas (CE, 2002).

La capacidad de los sistemas eléctricos y electrónicos de funcionar en un entorno electromagnético sin efectos adversos, se conoce como Compatibilidad Electromagnética (CEM). La realidad es que cualquier sistema electrónico puede alterar su funcionamiento si se somete a emisiones electromagnéticas de cierta potencia. Por esta razón, la citada compatibilidad EM se puede conseguir restringiendo o controlando las emisiones electromagnéticas, así como asegurando que los sistemas electrónicos presentan la suficiente inmunidad frente a las Interferencias Electromagnéticas (EMI).

El problema de la CEM en los entornos sanitarios aumenta la preocupación de la existencia de riesgos potenciales de EMI debidos a la diversidad de equipos electrónicos utilizados y las condiciones de seguridad implicadas.

Los esfuerzos realizados para asegurar la Compatibilidad Electromagnética de los sistemas de telemedicina domiciliarios están motivados por las siguientes situaciones:

- degradación de prestaciones debidas a EMI asociadas a muertes, daños graves o administración errónea de tratamientos
- utilización de dispositivos médicos en las proximidades de otros dispositivos, cuyas emisiones electromagnéticas pueden causar degradación de prestaciones entre sí
- entorno electromagnético cada vez más intenso (por ejemplo, teléfonos celulares y portátiles, sistemas inalámbricos, comunicaciones móviles, sistemas con pagging, telemetría...)

- dispositivos de telemetría médica que comparten frecuencias de comunicaciones con equipos comerciales y que han registrado incidentes durante tratamientos de soporte vital
- degradación de prestaciones en sistemas basados en microprocesador cuyo resultado es la pérdida de datos almacenados y la necesidad de intervención del operador del sistema
- aumento del número de hogares y hospitales ubicados en las proximidades de estaciones emisoras (y viceversa)
- los usuarios de los dispositivos no suelen estar informados sobre su entorno electromagnético y sus características de intensidad de campo, distribución de frecuencia o características temporales
- una vez experimentada la degradación de prestaciones del dispositivo médico, es frecuente que el usuario no la asocie con EMI como posible causa de fallo, por lo que el fallo quedará asociado a otra causa
- incidentes de interferencias aislados pueden ser imposibles de registrar o de repetir
- los usuarios y los fabricantes a menudo disienten sobre la responsabilidad de evitar los problemas de EMI
- muchos de los incidentes registrados se podían haber evitado aplicando técnicas de diseño adecuadas, cumpliendo la normativa existente y aplicando métodos de prueba para controlar las emisiones y asegurar la inmunidad adecuada

Por otra parte, debido a la proliferación de sistemas de comunicaciones inalámbricas y otros sistemas de emisión de RF, se ha registrado un incremento de la preocupación de la población sobre los efectos potenciales de la exposición a radiaciones electromagnéticas (CE, 1996).

## **1.2. MARCO DE LA INVESTIGACIÓN**

Hay un gran número de normas relativas a la exposición a campos electromagnéticos y la salud (ICNIRP,1998), sobre Compatibilidad electromagnética de dispositivos médicos (AENOR, 2002c) y sobre Compatibilidad Electromagnética en equipos de

radiocomunicaciones. Sin embargo, estas normas no contemplan los entornos emergentes de las aplicaciones de telemedicina domiciliaria. Así mismo, es escasa la literatura sobre medidas del entorno electromagnético domiciliario y la telemedicina.

Organismos reguladores nacionales e internacionales han establecido diferentes límites de niveles permitidos de radiación electromagnética. La Unión Europea ha reconocido la importancia del problema de la CEM, y todos los productos vendidos en Europa deben cumplir los requerimientos establecidos en la Directiva europea. La norma que regula los dispositivos electromédicos, IEC 60601-1-2 (AENOR, 2002c), establece las pruebas de inmunidad frente a radiaciones en las frecuencias entre 80 MHz y 2,5 GHz para dispositivos sanitarios de soporte vital y de no soporte vital y establece los límites de distancias consideradas de seguridad de separación de los pacientes con dispositivos acoplados.

Se investiga el entorno electromagnético en los domicilios potencialmente receptores de una aplicación de telemedicina por medio de un estudio de dosimetría cuyo objetivo es la verificación del cumplimiento de las restricciones básicas o de los niveles de referencia establecidos en la normativa. El dispositivo utilizado registra las medidas de E y H ponderadas en frecuencia conforme la norma ICNIRP-98, relativa a exposición a campos electromagnéticos (ICNIRP,1998) expresado en porcentaje sobre el valor de referencia para exposición a campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo.

También se estudia el entorno radioeléctrico de los domicilios tomados como muestra a partir de la información disponible en la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, perteneciente al Ministerio de Turismo, Industria y Comercio, en el Servicio de Información sobre instalaciones radioeléctricas y niveles de exposición.

Se analizan los niveles de radiación en condiciones de campo cercano procedentes de electrodomésticos frecuentemente disponibles en los hogares.

## 2. TELEMETRÍA DESDE EL DOMICILIO

La evolución de la población en Europa presenta la situación siguiente:

- aumento en el número de pacientes con enfermedades crónicas (diabetes, asma, dolencias cardiovasculares, etc)
- los sistemas nacionales de salud incrementan sus costes y se encuentran con serios problemas de financiación y de presupuesto
- los pacientes (y la población sana) son proactivos, conscientes de su salud y exigen una atención sanitaria individual y personalizada
- la movilidad de la población en Europa está creciendo

Por parte de todos los participantes en la sanidad, se aspira a:

- tener el mismo nivel de atención sanitaria siguiendo la actividad normal, sin tener que estar sujeto al hospital
- mantener una alta calidad de vida a pesar de tener una enfermedad crónica
- poder tener monitorizados los parámetros clínicos sin acudir al centro sanitario
- poder suministrar a los pacientes la atención y la terapia más eficiente

El término de Telemedicina se refiere a la utilización de tecnología de telecomunicaciones para diagnóstico médico, tratamiento y atención al paciente. Teniendo en cuenta el aumento de población de edad avanzada y de pacientes crónicos, la telemedicina se considera de interés creciente para el seguimiento de pacientes que han estado sometidos a tratamiento hospitalario, permitiendo la monitorización desde el hogar.

Los servicios de teleasistencia domiciliaria (Toledo, 2003), también conocidos como servicios personales de respuesta, servicios de alarma social, telealarmas, o servicios de primera respuesta, fueron los primeros, y de momento los únicos, que se prestan de manera rutinaria a personas mayores en su domicilio.

Su éxito se debe a que cubren una necesidad (prestar atención en caso de emergencia y reducir la ansiedad de las personas mayores que viven solas), son eficientes, coste efectivos (disminuyen el uso de servicios médicos) y sencillos de usar, instalar y

mantener. Sin embargo, este tipo de servicios tienen escasa penetración en España en comparación con otros países europeos. Desde 1996, estos sistemas de teleasistencia pueden considerarse como comúnmente aceptados e integrados en los servicios sociosanitarios ofrecidos en los países industrializados.

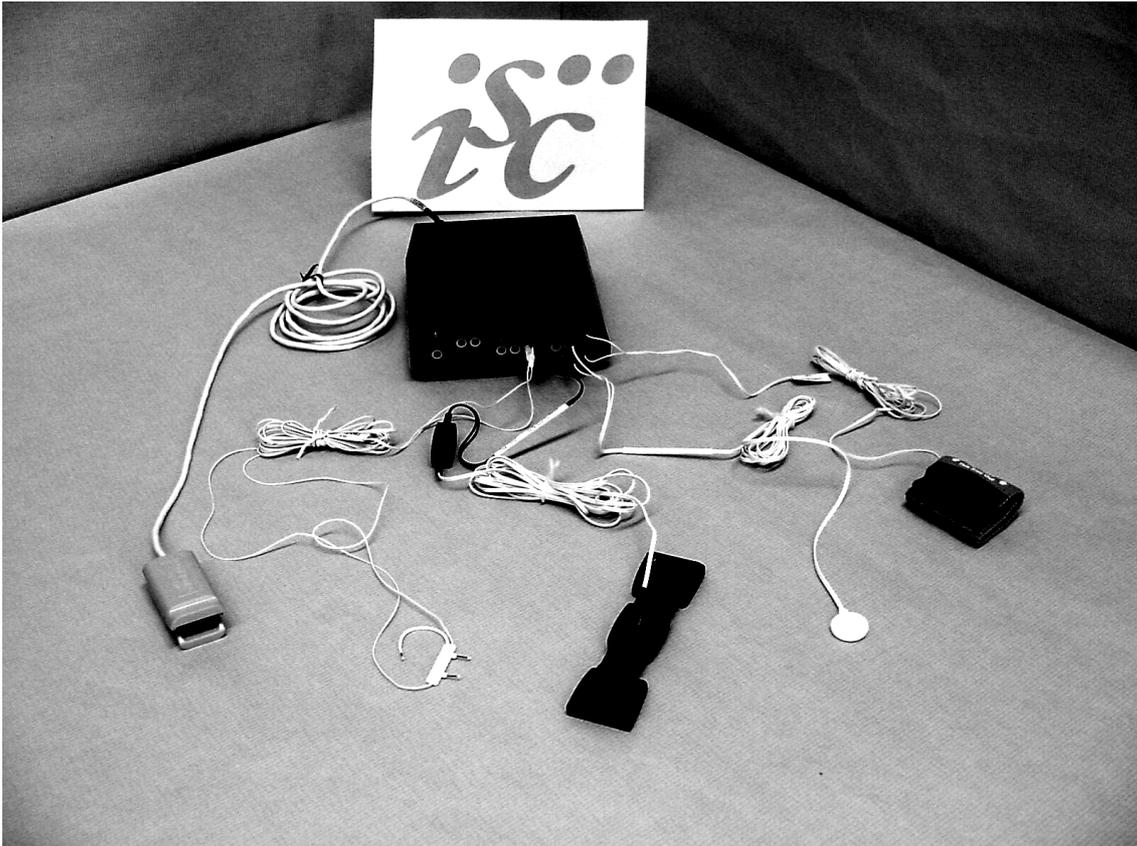
A continuación, la investigación se dirigió a sistemas de generación automática de alarmas a partir de datos de monitorización continua, tanto de parámetros biológicos como de las actividades diarias del paciente, debido a que muchos de los problemas no se detectaban porque el paciente era incapaz de pedir ayuda o tardaba mucho en reaccionar. Estos sistemas pueden monitorizar de manera continua un número de variables sensibles a cambios en el estado de salud funcional y generar una alarma cuando se observan deterioros o problemas significativos, es decir, constituyen un complemento a los sistemas de telealarmas.

Existen múltiples experiencias de telemonitorización domiciliaria de pacientes en patologías como la diabetes, las enfermedades respiratorias o cardíacas y la hipertensión, así como en otros ámbitos como seguimiento de embarazos de riesgo y los estudios nocturnos de sueño. En la Tabla 2.1. siguiente se presentan algunas patologías con sus señales y parámetros utilizados en su seguimiento

**TABLA 2.1.  
MONITORIZACIÓN EN ENFERMEDADES CRÓNICAS**

Diabetes	Nivel de glucosa en sangre
Patologías respiratorias (EPOC)	Flujo espiratorio máximo (FEM) Espirometría forzada (FEV, FVC) Saturación de oxígeno en sangre
Enfermedades cardíacas	ECG Presión arterial Peso Pulso Sonidos cardíacos Ritmo cardíaco
Ancianos	Presión arterial Pulso Temperatura
Hipertensión	Presión arterial
Estudios de sueño	Ritmo respiratorio Pulsioximetría ECG

Tradicionalmente, la línea telefónica permitía cierto intercambio de imágenes, de datos y de audio en estas aplicaciones proporcionando un servicio de bajo coste. Sin embargo, los avances en las tecnologías inalámbricas están introduciendo aplicaciones más versátiles y flexibles en la atención sanitaria, particularmente en la atención y/o hospitalización domiciliaria.



**Figura 2.1. Distintos tipos de sensores**

Los terminales inalámbricos se pueden acoplar a monitores de parámetros fisiológicos transfiriendo los datos a la consulta del médico y permitiendo el seguimiento en un área limitada como puede ser el domicilio del paciente. La tecnología inalámbrica se puede integrar directamente con los sensores en un único chip para facilitar la continuidad de la monitorización ambulatoria. Se presentan tres alternativas:

- a. La primera posibilidad de monitorización domiciliaria es por medio de la tecnología de comunicaciones tradicional como enlace entre el cuidador principal o de referencia

en el domicilio y el personal sanitario en el hospital. Esta opción minimiza la intimidación que pueda producir la tecnología.

b. La segunda posibilidad es la monitorización por medio de un enlace inalámbrico dedicado, que permite la monitorización ambulatoria continua, transparente, de larga duración y que minimiza la interacción con el usuario.

c. La última posibilidad es la utilización de terminales que incluyan capacidad de telecomunicación (telesensores). Esta opción minimiza la necesidad de equipos especializados.



**Figura 2.2. Paciente sometido a monitorización**

Los sistemas de monitorización portátiles que utilizan sensores no invasivos juegan un papel primordial en la monitorización de pacientes durante largos periodos de tiempo. Estos sistemas no sólo permiten la vigilancia de señales vitales del paciente más frecuentemente de lo que se controlarían con la visita física, sino también permite un diagnóstico más preciso gracias al seguimiento de los pacientes en sus condiciones ambientales habituales.

La principal limitación de los sistemas de monitorización ambulatoria portátiles, por ejemplo los monitores Holter, es la “portabilidad” del equipo asociado, la necesidad de transferir periódicamente los datos almacenados al equipo de monitorización y la posibilidad de señales erróneas originadas por la actividad del paciente.

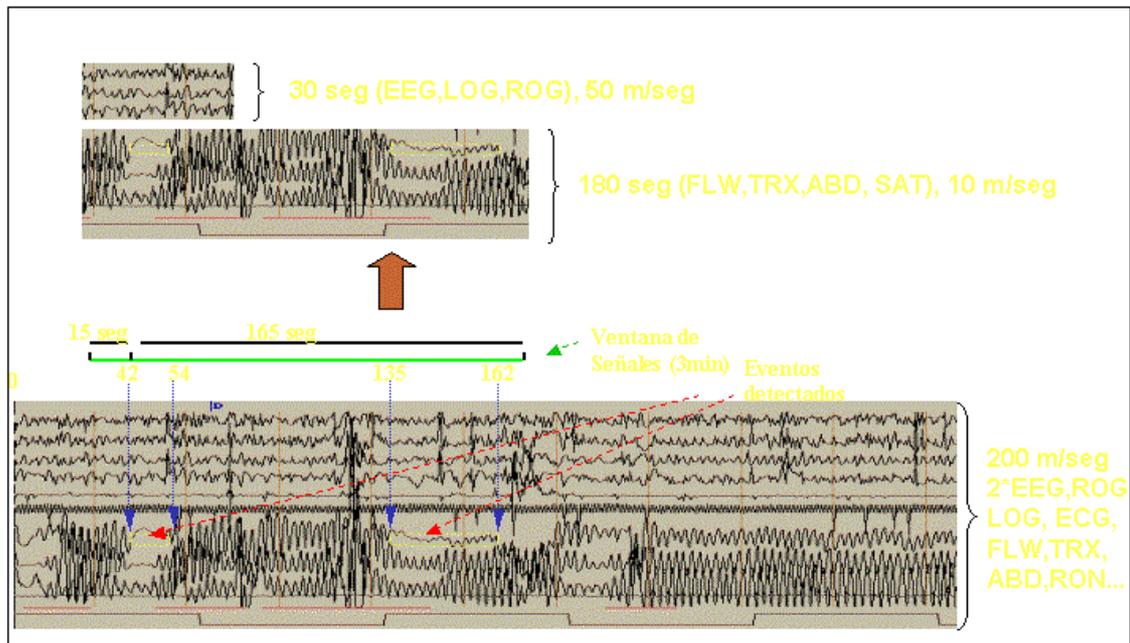
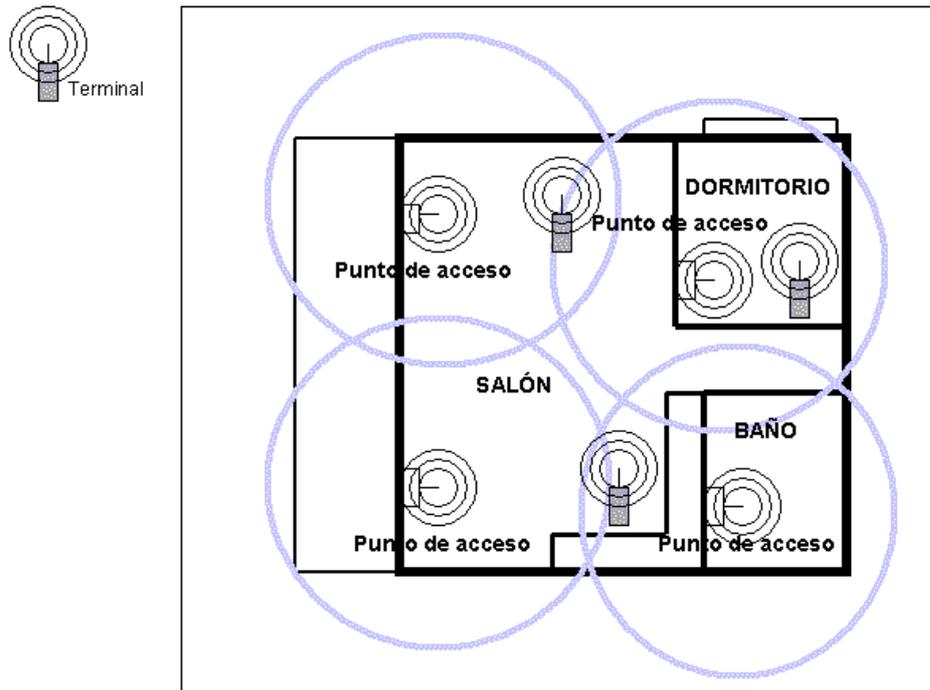


Figura 2.3. Señales procedentes de sensores

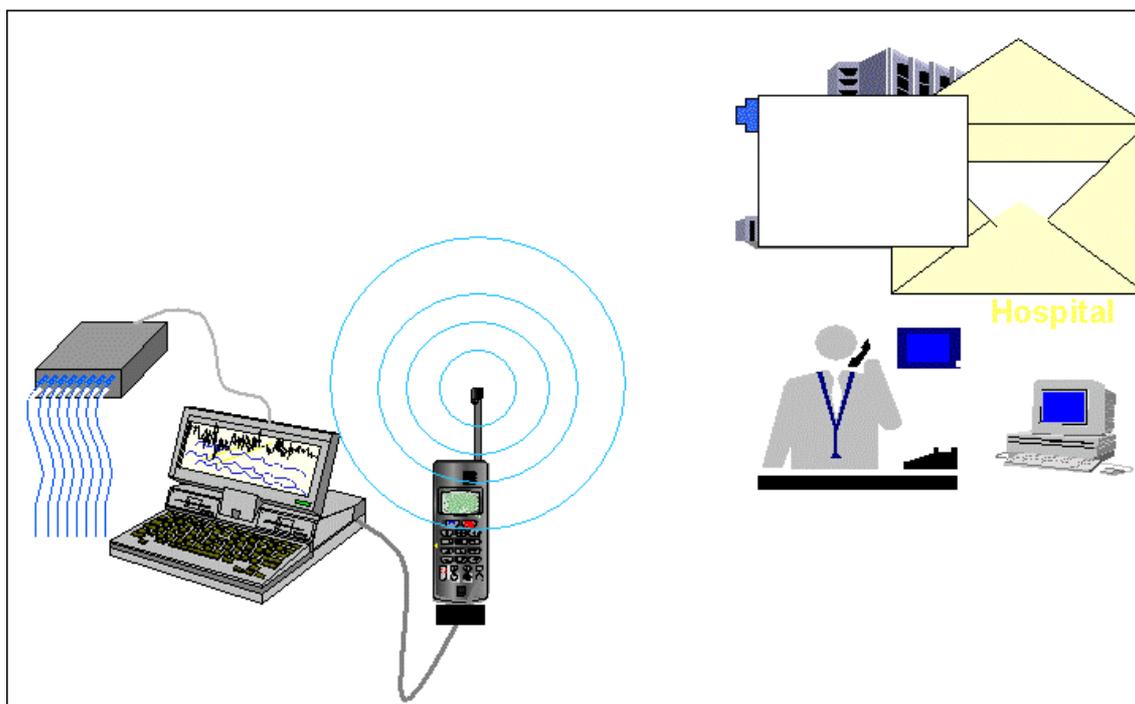
Un avance en esta portabilidad de la monitorización continua ambulatoria se consigue por medio de sensores unidos al cuerpo que incorporen sistemas de telemetría sin hilos. Esta posibilidad libera al usuario del almacenamiento de los datos aunque limita el movimiento a la zona de cobertura del enlace inalámbrico. Para dar cobertura a todo el domicilio del paciente, se pueden utilizar varios repetidores de cobertura limitada a una zona menor, como se presenta en la Figura 2.4. siguiente



**Figura 2.4. Red Local Inalámbrica**

Los sistemas de telemetría de este tipo sustituyen el almacenamiento de los datos por un sistema de transmisión automático que además comunique con el centro de monitorización remoto a través de otra conexión de cable o de radio. Estas tecnologías inalámbricas permiten la creación de un “domicilio inteligente” que añade a la información de los sensores clínicos otro tipo de información procedente de sensores de actividad, movimiento, caída, humedad, temperatura o niveles de campos electromagnéticos ambientales. Las variaciones de los parámetros que superen los niveles de referencia pueden disparar una alerta que se envíe al familiar o cuidador principal.

Estos sensores remotos se pueden implementar con los dispositivos de telecomunicaciones reduciendo el coste de los desarrollos y facilitando la transferencia de datos del paciente a los profesionales sanitarios por medio de las redes de telecomunicaciones existentes. La expansión de los dispositivos con posibilidad de comunicación inalámbrica permite que ya se encuentren disponibles a precios reducidos circuitos integrados con radios para estas aplicaciones. Los circuitos disponibles son cada vez más pequeños, más ligeros y más baratos.



**Figura 2.5. Sistema de Telemetría**

En esta línea, las previsiones de la Comisión Europea respecto a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para el año 2010 describen los sistemas de Inteligencia Ambiental (Ambient Intelligence, AmI) (CE, 2002) al alcance de la población general. El concepto de AmI proporciona una visión de la Sociedad de la Información donde se destaca un entorno más próximo al usuario, soporte de servicios más eficiente, potenciar al usuario y permitir la interacción humana. Se augura a la población rodeada de interfaces inteligentes embebidas en toda clase de objetos y en un entorno capaz de reconocer y responder a la presencia de individuos diferentes sin interrupción y de forma invisible y no llamativa. Se trata de un entorno centrado en la persona implicando su vida cotidiana y su vida laboral: industria, negocios, hogar, etc. con implicaciones económicas y sociopolíticas.

Una alternativa la constituyen los “e-tejidos”, constituidos por fibras conductoras en la ropa, alfombras o papeles para las paredes que disponen de sensores, dispositivos activos y microcontroladores (Marculescu, 2003). Los sistemas de comunicaciones se integran en la etapa de fabricación y se envían las señales por medio de GSM, Bluetooth

o cualquier otra norma inalámbrica al Ordenador, a la PDA o por medio de Internet. Las “SmartShirt” son el nombre genérico similar al de placa base de un PC, permitiendo gran versatilidad de ropas. Las prendas se tejen con polímeros conductores y fibras metálicas que sirven como bus de datos y como líneas de señal o de alimentación. Las señales procedentes de los sensores se pueden procesar o transmitir y monitorizar en la consulta del médico, hospital, etc.

Estos tipos de aplicaciones deben abordar las siguientes cuestiones:

- calidad del servicio, QoS
  - aspectos relacionados con la red: hand-over, interrupciones / retardos en la transmisión, pérdida de datos, problemas de ancho de banda, etc
- aceptación social
  - riesgo para la salud (la utilización de tecnologías móviles), aspectos económicos y éticos
- aspectos legales:
  - acreditación de los dispositivos y de las aplicaciones
  - protección de los datos relacionados con la salud
  - privacidad, seguridad y encriptación de datos
  - responsabilidad médica

## **2. 1. COMUNICACIONES MÓVILES PARA TELEMEDICINA**

Los sistemas de telemetría pretenden la provisión de servicios para asistencia sanitaria involucrando la transferencia de audio, vídeo, imágenes fijas, gráficos, datos y textos entre lugares distantes comunicando pacientes, médicos, profesionales sanitarios e instituciones para diagnóstico, tratamiento y consulta continua. Las soluciones presentan particularidades derivadas de su entorno de aplicación médico, así como la multiplicidad de actores involucrados y los escenarios de uso. En general, incluye equipos terminales para captación de señales biomédicas, captadores de imágenes, terminales informáticos, infraestructuras de comunicación, servicios genéricos y servicios específicos.

Desde un punto de vista práctico, la infraestructura de telecomunicación varía dependiendo de la disponibilidad de acceso a servicios y de los requisitos de la

aplicación. Los requisitos se refieren a ancho de banda, acceso, cobertura, calidad de servicio, interoperabilidad y costes. Los sistemas de transporte potencialmente utilizables cubren desde las redes públicas de telefonía básica, RDSI, Frame-Relay, ATM, GSM, GPRS, LMDS, Cable, satélites LEO y satélite, para interconexión de centros así como las redes de área local y más recientemente, las redes personales usando sistemas inalámbricos tipo Bluetooth. En la Tabla 2.2. se presentan los Requisitos de infraestructuras de comunicaciones en función de la aplicación de Telemedicina (Monteagudo, 2002)

**TABLA 2.2.**  
**REQUISITOS DE INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIONES**  
**DEPENDIENDO DE LA APLICACIÓN**

<b>Aplicación de Telemedicina</b>	<b>Requisitos</b>
Tele-Patología (asíncrona)	Alta resolución - baja velocidad
Tele- Psiquiatría	Resolución media; vídeo interactivo a 348 Kbps. (3 líneas de RSDI)
Tele- Endoscopia	Alta resolución; velocidad media – alta
Asistencia domiciliaria síncrona	RDSI, ADSL, Cable
Monitorización domiciliaria asíncrona	Telefonía básica, GSM, GPRS
Teleconsulta con buques	Enlace satélite, banda ancha
Teleconsulta Hospital de campaña	Enlace satélite, banda ancha

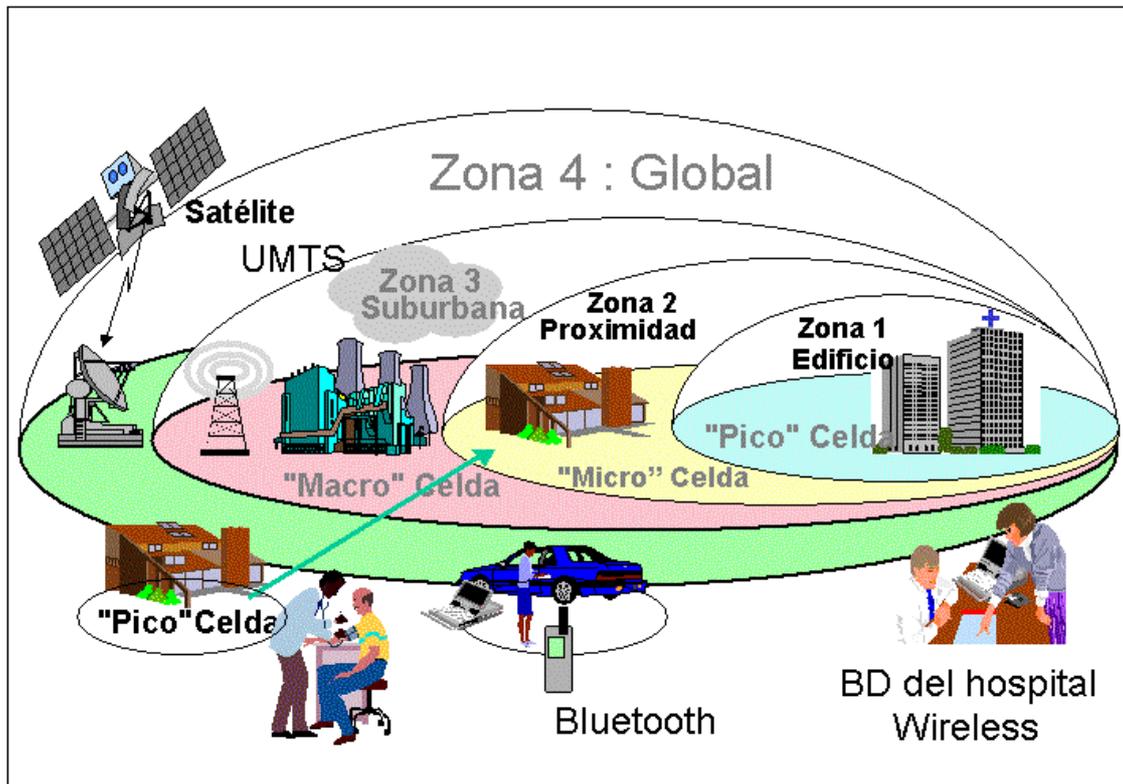
Podemos considerar cuatro clases fundamentalmente de redes sin hilos. La primera de ellas, más antigua y más conocida por el público en general es la red de telefonía móvil celular. Las redes celulares suponen la transmisión sin hilos sólo en el primer y/o último segmento de la comunicación.

La segunda es la conocida como Redes de Área Local sin Hilos (RLAN ó WLAN). En este caso hay enlace total y completo inalámbrico requiriendo un único salto para la comunicación. Una típica WLAN une Laptops por medio de Bluetooth o tarjetas IEEE 802.11.

La tercera clase la forman las redes que utilizan enlaces por satélite.

La cuarta son las llamadas redes Ad-Hoc (a medida), que se refieren a las redes que se pueden establecer sin la necesidad de una infraestructura y que puede requerir múltiples saltos para conectar todos los nodos entre sí. La principal diferencia entre las distintas clases la constituye la necesidad de encaminamiento de mensajes que es lo que hace a

las redes Ad-Hoc totalmente inalámbricas y similares a las redes clásicas cableadas, en el sentido de que el protocolo desde la capa física hasta la de aplicación se debe diseñar con la base de la inexistencia de una infraestructura fija.



**ZONAS DE COBERTURA**

En el desarrollo de la movilidad hay que diferenciar entre acceso móvil y acceso inalámbrico. El Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), define el servicio móvil como un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres fijas, o entre estaciones móviles, únicamente ((Hernando, 1997). Los sistemas de radiocomunicaciones móviles permiten el intercambio de información variada (voz, datos, fax, video, telemando, ...) entre terminales a bordo de vehículos o transportados por personas y terminales fijos (centros de control, teléfonos,...) con unas características de calidad determinadas.

La superficie geográfica dentro de la cual los terminales pueden establecer comunicaciones con la estación fija y, eventualmente, entre sí, se denomina zona de

cobertura. En consecuencia, los sistemas de comunicaciones móviles han de diseñarse de forma que puedan realizarse los enlaces desde cualquier lugar de la zona de cobertura. Ello obliga a elegir cuidadosamente la ubicación de la estación fija. Los sistemas móviles inalámbricos proporcionan el acceso vía radio de los usuarios a las redes de telecomunicaciones con una movilidad restringida.

En las redes inalámbricas convencionales de hoy en día, en las que los puntos de acceso a la red se fijan y conectan en banda ancha, la búsqueda de mayores regímenes de datos, apunta a que, en lo que se refiere a datos, “cuanto más, mejor”, sobre todo dentro y en los alrededores de casas y edificios. Varias tecnologías en este campo están evolucionando, y auguran un gran impacto en el panorama de los inalámbricos en la década presente. La Ultra Wide Band (UWB) es un método de transmisión que se basa en la creación de pulsos de banda base ultracortos con enormes anchos de banda (del orden de varios GHz). Al contrario de los sistemas sin hilos convencionales que convierten señales de banda base en portadoras de radiofrecuencia (RF), la UWB se puede usar en banda base y puede ser considerada como un modelo de transmisión de la banda base que se propaga en frecuencias de RF. Se ha demostrado que la UWB proporciona transmisión de datos fiable a un régimen que sobrepasa los 100 Mb/s dentro de edificios, con densidades espectrales de potencia extremadamente bajas.

La mayoría de los estados miembros de UE permiten el acceso público a R-LAN y los servicios de comunicaciones electrónicas sobre una base comercial o no comercial, considerando la importancia de las R-LAN para los servicios de la sociedad de la información, como plataforma de acceso de banda ancha. La Comisión Europea, mediante la Recomendación 2003/203/CE (CE, 2003), pretendió armonizar el suministro de dicho acceso a las R-LAN en la Comunidad, debiéndose autorizar la prestación de estos servicios mediante el sistema menos oneroso posible, es decir, en la medida de lo posible, sin condiciones específicas para el sector.

### **3. LA CUESTIÓN DE LAS INTERFERENCIAS**

Las interferencias electromagnéticas, EMI, pueden ser un problema considerable para cualquier dispositivo electrónico, pero en los dispositivos médicos, las consecuencias pueden ser fatales. En el Reino Unido, la Medical Device Agency y en Canadá el Health Canada's Medical Devices Bureau han realizado registros de este tipo de incidentes. A continuación se presentan algunos de los problemas con este origen registrados por la Food and Drug Administration (FDA) de los EEUU, desde 1979. Estos registros incluyen fallos debidos a EMI conducidas y radiadas, alteraciones producidas por líneas de alta tensión y por descargas electrostáticas. Todos estos casos destacan la necesidad de incrementar las precauciones adoptadas por parte de usuarios, ingenieros, fabricantes, investigadores y organismos reguladores (Silberberg 1996).

Así mismo, el Health Canada's Medical Devices Bureau recibió entre los años 1984 y 2000, 36 informes de fallos de funcionamiento de productos sanitarios atribuidos a Interferencias Electromagnéticas (EMI).

#### **3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS**

Aunque el número de fallos registrados debidos a EMI es relativamente bajo en comparación con todos los fallos registrados, la gran difusión de estos informes y la gravedad de los problemas descritos, demuestra que las consideraciones sobre EMC en el diseño de equipos, la normativa, las verificaciones y las precauciones tomadas por los usuarios, son esenciales para la seguridad y la fiabilidad de los dispositivos médicos electrónicos.

Algunos fabricantes de dispositivos médicos electrónicos someten sus productos a la normativa sobre EMC (aunque sea a requerimiento de las autoridades). Sin embargo, hay numerosos dispositivos de esta clase que no han sido sometidos a pruebas de EMC y muchos de los problemas registrados se podían haber evitado aplicando técnicas de

diseño adecuadas, cumpliendo la normativa existente y aplicando métodos de prueba para controlar las emisiones y asegurar la inmunidad adecuada.

### **3.2. PROLIFERACIÓN DE INCIDENTES ORIGINADOS POR ELLAS**

En los Estados Unidos, los fabricantes de dispositivos médicos están obligados a informar a la FDA sobre cualquier incidente en el que haya estado implicado algún dispositivo suyo disponible en el mercado que haya causado o haya contribuido a la muerte o a daños graves en el usuario. Según regulaciones más recientes, también deben registrarse alteraciones de aplicaciones (utilidades) con iguales consecuencias. El Center for Devices and Radiological Health (CDRH) de la FDA de los EEUU hace especial énfasis en garantizar la compatibilidad electromagnética de los dispositivos médicos

Los problemas causados por EMI en dispositivos médicos se describen a continuación, destacando los dos primeros

#### **3.2.1. Monitores de apnea**

Los episodios de apnea (cese de la respiración) durante el sueño produce daños severos en adultos y a menudo tiene consecuencias fatales en niños. La función principal de un monitor de apnea es el disparo de una alarma sonora al registrar una interrupción de la respiración. Estos dispositivos se utilizan en hospitales y frecuentemente son prescritos para el domicilio para niños con riesgo de episodios de apnea prolongada.

El registro de numerosos casos de fallos sin causa aparente que habían dado lugar incluso a fallecimientos, hizo que el CDRH evaluara la susceptibilidad de los monitores frente a las señales de Radiofrecuencia. Tanto por medio de pruebas de laboratorio como de campo, los ingenieros del CDRH constataron que la mayoría de los monitores de apnea comerciales, cuando se exponían a intensidades de campo relativamente bajas, podían registrar respiración erróneamente, lo que suponía fallo del sistema de alarma durante el episodio de apnea. Se comprobó que la mayoría de los monitores eran susceptibles a partir de intensidades de campo superiores a 1 V/m con campos pulsados o cuando los campos de FM resultaban modulados en amplitud accidentalmente a causa del movimiento de objetos o de personas.

Algún modelo resultó susceptible a campos pulsados incluso a campos tan bajos como de 0,05 V/m especialmente en la banda de radiodifusión en FM de 88 a 108 MHz. El mismo modelo resultó ser anormalmente sensible a campos cuasi-estáticos.

### **3.2.2. Monitores de gas de anestesia**

El CDRH recibió varias notificaciones de indicaciones erróneas en los monitores de gas anestésico durante intervenciones quirúrgicas. Ninguno de los informes mencionaba las EMI como posible causa de fallo. Investigaciones llevadas a cabo por los propios fabricantes descubrieron que interferencias causadas por electrobisturías hacían perder el enlace de comunicaciones entre el monitor del gas y el espectrómetro central produciendo una indicación errónea de la concentración del gas en el display del monitor.

Los fabricantes resolvieron el problema en estos casos mediante técnicas de apantallamiento en los circuitos y los cables de varios equipos. Como se trataba de una solución hardware cara, en las unidades restantes se utilizó una solución software que inhabilitaba el enlace de comunicaciones durante 30 segundos cuando detectaba un número elevado de errores de comunicación.

### **3.2.3. E.C.G. (Electrocardiograma)**

Se ha estudiado la vulnerabilidad de Electrocardiógrafos frente a interferencias electromagnéticas (Tri, 2001). Las interferencias se cuantificaron observando la forma de onda de los electrocardiogramas (ECG) y evaluando las desviaciones. Se han observado dos tipos de interferencias: ruido en la línea de base, movimiento en la citada línea o combinación de ambos, producidos ambos por teléfonos móviles celulares digitales (el primer efecto) y analógicos (el segundo efecto). Según este estudio, estos fenómenos ocurrieron típicamente cuando se encontraban en las proximidades de un dispositivo emisor de señales de radiofrecuencia aunque algún teléfono analógico interfería desde una distancia de 2,1 m. Las interferencias más severas se registraron entre 15,24 cm y 83,82 cm.

Las interferencias tuvieron como consecuencia una interpretación errónea de los datos o fallo de funcionamiento del equipo.

#### **3.2.4. Bombas de infusión y de jeringa**

Se han llevado a cabo estudios que registran fallos de funcionamiento en bombas en las proximidades de teléfonos celulares (Calcagnini, 2004). El efecto se traduce en cese de funcionamiento, dando varios tipos de errores, a distancias inferiores a los 10 cm, pudiéndose registrar niveles de campo de valores superiores a los recomendados en la norma EN 60601-1-2.

La conclusión del citado estudio es que el cumplimiento de la citada norma puede no garantizar totalmente la inmunidad frente a un teléfono móvil en su proximidad emitiendo su máxima potencia.

#### **3.2.5. Sillas de ruedas electrónicas**

Hasta junio de 1992, no estaban consideradas en los Estados Unidos como productos sanitarios. Ha habido informes de bloqueo de frenos y soportes de las sillas en las proximidades de vehículos de policía, bomberos, equipos de radioaficionados, entre otros. Se han reproducido los fenómenos y se ha observado que se activan por sí mismos a distancias de 5 m a 10 m de equipos de comunicaciones de la policía o de los bomberos.

En las investigaciones llevadas a cabo por ingenieros del CDRH, se encontró que las sillas de ruedas probadas presentaban susceptibilidad a intensidades de campo en el rango entre 5 y 15 V/m.

#### **3.2.6. Otros casos registrados**

- Fallos en análisis hematológicos debidos al sistema de “búsquedas” del hospital
- Alteraciones en la temperatura de almacenamiento de los bancos de sangre debido a EMI

- Distorsión en la señal de un ECG registrada en un monitor por interferencia de RF
- Fallos en la bomba de infusión intra-áortica causados por el funcionamiento de impresoras
- Indicaciones erróneas de presión sanguínea y de temperatura mientras se utiliza un electrobisturí
- Interferencia en un monitor infantil causadas por un radioaficionado
- Cese del funcionamiento de un marcapasos durante la utilización del equipo de comunicaciones de la ambulancia
- Fallos en los sensores de la bomba de infusión debidos a EMI
- Transmisor en 160 -174 MHz que causa interferencias en un monitor de telemetría cardíaco
- Un respirador y una bomba de infusión dejan de funcionar cuando se encuentran en las proximidades de un equipo de rayos-X portátil y por interferencias de RF
- Interferencias en detectores de arritmias originadas por el equipo de comunicaciones
- Interferencias producidas entre monitores de respiración situados próximos
- Interferencias en los respiradores originadas por los walkie-talkie del servicio de seguridad
- Indicación errónea en un pulso-oxímetro debida a un transceptor de telemetría situado en las proximidades
- Cambio del modo de funcionamiento de un marcapasos al encontrarse en las proximidades de los equipos de RF del sistema de seguridad
- Interferencias en incubadoras, bombas de infusión, equipos de diálisis y desfibriladores producidas por teléfonos celulares
- Display del monitor de telemetría interferido por el sistema de paging
- Equipos de ayuda a la audición con funcionamiento alterado por el transmisor de RF del sistema de seguridad
- Display del equipo de laparoscopia con indicación errónea debido al funcionamiento simultáneo de un electrobisturí
- Alarma de respirador disparada por transmisor de RF
- Marcapasos externo encendido inapropiadamente al transmitir en UHF la señal del monitor de telemetría

- Funcionamiento e indicación de respiradores afectados por transmisores de FM instalados en la misma habitación y en habitaciones próximas
- Alarmas disparadas de dos respiradores debido al walkie-talkie de los operarios de la compañía de suministro
- Fibrilación ventricular causada en un paciente con marcapasos al pasar por el detector de metales de la entrada a un juzgado
- Interferencia consistente en un tono de 200 Hz producida en un audífono a 30m de un teléfono celular. A una distancia de 1,5m la interferencia puede alcanzar los 130 dBA
- Electrocardiógrafo con funcionamiento incorrecto en la unidad de cuidados intensivos
- Alterado el funcionamiento de marcapasos por la transmisión de los walkie-talkie de una ambulancia
- Incubadora portátil que deja de funcionar en una ambulancia durante las transmisiones de RF
- Alteraciones producidas por elementos magnéticos o imanes potentes en las proximidades de respiradores, desfibriladores, marcapasos, pulso-oxímetros.

#### **4. ACTIVIDADES REGULADORAS Y NORMATIVA**

El desarrollo intensivo de redes inalámbricas (WLAN) para voz y datos así como para biotelemedicina, señalización, alarma y localización, junto con la difusión de los sistemas de comunicaciones móviles está obligando a considerar cuestiones de compatibilidad electromagnética y gestión del espacio radioeléctrico en los entornos sanitarios y de restricciones básicas relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

## **4.1. NORMATIVA RELATIVA A LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DEL PÚBLICO EN GENERAL**

### **4.1.1. Evolución de la normativa. Origen. Primeras normas sobre tiempo de exposición y densidad de potencia S (mW/cm<sup>2</sup>)**

Desde los años 40 y 50 (Hammett, 1997), cuando se empezó a desarrollar y a extender el uso de equipos transmisores de microondas de potencias elevadas, los trabajadores empezaron a estar expuestos con mayor frecuencia y con más intensidad a estas radiaciones y comenzaron las menciones frecuentes a los daños producidos por las microondas.

- a. La primera recomendación sobre exposición fue promulgada en los Estados Unidos en 1953 por el Comité de Seguridad de los Laboratorios de la Bell Telephone. Recomendaban una reducción de la densidad de potencia a 100 mW/cm<sup>2</sup> con un margen de seguridad recomendado de 30 dB y una recomendación de 0,1 mW/cm<sup>2</sup> en la propia compañía.
- b. En 1954, el General Electric Health Services de los Estados Unidos recomendó un límite superior de 1mW/cm<sup>2</sup> para la exposición de sus empleados a las microondas y en 1958, General Electric adoptó el límite a 10 mW/cm<sup>2</sup>, igual que la Marina americana.
- c. En 1955, la Clínica Mayo de Nueva York dio un seminario sobre este tema, presentado por varias empresas de la industria americana, la Fuerza aérea e investigadores. No se habían encontrado efectos serios bajo exposiciones tan altas como los 13 mW/cm<sup>2</sup>.

También en 1955 la Fuerza Aérea de los Estados Unidos adoptó el límite de 10 mW/cm<sup>2</sup>.

- d. En 1957, la Bell y ATT en coordinación, adoptaron los 10mW/cm<sup>2</sup> como límite superior, con 1 mW/cm<sup>2</sup> como límite para exposición continua.

- e. En 1965, Departamento de Defensa americano, DoD, añade a la recomendación de  $10 \text{ mW/cm}^2$  un límite en el tiempo de exposición dado por la fórmula

$$T = 6000/S^2$$

siendo:

S: densidad de potencia ( $\text{mW/cm}^2$ ) de exposición  
T: duración de la exposición máxima recomendada.

- f. El Instituto Americano de Normalización, USASI, adoptó y publicó el USAS C95.1-1966 “Safety Level of Electromagnetic Radiation with respect to Personnel”, aplicable a un rango de frecuencias de 10 MHz a 100 GHz, con un límite de  $10 \text{ mW/cm}^2$  para exposiciones ilimitadas y para una exposición de 0,1 hora. Define tres términos: exposición de cuerpo entero, exposición parcial del cuerpo y guía de protección frente a radiación.
- g. Desde 1960, cuando el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) propuso la redacción de la primera norma sobre seguridad en RF, la C95.1-1966, diferentes normas han incorporado las últimas investigaciones sobre efectos biológicos y sobre la salud de la radiación de RF.
- h. En 1974, el USASI pasa a ser el ANSI, como permanece en la actualidad. Promovido por la Marina americana y el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer), adopta la norma ANSI C95.1-1974 que elimina el promedio temporal para ondas continuas y lo aplica sólo para campos modulados.

IEEE/ANSI C95.1-1982: es una extensión de la norma predecesora de 1974. Los principales matices respecto a la anterior son:

- reconocimiento de la resonancia del cuerpo completo. Introducción de la dependencia con la frecuencia, reflejando el hecho de que el cuerpo humano presenta mayor absorción de energía cuando la longitud de onda es alrededor de dos veces la longitud del cuerpo. El rango de frecuencia de 30 a 300 MHz es el más restrictivo.

- incorporación de la dosimetría. Límite para la Relación de Absorción Específica (SAR). Los límites para la densidad de potencia (o la intensidad de campo) son los adecuados para establecer los límites del umbral de SAR. Esta relación SAR se utiliza actualmente en todas las normas y guías sobre seguridad en RF.
- criterio de evaluación ampliado. Efecto en el comportamiento. Se han encontrado cambios en el comportamiento en el rango de SAR entre 4 y 8 W/Kg.
- factor de seguridad. Considera un grado de protección de 10 veces para exposiciones no laborales (es decir, SAR de 0,4 W/Kg).

IEEE/ANSI C95.1-1991 (última edición, confirmada en 1997) y adoptada en 1992 por el ANSI: está basada en el estudio de 1000 casos, tanto epidemiológicos como de laboratorio. Contiene dos tipos de exposición: uno se aplica a la exposición en condiciones de campo próximo, limitando la absorción de energía EM en cada gramo de tejido. El otro tipo de exposición es en condiciones de campo lejano en el cuerpo completo.

- i. La Office of Science and Technology de la FCC (Federal Communication Commission) preparó en Octubre de 1985 el boletín N°65, conocido como OST-65, dando normas para la industria. Presentó una guía sobre exposiciones a RF, cálculo de los niveles de densidad de potencia de RF para los distintos tipos de estaciones y consideraciones sobre reflexiones en tierra. Sin embargo presenta lagunas en lo referente a estaciones multiusuario y puntos calientes.

El boletín actualizado en Diciembre de 1989, Docket 88-469, incorpora los conceptos de Broadcast site (el área en la que una estación contribuye con menos del 5% del límite ANSI, se considera un lugar aislado), define el término de significativo (contribución mayor del 5%) y define los puntos calientes (medidas realizadas a más de 5 cm de distancia de los objetos radiantes).

- j. NCRP es el National Council on Radiation Protection and Measurements, creado por el Congreso americano en 1964, con 4 objetivos:

- recoger, analizar, desarrollar y distribuir información y recomendaciones sobre protección frente a radiaciones y medidas de radiaciones relacionadas con la protección
- proporcionar medios a las organizaciones relacionadas con la protección frente a radiaciones
- desarrollar conceptos básicos sobre radiaciones, unidades, medidas y protección
- cooperar con organizaciones nacionales y internacionales, privadas y públicas, relacionadas con la protección frente a radiaciones, cantidades, unidades y medidas

Ha generado tres informes directamente relacionados con las radiaciones de RF:

- Report N° 67 (1981). Radiofrequency Electromagnetic Fields Properties, Quantities and Units, Biophysical Interaction and Measurements. Introduce el término SAR
- Report N° 119 (1993). A Practical guide to the Determination of human exposure to Radiofrequency fields
- Report N° 86 (1986). Biophysical Effects and Exposure Criteria for Radiofrequency Electromagnetic Fields. Es la norma NCRP conocida habitualmente. Proporciona normas de exposición, revisa los estudios publicados a escala celular, a nivel de sistemas biológicos y de seres humanos. En la Figura 2.6. se representan los límites recomendados de exposición comparando los niveles NCRP-86 y ANSI-92.

La norma NCRP define un umbral de  $4\text{W/Kg}$ , con un factor de seguridad para profesionales de 10 ( $0,4\text{W/Kg}$ ) y con un factor de seguridad para público general de 50 ( $0,08\text{ W/Kg}$ ).

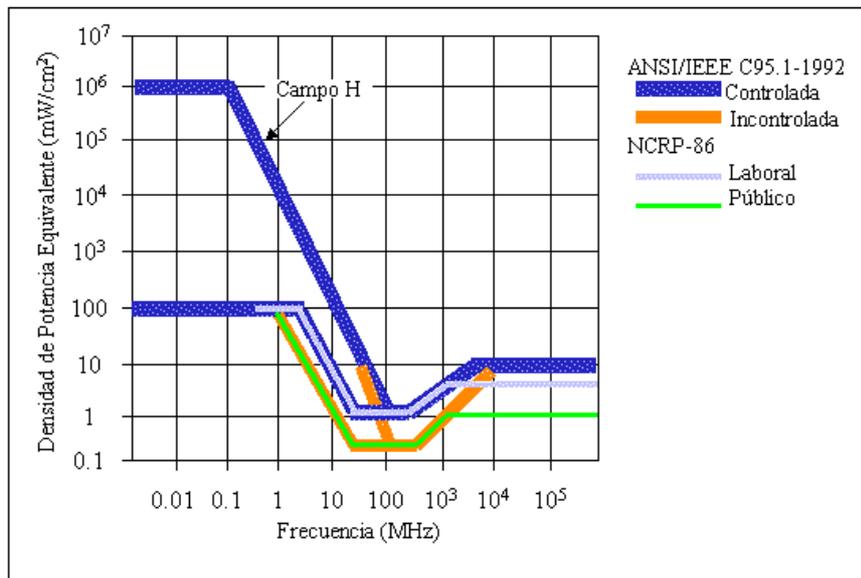


Figura 2.6. NCRP comparada con los límites ANSI-92

#### 4.1.2. Normativa sobre exposición a emisiones electromagnéticas de organismos y de distintos países anteriores a la Recomendación 1999/519/CE, de 12 de julio

**CENELEC** European Committee for Electrotechnical Standardization.

Especifica niveles de referencia para exposiciones de tiempo ilimitado. Curvas más simples que las de CEC-92, pero incluye los límites de relajación por encima de los 150 GHz.

#### **WHO, IRPA, ICNIRP**

WHO, World Health Organization

IRPA, International Radiation Protection Association

ICNIRP, International Commission on Non-Ionising Radiation Protection

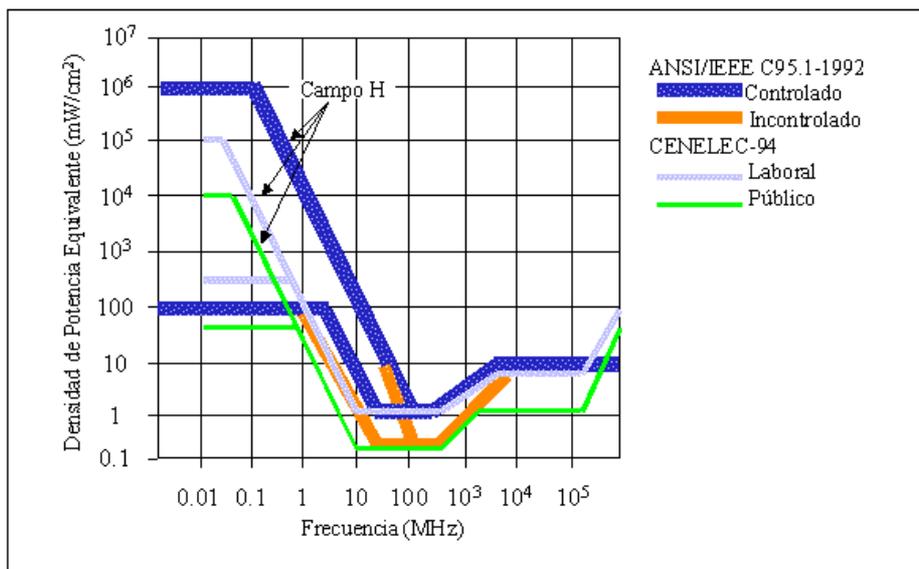


Figura 2.7. Límites de exposición de CENELEC-94 e IEEE C95.1-1992

Durante los últimos 20 años, la Organización Mundial de la Salud ha promovido a través del proyecto EMF y la International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) la investigación de los efectos adversos sobre la salud de los campos electromagnéticos. Se están llevando a cabo investigaciones a nivel celular (in vitro), a nivel de cuerpo entero (in vivo) y a nivel de evidencia de casos de enfermedades en la población (epidemiología) con resultados y conclusiones previstos para 2007.

Sugieren densidades de potencia no superiores a los  $10 \text{ mW/cm}^2$  para exposición profesional durante la jornada laboral y valores inferiores para la población general.

IRPA - 1984. Define un umbral de exposición continua de  $0,4 \text{ W/Kg}$ .

IRPA - 1988. Se adoptan por primera vez dos aspectos importantes:

- límite del flujo de corriente en el cuerpo inducido por los campos circundantes, en vez de por contacto con una superficie conductora,
- relajación de los límites de campo magnético a frecuencias bajas.

## **OTAN**

Con anterioridad a 1982, estaba en vigor la norma general de exposición, de  $10 \text{ mW/cm}^2$ , independiente de la frecuencia.

La primera norma propia de la OTAN fue la STANAG 2345. Asume un umbral de SAR de  $4 \text{ W/Kg}$ , con un factor de seguridad limitado a  $0,4 \text{ W/Kg}$ . El límite de SAR se aproxima por valores separados de campo E, campo H y límite de densidad de potencia.

Esta norma reconoce la dependencia con la frecuencia de la absorción humana de las radiaciones de RF, con una absorción máxima en la banda de 100 MHz.

En 1988 se revisó esta norma fijando la banda de frecuencia de 30 - 100 MHz, con una relajación de 10 MHz y un tiempo medio de 6 minutos (0,1 hora).

## **Alemania**

Hasta 1978 se consideraba el umbral de  $10 \text{ mW/cm}^2$ .

En 1991 se estableció el DIN/VDE 0848 con un criterio más restrictivo para la exposición del público general en toda la banda de frecuencias, en vez de establecer sólo el límite para el entorno laboral, como la restante normativa.

## **Reino Unido**

En 1960, la UK Post Office estableció un límite de  $10 \text{ mW/cm}^2$  para exposiciones de duración continua, independiente de la frecuencia.

En 1970, se creó el National Radiological Protection Board (NRPB) que es un organismo público creado por el Departamento de Salud. El Estatuto de creación es de 1971 para asesoría del Gobierno y otros en materia de protección frente a radiación.

Establece una restricción básica de 0,4 W/Kg y luego establece “niveles de investigación de campo” para campos eléctricos, magnéticos y corrientes de contacto. Permite superar los niveles de campo si no se excede el umbral de SAR.

Los niveles NRPB en varios casos son más restrictivos que los máximos de exposición según ANSI, aunque ambos están basados en la restricción de 0,4 W/Kg. Esta restricción se debe a la interacción de los campos en niños de corta edad.

NRPB-93 recomienda unos tiempos medios de exposición: 15 minutos para un SAR en todo el cuerpo y 6 minutos para exposición parcial. El SAR para exposición parcial está relacionado con un factor de protección de 25 para la cabeza, feto, cuello y tronco y un factor de 50 para las extremidades. Las corrientes en el cuerpo están restringidas sólo por debajo de 10 MHz.

Establece niveles de densidad de potencia a frecuencias superiores a 10 MHz para zonas donde los niños no pueden estar expuestos. La relación de densidad de potencia es de 7,6, pudiendo superar los adultos la exposición establecida por ANSI-82 en 5 veces.

### **Países del Este Europeo**

Normativas con varios órdenes de magnitud más restrictivas que las del Oeste, especialmente en los aspectos relacionados con efectos no-térmicos y psicológicos.

### **Agencias americanas**

EPA: Environmental Protection Agency. Relacionada con: agua, tóxicos, pesticidas, residuos sólidos, emergencias, aire y radiaciones.

Desde Abril de 1984 se ha establecido un límite 10 veces más rígido que el ANSI-82 en el rango de las frecuencias de resonancia del cuerpo ( $0,1 \text{ mW/cm}^2$  en vez de  $1 \text{ mW/cm}^2$ ) con un factor de 10 entre los niveles de exposición laboral y general.

En 1990 se redacta “Evaluation of the Potential Carcinogenicity of Electromagnetic Fields (EPA/600/6-90/005B)” en el rango de 3 Hz-30GHz.

### 4.1.3. Presentación de la normativa

Actualmente existen numerosas aplicaciones y productos de uso cotidiano que utilizan la energía electromagnética. La existencia de un número creciente de infraestructuras de comunicaciones móviles y equipos emisores-receptores de radiocomunicación ha dado lugar a una demanda de información por parte de los ciudadanos en cuanto a posibles efectos de las emisiones radioeléctricas sobre la salud de las personas y las condiciones de funcionamiento que deben respetarse para evitar cualquier riesgo.

El Consejo de la Unión Europea considera absolutamente necesaria la protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que puedan resultar de la exposición a campos electromagnéticos. Las medidas en relación con los campos electromagnéticos deberán proporcionar un elevado nivel de protección a todos los ciudadanos de la Comunidad y las acciones sobre la limitación de la exposición del público en general a los campos electromagnéticos deberán guardar proporción con otros aspectos de la calidad de vida en relación con servicios en que se recurre a los campos electromagnéticos, en sectores como las telecomunicaciones, la energía, la sanidad o la seguridad pública.

La Recomendación 1999/519/CE del Consejo Europeo, de 12 de julio (CE, 1999a), relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), hace, entre otras, las siguientes consideraciones:

1. La importancia de la protección de la salud de los trabajadores y los consumidores
2. La observancia de las restricciones y niveles de referencia recomendados puede no impedir necesariamente que se produzcan problemas de interferencia u otros efectos sobre el funcionamiento de productos sanitarios tales como prótesis metálicas, marcapasos y desfibriladores cardíacos e injertos cocleares y otros injertos. La interferencia con marcapasos puede ocurrir a niveles inferiores a los de referencia recomendados y se tratan en el contexto de la legislación sobre compatibilidad electromagnética y productos sanitarios (OM, 1996), (RD, 1993), (RD, 1996), (RD, 1989b)

3. Los Estados miembros deben estar al tanto del progreso de la tecnología y de los conocimientos científicos con respecto a la protección contra la radiación no ionizante, teniendo en cuenta el aspecto de la precaución, y deben disponer exámenes y revisiones periódicos, con la realización periódica de evaluaciones a la luz de la orientación que ofrezcan las organizaciones internacionales pertinentes, como la Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones no ionizantes.

El Consejo de la Unión Europea hace, entre otras, las siguientes recomendaciones:

- I. Para facilitar y promover el respeto de las restricciones básicas que figuran en el anexo II, los Estados miembros:
  - a. deberían tener en cuenta los niveles de referencia que figuran en el Anexo III para efectuar la evaluación de la exposición o, cuando existan y en la medida en que las reconozca el Estado miembro en cuestión, las normas europeas o nacionales que estén basadas en procedimientos de cálculo y medición previstos para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas
  - b. deberían evaluar las situaciones que implican fuentes de más de una frecuencia de acuerdo con las fórmulas establecidas en su Anexo IV, tanto en términos de restricciones básicas como de niveles de referencia
  - c. podrán tener en cuenta, cuando convenga, criterios tales como la duración de la exposición, las partes del organismo expuestas, la edad y las condiciones sanitarias de los ciudadanos
- II. Para conseguir que se comprendan mejor los riesgos y la protección contra la exposición a campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían proporcionar al ciudadano información en un formato adecuado sobre los efectos de los campos electromagnéticos y sobre las medidas adoptadas para hacerles frente.

La Recomendación del Consejo incluye cuatro Anexos en los que se definen los parámetros físicos, las restricciones básicas, los niveles de referencia y la exposición a fuentes de diferentes frecuencias.

En 1998 la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) publicó sus propias normas referidas a la exposición a la radiación de RF. Dichas normas estaban basadas, esencialmente, en las pruebas utilizadas por la National Radiological Protection Board (NRPB), y para los trabajadores, los límites de exposición son similares. Sin embargo, con las normas del ICNIRP, los niveles máximos de exposición del público general son cinco veces menores que los recomendados para los trabajadores.

Las normas del ICNIRP para el público se han incorporado a la Recomendación del Consejo Europeo 1999/519/CE (CE, 1999a), que ha sido acordada en principio por todos los países de la Unión Europea, incluyendo el Reino Unido. En Alemania las normas del ICNIRP se han incorporado al Estatuto.

Tanto las normas del NRPB como del ICNIRP están basadas en la necesidad de evitar los efectos adversos conocidos contra la salud. Según el Comité Científico como la investigación promovida por la OMS (W.H.O, 1999), publicado dentro del Proyecto Internacional EMF, no se observó evidencia científica de que la exposición a campos EM acortaran la vida o indujeran o favorecieran la proliferación de cáncer. Sin embargo, en el citado documento se recomienda continuar la investigación sobre los posibles riesgos para la salud y de cáncer como consecuencia de la exposición prolongada a campos electromagnéticos de baja intensidad. En la actualidad continúa en curso en proyecto EMF y se espera la publicación de los resultados obtenidos en 2007.

La evolución cronológica de la normativa sobre protección frente a radiaciones electromagnéticas en España parte de la norma ICNIRP-98 (ICNIRP, 1998), que se incorporó a la Recomendación del Consejo Europeo 1999/519/CE (CE, 1999a), dando lugar al Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre (RD, 2001).

Cada país comunitario ha adaptado la Recomendación 1999/519/CE (CE, 1999a) a su propia legislación añadiendo ciertas modificaciones. A continuación se presenta un resumen de las medidas tomadas por los diferentes países miembros de la Unión Europea.

<b>PAIS</b>	<b>NORMA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>AUSTRIA</b>	ÖNORM 1119 (0-30 KHz) ÖNORM 1120 (30 KHz-3000 GHz)	Rangos de frecuencias ligeramente diferentes En espera de las conclusiones del proyecto EMF de la OMS
<b>BÉLGICA</b>	Real Decreto de 29 de abril de 2001, revisado en diciembre de 2001	No aplica los límites de la Recomendación 1999/519/EC Establece la limitación de densidad de potencia en _ de la recomendación del ICNIRP.
<b>DINAMARCA</b>	Sin legislación propia	Se aplica la Recomendación ICNIRP 98
<b>FINLANDIA</b>	Decreto sobre control de radiaciones no-ionizantes 1306/93 Legislación en revisión	Se aplica la Recomendación IRPA/ICNIRP
<b>FRANCIA</b>	Regulación 2001-670, de 25 de julio de 2001 Orden de 14 de noviembre de 2001	Traslada la Directiva 1999/5/EC sobre equipos terminales de Radiocomunicaciones Adopta los límites establecidos en la Recomendación 1999/519/EC y la ICNIRP 98
<b>ALEMANIA</b>	Norma DIN VDE 0848 Orden BMPT 306/97 (federal) Orden 26 BimSchV (Land y municipal)	Normativa especial para el rango de frecuencias 50 KHz- 50 MHz, para protección de marcapasos cardíacos
<b>GRECIA</b>	Act 1105/Vol.II/6.9.2000)	Adopta los límites establecidos en la Recomendación 1999/519/EC Medidas adicionales cuando el nivel de exposición es del 80% del de referencia
<b>IRLANDA</b>	Niveles permitidos por el ICNIRP	Acumulación de dosis por exposición a emisiones de multifrecuencia
<b>ITALIA</b>	Ley nº 36, de 22 de febrero de 2001	Además de límites de exposición, incorpora niveles de alerta y objetivos de calidad
<b>LUXEMBURGO</b>	ITM-CL 179.2 Circular Nº 1644 (ref. 26/94)	Límites más estrictos relacionados con el principio de prudencia
<b>HOLANDA</b>	Recomendación 1999/519/EC	Incremento de requerimientos de seguridad
<b>PORTUGAL</b>	Legislación en redacción	
<b>ESPAÑA</b>	Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre	Añade a la Recomendación 1999/519/EC consideraciones sobre "espacios sensibles" y sobre obligación de señalización y vallado
<b>SUECIA</b>	Protección frente a radiaciones (1988:220) (1988:293) Uso de microondas (SSI FS 1995:3) Precaución medioambiental (1998:808) (1998:900)	Estudios sobre hipersensibilidad electromagnética
<b>REINO UNIDO</b>	Niveles permitidos por el ICNIRP NRPB, 4(5). 1993 NRPB, 10(2), 5-59, 1999 NRPB-R301	Consideraciones sobre compatibilidad electromagnética
<b>ESTONIA</b>	Regulación en vigor el 1 de mayo de 2002	Armonizada con Recomendación 1999/519/EC
<b>LETONIA</b>	LVS ENV 50166-2:1995	En proceso de implantación de la Recomendación 1999/519/EC

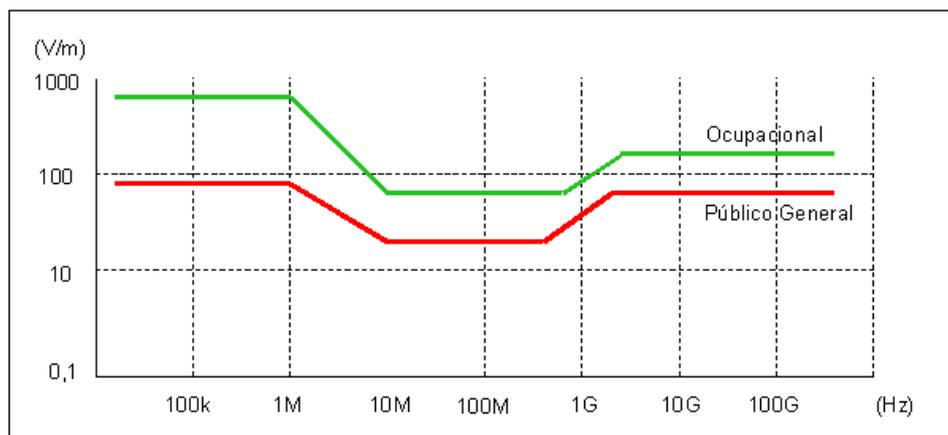
<b>PAIS</b>	<b>NORMA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>MALTA</b>	Niveles permitidos por el ICNIRP	Incluye niveles ambientales o "electro-smog"
<b>POLONIA</b>	Ley de 27-7-2001	Restricciones similares a la Recomendación 1999/519/EC con valores ligeramente diferentes
<b>RUMANÍA</b>	Recomendación 1999/519/EC	Comprobaciones de acuerdo con la norma CIII/833/1985
<b>ESLOVAKIA</b>	Recomendación 1999/519/EC	Diferentes rangos de frecuencias
<b>ESLOVENIA</b>	Recomendación 1999/519/EC	Criterios de seguridad y medidas preventivas. En zonas especialmente vulnerables, se aplican niveles 10 veces más estrictos. Incluye niveles ambientales o "electro-smog"
<b>REPÚBLICA CHECA</b>	Decreto Gubernamental N° 480/2000	Sigue la directiva ICNIRP de 1998
<b>LITUANIA</b>	HN 80:2000 (10 KHz-300 GHz) HN 81:1999 (450 MHz; 900 MHz; 1800 MHz)	Recomendación 1999/519/EC Incluye niveles ambientales o "electro-smog"
<b>SUIZA</b>	LPE RS 814.01	Considera efectos potenciales Incluye niveles ambientales o "electro-smog"

En 1974, la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para Radiaciones No-Ionizantes, con la finalidad de examinar los problemas suscitados en el campo de la protección contra varios tipos de Radiaciones No-Ionizantes (RNI). En el Congreso de la IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en el Comité Internacional para las Radiaciones No-Ionizantes (INIRC).

En cooperación con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA/INIRC desarrolló un número de documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS, auspiciado por el Programa de Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP). En el VIII Congreso Internacional de la IRPA en Montreal en mayo de 1992, fue establecida una nueva organización científica independiente, la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes (ICNIRP) como sucesora de la IRPA/INIRC. Las funciones de la Comisión son investigar los posibles peligros asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI y tratar todos los aspectos sobre protección.

En abril de 1.998, la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) publicó las Recomendaciones sobre límites de la exposición a campos variables en el tiempo hasta 300 GHz (ICNIRP,1998). Esta guía revisa y sustituye las anteriores de 1984, 1987, 1991 y 1993.

Su principal objetivo es establecer recomendaciones para limitar la exposición a los CEM con el objetivo de proveer protección contra los efectos adversos conocidos sobre la salud y cubren todo el rango de frecuencias de los CEM variables en el tiempo (hasta 300 GHz). Establece límites diferentes para exposición ocupacional o laboral o exposición del público en general, como se presenta en la Figura 2.8. siguiente



**Figura 2.8. Límites de la intensidad de campo eléctrico para áreas accesibles al público en general y para zonas de exposición ocupacional**

Respetar estas Recomendaciones puede no necesariamente eliminar el riesgo de interferencias con, o efectos sobre, dispositivos médicos tales como prótesis metálicas, marcapasos, desfibriladores cardiacos e implantes cocleares.

Las citadas Recomendaciones describen los mecanismos de acoplamiento entre campos y el cuerpo y presentan las bases biológicas para limitar la exposición entre 100 KHz y 300 GHz presentando:

- efectos directos de los campos electromagnéticos
- estudios epidemiológicos
- resultados en la reproducción
- estudios del cáncer
- estudios de laboratorio
- estudios en voluntarios
- estudios celulares y animales
- consideraciones especiales para formas de onda pulsantes y de amplitud modulada
- efectos indirectos de los campos eléctricos y magnéticos

Las medidas de protección para los trabajadores incluyen controles de ingeniería y administrativos, programas de protección personal y vigilancia médica. Medidas apropiadas de protección deben implementarse cuando la exposición en el lugar de trabajo excede las restricciones básicas.

Según esta norma, es esencial establecer e implementar reglas para prevenir, entre otras, la interferencia con equipos y dispositivos médicos electrónicos (incluyendo marcapasos).

## **4.2. NORMATIVA ETSI RELATIVA A EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIÓN**

Los sistemas de transmisión por radio de banda ancha se están introduciendo rápidamente en una gran variedad de aplicaciones comerciales e industriales y muchas de las tecnologías empleadas están todavía en desarrollo.

### **4.2.1. Norma ETSI ETS 300 328**

*Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro de radiofrecuencia (EMR); equipos de transmisión de banda ancha; equipos de transmisión de datos operando en bandas ICM a 2,4 GHz y usando técnicas de modulación de espectro ensanchado (ETSI, 2001).*

Esta norma está editada por el Comité Técnico de Equipos y Sistemas de Radio (RES) del Instituto Europeo de Normalización sobre Telecomunicaciones (ETSI). La norma europea ETS comprende los equipos referidos a la Recomendación del CEPT T/R 10-01 e incluye las características técnicas mínimas de los equipos de transmisión por radio.

Los límites de emisión de espúreos para los equipos de radio definidos por la recomendación T/R 01-04 del CEPT, son los límites adoptados por la norma ETS, que también describe las medidas para el rango de frecuencias de funcionamiento, la potencia radiada efectiva, la densidad de potencia y las emisiones de espúreos de transmisores y receptores. Esta norma ETS también especifica el lugar de medida, las condiciones de prueba, la calibración de los equipos y los métodos de medida.

El rango de frecuencia de funcionamiento de los equipos es la banda de 2,403 a 2,5 GHz en España (OM, 2003), aplicable a las Redes de Área Local Inalámbricas.

#### **4.2.2. Norma ETSI ETS 300 440**

*Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro radioeléctrico (EMR); dispositivos de corto alcance; equipos de radio que operan en el rango de frecuencias de 1 a 40 GHz. Parte 1: características técnicas y métodos de prueba (ETSI, 2001)*

Esta norma está editada por el Comité Técnico de Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro radioeléctrico (EMR) del Instituto Europeo de Normalización sobre Telecomunicaciones (ETSI). Comprende los equipos referidos a la Recomendación del CEPT/ERC 70-03 e incluye las características técnicas mínimas de dispositivos de corto alcance.

Teniendo en cuenta que los dispositivos de corto alcance pueden tener implicaciones en la seguridad de la vida humana, se recomienda prestar especial atención a las potenciales interferencias originadas en otros sistemas que operan en la misma o en bandas adyacentes. Es aplicable a estaciones fijas, móviles y portátiles y si el sistema incluye transpondedor, éste se medirá con el transmisor. Esta norma clasifica los equipos en varias clases según su potencia de salida.

La familia de receptores de corto alcance por radio, está dividido en tres clases con sus propias características. Esta clasificación está basada en el impacto sobre las personas de los equipos que no operan con las características en los niveles mínimos especificados y se presenta a continuación

<b>Clase de receptor</b>	<b>Prestaciones del receptor. Riesgo asociado</b>
1	Comunicaciones de alta fiabilidad, por ejemplo, sistemas de soporte vital
2	Comunicaciones de fiabilidad media, causando trastornos por no poderse realizar por otros medios
3	Fiabilidad normalizada, por ejemplo, causando trastornos a las personas y pudiéndose realizar por otros medios

Además de las especificaciones técnicas, en la presente normativa se definen las condiciones de prueba normales y extremas de tensión de alimentación, temperatura y humedad, las condiciones generales de prueba de las señales y de modulación.

#### **4.2.3. Norma ETSI EN 301 390**

*Sistemas de Radio fijos; Sistemas Punto a punto y Punto a multipunto; emisiones de espúreos e inmunidad de receptores en equipo / antena de sistemas digitales fijos (ETSI, 2000)*

Esta norma está referida a la emisión de espúreos por los sistemas fijos digitales de radio, definidos por las normas

- ITU-R Recomendación SM.329-7
- ITU-R Recomendación F.1191-1
- CEPT/ERC Recomendación 74-01
- Directiva 89/336/CE (modificada por la Directivas 91/263/CEE, de 29 de abril y por la 92/31/CEE, de 28 de abril)

Su objetivo es definir los límites específicos de emisión de espúreos a la salida de antena y de inmunidad para los citados sistemas del servicio fijo, en la misma o en diferente banda de frecuencia, entre 9 KHz y 300 GHz.

#### **4.2.4. Norma ETSI EN 300 175.**

*Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT). Interfaz común (CI). Parte 1: Generalidades, Parte 2: Capa física (PHL), Parte 3: Capa de control de acceso al medio (MAC) (ETSI, 2003a)*

La finalidad de esta norma es proporcionar servicios de comunicaciones personales en entornos residenciales y en edificios y se encuentra estructurada en capas siguiendo el modelo OSI. Las aplicaciones a las que está dirigida son:

- teléfonos inalámbricos domésticos y residenciales
- servicios de acceso público
- centralitas inalámbricas
- redes de área local inalámbricas de datos y conexiones punto a punto
- redes inalámbricas para el hogar
- acceso inalámbrico a Internet o a Intranet
- extensión de redes celulares y extensión de la red pública local

La norma DECT ha sido seleccionada por la UIT como una de las interfaces de radio para la “International Mobile Telecommunications 2000” (IMT-2000). Uno de los principales objetivos de esta norma es garantizar la interoperatividad entre equipos de distinto origen, ofreciendo a los usuarios servicios de telecomunicación de voz, datos, servicios básicos y extensiones.

DECT es capaz de soportar un número de configuraciones de sistemas alternativas que comprende desde equipos únicos (por ejemplo, domésticos) hasta instalaciones con numerosas células (por ejemplo, centralitas telefónicas inalámbricas para negocios), sistemas públicos para peatones y sistemas de acceso fijo inalámbrico (bucle local de abonado sin hilos). El protocolo está diseñado para permitir instalaciones no coordinadas, incluso cuando el sistema coexiste en la misma localización física. La compartición eficiente del espectro (del canal físico) se consigue mediante un mecanismo cuidadoso de selección de canales, llamado selección dinámica de canales.

**TABLA 2.3.  
NORMAS ETSI**

<b>Norma</b>	<b>Título</b>	<b>Objeto</b>
<b>ETS 300 328</b>	Compatibilidad electromagnética y cuestiones de Espectro de radiofrecuencia (EMR); equipos de transmisión de banda ancha; equipos de transmisión de datos operando en las bandas ICM a 2,4 GHz y usando técnicas de modulación de espectro ensanchado	Medidas de potencia radiada efectiva, densidad de potencia, emisiones de espúreos en recepción y transmisión, lugar de medida, condiciones de prueba, calibración y métodos de medida. Redes de Área Local Inalámbricas
<b>ETS 300 440</b>	Compatibilidad electromagnética y cuestiones de Espectro de radiofrecuencia (EMR); dispositivos de corto alcance; equipos de radio que operan en el rango de frecuencias de 1 a 40 GHz	Características y métodos de prueba. Implicación en la seguridad de la vida humana. Atención a potenciales interferencias de otros sistemas. Clasificación de equipos según la potencia de salida. Clasificación de receptores según el riesgo asociado a pérdida de prestaciones
<b>ETS 301 390</b>	Sistemas de radio fijos; sistemas punto a punto y punto a multipunto; emisiones de espúreos e inmunidad de receptores en equipo / antena de sistemas digitales fijos	Emisión de espúreos: definición de los límites específicos y de inmunidad entre 9 KHz y 300 GHz
<b>ETS 300 175</b>	Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT) Interfaz común	Capa física y de control de acceso al medio. Pruebas de verificación

### **4.3. NORMAS DE AENOR**

La tecnología de la compatibilidad electromagnética (CEM) se ha desarrollado en un largo periodo de tiempo y es una materia relativamente complicada (AENOR, 2001a). La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) es el organismo español de normalización y actúa como entidad de certificación. Las normas de CEM y las desarrolladas por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) incluyendo el CISPR (Comité Internacional especial de Radio Interferencias) y otros organismos de normalización pueden ordenarse ampliamente en cuatro categorías descritas a continuación:

- Normas básicas de CEM. Dan las condiciones o reglas generales y fundamentales para la consecución de la CEM y sirven como documentos de referencia para los comités de productos. Están relacionadas con la información general, con el fenómeno de las perturbaciones y con las técnicas de medición y ensayo.

- Normas genéricas de CEM. Son aplicables a los productos que operan en un entorno particular para el que no existen normas específicas de producto / familia de productos de CEM. Éstas especifican una serie de requisitos esenciales, procedimientos de ensayo y criterios de funcionamiento generalizados aplicables a tales productos o sistemas operando en este entorno. Pueden ser consideradas como normas generales de productos de CEM ya que especifican un número de perturbaciones y ensayos aplicables a los productos que operan en un entorno dado.
- Normas de familia de productos de CEM. Una familia de productos, para la CEM, es un grupo de productos similares para los que se pueden aplicar las mismas normas. Estas normas definen requisitos electromagnéticos (EM) específicos y procedimientos de ensayo dedicados a determinadas familias de productos. Deben indicar las condiciones de instalación y operación correspondientes. También deben dar criterios de funcionamiento precisos, teniendo en cuenta el ámbito del equipo cuando fuera posible. Deben aplicar las normas básicas de CEM y estar coordinadas con las normas genéricas de CEM en lo posible. Estas normas tienen prioridad sobre las normas genéricas de CEM. Las normas de productos de CEM tienen prioridad sobre las normas de familia de productos de CEM. De todos modos, cuando no existen normas de productos o de familia de productos de CEM para un determinado grupo de productos, deberá aplicarse la norma genérica correspondiente.
- Normas de productos de CEM. Se refieren a un tipo particular de producto para el cual se deben considerar condiciones específicas. Se aplican las mismas reglas que para las normas de familia de productos. Deberán estar coordinadas con las normas genéricas de CEM correspondientes para la selección de los niveles de ensayo. Cuando una norma de familia de productos especifique valores menos restrictivos que los especificados en la norma genérica, deberá darse una justificación en la norma de familia de productos.

#### **4.3.1. Normas UNE – EN 55011:1999 y UNE – EN 55011/A1:2000.**

*Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos industriales, científicos y médicos (ICM) que producen energía en radiofrecuencia (AENOR, 1999c) y (AENOR, 2000b).*

Estas normas son relativas a Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos industriales, científicos y médicos (ICM) que producen energía en radiofrecuencia.

Ciertas frecuencias están designadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para el uso como frecuencias fundamentales de los equipos ICM. Los límites han sido determinados sobre bases probabilísticas, teniendo en cuenta la probabilidad de interferencias, en cuyo caso, pueden ser necesarias disposiciones adicionales.

Las frecuencias designadas para el uso de los ICM se encuentran en la Tabla 2.3. siguiente, aunque en algunos países pertenecientes a CENELEC, pueden ser designadas frecuencias diferentes o adicionales para estos equipos. Se trata de frecuencias denominadas de “uso común” y por tanto de uso regulado pero que no requiere de título habilitante, ni de solicitud expresa de uso de dominio público radioeléctrico. Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas no deberán producir interferencias ni solicitar protección frente a otros servicios de radiocomunicaciones autorizados con categoría diferente. El uso común no garantiza la protección frente a otras utilizaciones ni puede causar perturbaciones a otros servicios existentes legalmente autorizados y deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Los equipos ICM que funcionen en estas bandas de frecuencias deberán cumplir los límites de radiaciones establecidos en el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo (RD, 1994), sobre requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética.

Ejemplos de aplicaciones son los teléfonos sin hilos, micrófonos sin hilos, mandos de garaje, bucles inductivos, implantes médicos, aeromodelismo, radares anticolidión, ICM.

**TABLA 2.4.  
BANDAS DE FRECUENCIAS PARA ICM**

<b>Frecuencia central (MHz)</b>	<b>Rango de frecuencias (MHz)</b>	<b>Límite máximo de radiación</b>
6,780	6,765 - 6,795	En estudio
13,560	13,553 - 12,567	Ninguno
27,120	26,957 - 27,283	Ninguno
40,680	40,66 - 40,70	Ninguno
403	402 - 405	Ninguno
433,920	433,05 - 434,79	Ninguno
2 450	2 403 - 2 500	Ninguno
5 800	5 725 - 5 875	Ninguno
24 125	24 000 - 25 250	Ninguno
61 250	61 000 - 61 500	En estudio
122 500	122 000 - 123 000	En estudio
245 000	244 000 - 246 000	En estudio

Clasificación de los equipos ICM:

- Equipos ICM del grupo 1: reúne todos los equipos ICM en los que es intencionadamente generada y/o usada energía electromagnética conducida; la cual es necesaria para el funcionamiento interno del propio equipo.
- Equipos ICM del grupo 2: reúne todos los equipos ICM en los que la energía radioeléctrica es intencionalmente generada y/o usada en forma de energía electromagnética radiada para el tratamiento de materiales, así como los equipos de electroerosión.
- Equipos clase A son los equipos previstos para ser utilizados es los establecimientos distintos de los locales domésticos y distintos de los conectados directamente a una red de distribución de electricidad en baja tensión que alimente a edificios de uso doméstico.
- Equipos clase B son los equipos previstos para ser utilizados en los locales domésticos y en los establecimientos conectados directamente a una red de distribución de electricidad en baja tensión, la cual suministra energía eléctrica a edificaciones de uso doméstico.

### 4.3.2. Norma UNE – EN 61000–4-1

*Compatibilidad Electromagnética (CEM) Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 1: visión general de los ensayos de inmunidad. Norma básica de CEM (AENOR, 2001b)*

La norma CEI 1000-4-1:1992 fue aceptada como Norma Europea (EN) sin cambios y aprobado sin cambios por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-1 en julio de 1994. Esta sección es una Norma Básica de CEM (compatibilidad electromagnética). En ella se tratan los ensayos de inmunidad del equipo (aparato o sistema) eléctrico y/o electrónico y su entorno electromagnético. En ella se tratan los fenómenos conducidos y radiados incluyendo los ensayos de inmunidad de los equipos conectados a las redes eléctricas de potencia, de control y de comunicación.

El objeto es:

- dar una referencia general y global a los comités de estudios de la CEI o a otros organismos, a los usuarios y fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos comprendiendo los ensayos y especificaciones de inmunidad CEM
- servir de guía general para la elección y aplicación de estos ensayos

El objeto del ensayo de inmunidad a campos electromagnéticos radiados es la verificación de la inmunidad de los equipos (aparatos aislados o sistemas), a los campos electromagnéticos radiados por emisores de radio o cualquier otro dispositivo que emita energía electromagnética bajo forma de ondas radiadas. La inmunidad del equipo a las radiaciones de los emisores / receptores portátiles es su principal objetivo, pero comprende también otras fuentes de radiación, tales como los emisores fijos de estaciones de radio y televisión, los emisores de los automóviles y diversas fuentes electromagnéticas industriales o fuentes intermitentes.

### 4.3.3. Normas UNE – EN 61000-4-3 y UNE – EN 61000-4-3/A1

*Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia (AENOR, 1998), (AENOR, 1999a)*

Está referida a la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos frente a la energía electromagnética radiada. Define los niveles y los procedimientos de ensayo requeridos.

La mayor parte de los equipos electrónicos están afectados en alguna medida por la radiación electromagnética. Esta radiación es frecuentemente generada por fuentes tales como pequeños transmisores-receptores portátiles de radio utilizados por el personal dedicados a servicios, mantenimiento y seguridad, transmisores de radio y televisión de estaciones fijas, transmisores de radio a bordo de vehículos y diversas fuentes electromagnéticas.

Además de la energía electromagnética generada deliberadamente, también existen radiaciones espurias producidas por aparatos de soldadura, tiristores, iluminaciones fluorescentes, conmutadores de cargas inductivas, etc. En la mayor parte de los casos, estas perturbaciones se manifiestan como interferencias eléctricas conducidas. Los métodos empleados para prevenir los efectos de los campos electromagnéticos reducen también normalmente los producidos por otras fuentes.

El entorno electromagnético está determinado por la intensidad del campo electromagnético (expresado en Voltios por metro). La intensidad del campo no es fácilmente medible sin una instrumentación compleja ni tampoco fácilmente calculable por las ecuaciones y fórmulas clásicas, debido al efecto de las estructuras circundantes o a la proximidad de otros equipos que pueden distorsionar y/o reflejar las ondas electromagnéticas.

Esta norma presenta un Anexo informativo sobre el cálculo del valor de la intensidad de campo eléctrico creado por transmisores-receptores portátiles (“Walkie-talkies”), expresado en voltios por metro como

$$E \text{ (V/m)} = \frac{K\sqrt{P}}{d} = 3.0 \frac{\sqrt{P}}{d}$$

donde:

$P$  es la potencia de los transmisores-receptores indicada por el fabricante, en vatios (W)  
 $d$  es la distancia en metros (m, mayor que  $\sqrt{2}$  )

Otro anexo informativo se refiere a los niveles de ensayo relacionados con la protección contra las emisiones a las frecuencias radioeléctricas de los radioteléfonos digitales.

**4.3.4. Normas UNE – EN 301 489 -1 V1.2.1; UNE – EN 301 489 - 3 V1.2.1; UNE - EN 301 489 – 6 V1.1.1; UNE – EN 301 489 – 16 V1.1.1.**

*Cuestiones de Compatibilidad electromagnética y Espectro radioeléctrico (ERM) Norma de Compatibilidad electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 1: requisitos técnicos comunes. Parte 3: condiciones específicas para los dispositivos de corto alcance (SRD) que funcionan en las frecuencias comprendidas entre 9 KHz y 40 GHz. Parte 6: condiciones específicas para el equipo de telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT). Parte 16: condiciones específicas para el equipo de comunicaciones radio celular analógico, móvil y portátil (AENOR, 2002a), (AENOR, 2002b), (AENOR, 2001c)*

Esta norma contiene los requisitos comunes para los equipos de radiocomunicaciones y los equipos auxiliares asociados en materia de compatibilidad electromagnética.

El presente documento se aplica, además de a otros dispositivos utilizables a frecuencias más bajas, a dispositivos de corto alcance (SRD) con niveles de potencia de RF que llegan hasta los 4 W y utilizables en el margen de frecuencias desde 1 GHz a 40 GHz, y los equipos auxiliares asociados.

La familia de los productos SRD se divide en tres clases de equipos, cada uno de ellos con su propio conjunto mínimo de criterios en cuanto a su comportamiento. Esta clasificación se basa en el impacto que sobre las personas o bienes pueden producir los equipos que no funcionan en condiciones de carga CEM, por encima del nivel mínimo que se especifica, y se presenta en la Tabla 2.5. siguiente

**TABLA 2.5.  
CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS**

<b>Clase de equipo SRD</b>	<b>Resultado del comportamiento demasiado pobre</b>
1	Riesgo físico para las personas
2	Molestias para personas, que no pueden superarse de manera simple por otros medios
3	Molestias a otras personas, que se pueden superar de manera simple por otros medios (por ejemplo, manuales)

Los criterios de funcionamiento para las distintas clases de equipos SRD en combinación con los distintos tipos de equipos durante y después del ensayo de inmunidad, presentados en la siguiente Tabla 2.6. están especificados como:

- criterios de funcionamiento A para los ensayos de inmunidad con fenómenos de naturaleza continua
- criterios de funcionamiento B para los ensayos de inmunidad con fenómenos de naturaleza transitoria

**TABLA 2.6.  
CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO**

<b>Equipo SRD de clase 1</b>		
<b>Criterios</b>	<b>Durante los ensayos</b>	<b>Después de los ensayos</b>
A	Funcionamiento según lo previsto Sin pérdida de función Para el equipo de tipo II, el funcionamiento mínimo será 12 dB SINAD Respuestas no deseadas	Funcionamiento según lo previsto Para el equipo de tipo II, se mantendrá el enlace de comunicaciones Sin pérdida de función Sin degradación de funcionamiento Sin pérdida de los datos almacenados o de las funciones programables por el usuario
B	Puede que haya pérdida de funciones (una o más) Sin respuestas no deseadas	Funcionamiento según lo previsto La pérdida de función o funciones será auto recuperables Sin degradación del funcionamiento Sin pérdida de los datos almacenados o de las funciones programables por el usuario
<b>Equipo SRD de clase 2</b>		
A	Funcionamiento según lo previsto Sin pérdida de función Para el equipo de tipo II, el funcionamiento mínimo será 6 dB SINAD Respuestas no deseadas	Funcionamiento según lo previsto Para el equipo de tipo II, se mantendrá el enlace de comunicaciones Sin pérdida de función Sin degradación de funcionamiento Sin pérdida de los datos almacenados o de las funciones programables por el usuario

B	Puede que haya pérdida de funciones (una o más) Sin respuestas no deseadas	Funcionamiento según lo previsto La pérdida de función o funciones será auto recuperables Sin degradación del funcionamiento Sin pérdida de los datos almacenados o de las funciones programables por el usuario
<b>Equipo SRD de clase 3</b>		
A y B	Puede que haya pérdida de funciones (una o más) Sin respuestas no deseadas	Funcionamiento según lo previsto, para el equipo de tipo II puede que se haya perdido el alcance de comunicaciones, pero será recuperable por el usuario Sin degradación del funcionamiento Las pérdidas de funciones serán auto recuperables

La Parte 3 de la norma en estudio concluye con un Anexo con la clasificación de los dispositivos de corto alcance según su aplicación. La clase de prestación requerida será seleccionada de acuerdo con la aplicación del equipo. A continuación se presenta un resumen con algunas de ellas

<b>Clase</b>	<b>Aplicaciones para Telemando / telecontrol</b>
3	Telecontrol por radiofrecuencia de televisiones, sonido, etc
3	Control de niños
<b>Aplicaciones de Telemedida</b>	
1	Identificación de personas
2	Telemedida en interiores
1	Telemedida en vehículos
<b>Aplicaciones para alarmas</b>	
1	Seguridad en los hogares
1	Sistemas de vigilancia
1	Seguridad personal
1	Personas de la tercera edad
1	Instituciones mentales, etc
2	Sistemas de gestión de edificios
2	Alerta de llamadas vía radio
1	Supervisión de niños/enfermería – no doméstica
2	Detección
<b>Aplicaciones de otros usos</b>	
2	Terminales de vídeo sin hilos
2	Redes locales sin hilos
2	Transmisión de sonido e imágenes en interiores
1	Telemedicina

#### 4.3.5. Norma UNE – EN 21000–1-2

*Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 1-2: generalidades. Metodología para la consecución de la seguridad funcional de equipos eléctricos y electrónicos desde el punto de vista de los fenómenos electromagnéticos (AENOR, 2002d)*

Las perturbaciones electromagnéticas pueden influir en la seguridad funcional del equipo o del sistema. El objeto de la norma, desde el punto de vista de CEM y de la seguridad funcional, es evaluar los eventuales efectos de las perturbaciones electromagnéticas sobre el riesgo total, y diseñar, fabricar e instalar el equipo o sistema de manera que no haya más que un riesgo tolerable a estos fenómenos.

El funcionamiento correcto y seguro de un equipo o sistema eléctrico o electrónico, depende de dos factores:

- el entorno electromagnético y los niveles de emisión de diversas fuentes
- la inmunidad de los dispositivos influenciados

La norma insiste en el hecho de que los niveles de las perturbaciones electromagnéticas indicadas en las diversas normas, informes o especificaciones técnicas, se deben tomar en consideración con mucha prudencia por lo que respecta a sus incidencias sobre la seguridad. Indica que puede ser necesario restringir la utilización de algunos tipos de equipos (teléfonos móviles, por ejemplo) en algunos entornos particulares para evitar situaciones peligrosas.

Para conseguir la seguridad funcional de los equipos o sistemas eléctricos y electrónicos en presencia de perturbaciones electromagnéticas, deben tenerse en cuenta los aspectos de funcionamiento siguientes:

- a. En primer lugar, el entorno electromagnético del lugar en el que se utiliza el equipo, no debe afectar indebidamente la seguridad funcional del equipo o sistema. Esto exige que el nivel de inmunidad del equipo o del sistema sea suficiente para que los fallos eventuales debidos a las perturbaciones electromagnéticas se produzcan con una cadencia que, combinada con otras causas o fallos, entrañe un riesgo globalmente aceptable.

- b. En segundo lugar, las perturbaciones electromagnéticas eventuales producidas en el interior de un sistema o instalación no deben afectar indebidamente la seguridad funcional de las otras partes del sistema o instalación. Esto requiere emisiones electromagnéticas “internas” suficientemente bajas en este sistema o instalación (las influencias electromagnéticas internas en un equipo se deben resolver en el diseño)

En el Anexo C de la norma, se presentan varias consideraciones sobre el diseño y la instalación. Los principios generales que plantea son que cualquier equipo eléctrico/electrónico se instala en un entorno electromagnético dado donde las perturbaciones de baja o alta frecuencia, conducidas o radiadas, no exceden, en principio, los valores normales especificados por la normas correspondientes y que el equipo se diseña o instala de tal manera que cumpla con los requisitos funcionales especificados. No obstante, puede suceder que los niveles de perturbación excedan estos valores normales y, para evitar que el equipo pueda llegar a un estado en que se comporte de manera peligrosa, son necesarias medidas de protección adecuadas.

#### **4.3.6. Norma UNE 208001-1**

*Especificaciones de los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte 1: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas (AENOR, 1999b)*

Esta una norma básica especifica las características y el comportamiento de los aparatos de medida de tensión, corriente y campos electromagnéticos perturbadores en el margen de frecuencias de 9 KHz a 18 GHz. Además, se especifican los requisitos aplicables a los aparatos especializados de medida de perturbaciones discontinuas. Los requisitos incluyen la medida de las perturbaciones radioeléctricas en banda ancha y en banda estrecha.

#### **4.3.7. Norma UNE – EN 300 328–2 V1.1.1**

*Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Sistemas de transmisión en banda ancha. Equipo de transmisión de datos que funciona en la banda ICM de 2,4 GHz y que usa técnicas de modulación de espectro ensanchado. Parte 2: EN armonizada que cubre los requisitos esenciales bajo el artículo 3.2 de la Directiva RTTE (AENOR, 2001)*

La presente norma se aplica a los siguientes transceptores, transmisores y receptores radioeléctricos: equipo fijo, móvil o portátil y dispositivos radioeléctricos enchufables que utilizan técnicas de modulación radioeléctricas de banda ancha y velocidades binarias agregadas mayores de 250 Kbit/s. El equipo tendrá una potencia radiada aparente de hasta -10 dBW (100 mW) y una densidad de potencia de hasta -10 dBW (100 mW) p.i.r.e. por 100 KHz para la modulación de espectro ensanchado por saltos de frecuencia, o una densidad de potencia de hasta -20 dBW (10mW) p.i.r.e. por 1 MHz para otras formas de modulación de espectro ensanchado.

El equipo radioeléctrico es capaz de funcionar en toda o en parte de la banda de frecuencias para el servicio industrial, científico y médico (ICM) de 2,403 GHz a 2,500 GHz.

#### **4.3.8. Norma UNE – EN 50 360**

*Norma de producto para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (300 MHz – 3 GHz) (AENOR, 2001d)*

Esta norma de producto se aplica a todos los dispositivos de transmisión en los que su utilización implique que la parte emisora del equipo esté muy próxima a la oreja (por ejemplo, teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos, etc.). El objeto de esta norma es demostrar la conformidad de estos equipos con las restricciones básicas relacionadas con la exposición humana a los campos electromagnéticos de radio frecuencia.

Las normas de referencia en las que se basa son:

- ICNIRP-98: Comisión Internacional para la Protección Contra las Radiaciones No-Ionizantes (1998) – Guía para limitar la exposición de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz).
- Recomendación de Consejo 1999/519/EC, de 12 de julio de 1999, relativa a la limitación de la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (o Hz a 300 GHz), presentada en 2.3.1. y detallada en el Apartado 8.3.5
- EN 50 361 – Norma básica para la medida de la Tasa Específica de Absorción relacionada con la exposición humana a los campos electromagnéticos emitidos por los teléfonos móviles (300 MHz – 3 GHz)

Según esta norma, el teléfono móvil debe cumplir con las restricciones básicas especificadas en la Recomendación del Consejo 1999/519/EC (CE, 1999a) relativas a la limitación de la exposición de las personas a los campos electromagnéticos. Como alternativa, se puede aplicar el límite fijado en la guía ICNIRP-98 (ICNIRP,1998). Las medidas de la SAR deben hacerse de acuerdo con la EN 50 361.

#### **4.3.9. Norma UNE – EN 55 022**

*Equipos de tecnología de la información (ETI). Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida (AENOR, 2002e)*

El objeto y campo de aplicación se extiende a todo el espectro radioeléctrico de 9 KHz a 400 GHz, pero los límites no se especifican más que sobre una parte de este espectro, el cual es considerado como suficiente para alcanzar los niveles de emisión adecuados con el fin de proteger la radiodifusión y los otros servicios de telecomunicación y permitir a otros equipos funcionar correctamente según sus especificaciones si están colocados a una distancia razonable.

El objeto de esta norma es establecer requisitos uniformes para el nivel de perturbación radioeléctrica de los equipos contenidos en el campo de aplicación, fijar los límites de la perturbación, describir los métodos de medida y normalizar las condiciones de funcionamiento y la interpretación de los resultados.

Se entiende por equipos de tecnología de la información,

- los que tienen como función principal una o varias de las funciones siguientes: entrada, monitorización, visualización, recuperación, transmisión, procesamiento, conmutación o control de los datos y de los mensajes de telecomunicación y que pueden ser equipados con uno o más puertos destinados típicamente a la transferencia de información
- tienen una tensión de alimentación asignada que no excede de 600 V

La norma presenta la interpretación de los límites de las perturbaciones radioeléctricas y la aplicación de los límites en los ensayos de conformidad de equipos producidos en serie. Clasifica los E.T.I. equipos en Clase A y Clase B. Los equipos de Clase B están destinados principalmente a entornos domésticos y pueden incluir:

- los equipos sin lugares fijos de utilización, por ejemplo, los equipos portátiles alimentados por baterías o pilas incorporadas
- los equipos terminales de telecomunicación alimentados por redes de telecomunicación
- los ordenadores personales y los equipos auxiliares conectados

La Clase A la constituye el resto de los equipos y debe figurar la siguiente advertencia en las instrucciones de empleo:

- Este es un equipo de la Clase A. En un entorno doméstico este equipo puede causar interferencias de radio, en cuyo caso se puede requerir que el usuario tome las medidas adecuadas.

Para las aplicaciones que nos ocupan, se tratará de los equipos de Clase B con los límites de perturbaciones radiadas establecidos en la presente norma a una distancia de 10 m.

<b>Límites de las perturbaciones radiadas para una distancia de medida de 10 m para los E.T.I. de Clase B</b>	
<b>Banda de frecuencias (MHz)</b>	<b>Límites cuasipico dB (<math>\mu</math>V/m)</b>
30 a 230	30
230 a 1000	37
NOTA 1- El límite inferior debe aplicarse a la frecuencia de transición	
NOTA 2- Disposiciones complementarias pueden ser necesarias para el caso donde se produzcan interferencias	

También se presentan las condiciones generales de medida y el método de medida de las perturbaciones conducidas en bornes de alimentación y puertos de comunicaciones.

### Tabla resumen

**TABLA 2.7.  
NORMAS AENOR**

<b>Norma</b>	<b>Título</b>	<b>Objeto</b>
UNE EN 55011	Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos Industriales, Científicos y Médicos (ICM) que producen energía en Radiofrecuencia	Perturbaciones radioeléctricas. Clasificación de equipos ICM
UNE EN 61000-4-1	Compatibilidad Electromagnética (CEM) Técnicas de ensayo y de medida. Sección 1: visión general de los ensayos de inmunidad	Referencia global y general de ensayos y especificaciones de inmunidad CEM. Guía general para la elección y aplicación de los ensayos
UNE EN 61000-4-3	Compatibilidad Electromagnética (CEM) Técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de RF	Define niveles y procedimientos de ensayo
UNE EN 301489	Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y Espectro radioeléctrico (EMR). Norma de compatibilidad electromagnética para los equipos y servicios radioeléctricos	Dispositivos de corto alcance con niveles de potencia de RF hasta 4 W utilizados entre 1 y 40 GHz. Clasificación de los equipos y criterios de funcionamiento y aplicaciones
UNE EN 21000	Compatibilidad electromagnética. Metodología para la consecución de la seguridad funcional de equipos eléctricos y electrónicos desde el punto de vista de los fenómenos electromagnéticos	Evaluación de eventuales efectos de las perturbaciones electromagnéticas sobre el riesgo total. Diseño, fabricación e instalación de equipos y sistemas sin riesgo. Estudio del entorno electromagnético y niveles de

		emisión de diversas fuentes. Inmunidad de los dispositivos influenciados. Posibles restricciones de uso de ciertos tipos de equipos
UNE EN 208001	Especificaciones de los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas	Medidas de tensión, corriente, campos electromagnéticos perturbadores entre 9 KHz y 18 GHz. Medidas en banda ancha y banda estrecha
UNE EN 300328	Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y Espectro radioeléctrico (EMR). Sistemas de transmisión en banda ancha. Equipo de transmisión de datos en la banda ICM de 2,4 GHz y que usa técnicas de modulación de espectro ensanchado.	Dispositivos que utilizan técnicas de modulación en banda ancha, régimen binario mayor de 250 Kbits/s, potencia radiada aparente hasta -10 dBW, densidad de potencia -20 dBW
UNE EN 50360	Norma de producto para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (300 MHz - 3 GHz)	Equipo transmisor próximo al cuerpo (oreja). Restricciones establecidas por: - Recomendación 1999/519/EC - ICNIRP-98 - EN 50 361
UNE EN 55022	Equipos de tecnología de la información (ETI). Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida	Límites y métodos de medida entre 9 KHz y 400 GHz. Requisitos uniformes para el nivel de perturbación

#### 4.4. NORMATIVA RELATIVA A PRODUCTOS SANITARIOS

Los sistemas de biotelemedicina utilizan transmisores y receptores de Radiocomunicaciones para el envío y recepción de los parámetros biológicos en estudio. El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (OM, 2003) atribuye una serie de bandas a los sistemas Industriales, Científicos y Médicos (I.C.M.). Los sistemas de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones y deberán cumplir los límites de radiaciones establecidos en el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo (RD, 1994), por el que se establecen los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones. Este Real Decreto se modifica por el Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre (RD, 1995), que incorpora a la legislación española la Directiva 89/336/CEE

del Parlamento Europeo, de 3 de mayo, modificada por la Directivas 91/263/CEE, de 29 de abril y por la 92/31/CEE, de 28 de abril.

Este Real Decreto establece que el nivel máximo de perturbaciones electromagnéticas generadas por los aparatos deberá ser tal que no dificulte la utilización, en particular y entre otros, de los aparatos médicos y científicos. Estos aparatos deberán estar contruidos de manera que tengan un nivel adecuado de inmunidad electromagnética en un entorno normal de compatibilidad electromagnética allí donde estén destinados a funcionar, de forma que puedan ser utilizados sin merma de su utilidad.

La norma armonizada conforme a la directiva es la CENELEC EN 50081-1:1992. Compatibilidad electromagnética - Norma genérica de emisión.

La Orden Ministerial de 26 de marzo de 1.996 sobre evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicación regulados por los anteriores Reales Decretos, tiene por objeto establecer los procedimientos y requisitos para la obtención del certificado CE. Igualmente, tiene por objeto regular la designación de laboratorios que intervienen en el procedimiento para la emisión de dicho certificado, acreditados en virtud de lo dispuesto en el Real Decreto 1787/1996, de 19 de julio, para la realización de ensayos que permitan evaluar la conformidad con las normas de compatibilidad electromagnética.

El Real Decreto 138/1989, de 27 de enero (RD, 1989b), por el que se aprueba el Reglamento sobre Perturbaciones radioeléctricas e interferencias, tiene por objeto garantizar el funcionamiento eficiente de los servicios y redes de telecomunicación, así como la adecuada utilización del espectro radioeléctrico contra toda clase de interferencias, bien sean éstas producidas por equipos industriales, científicos o médicos, aparatos electrodomésticos o cualesquiera otras causas. Será aplicable a todo equipo, aparato, sistema o instalación que sea susceptible de producir en su funcionamiento energía electromagnética, aún cuando no ocasionen radiación exterior al mismo. En particular, quedan específicamente comprendidos en el ámbito de aplicación del Reglamento los aparatos industriales, científicos y médicos (I.C.M.).

Los límites tolerables de las características perturbadoras en alta frecuencia, así como sus métodos de medida en los aparatos ICM que producen energía en radiofrecuencia, son los establecidos en la Norma UNE – EN 55011:1999 (AENOR, 1999c).

Con posterioridad a la entrada en vigor del citado RD 138/1989, el Consejo de la Unión Europea, considerando la conveniencia de adoptar las medidas apropiadas a fin de establecer progresivamente el mercado interior de la Unión Europea, aprobó la Directiva 89/336/CEE, de 3 de mayo, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la compatibilidad electromagnética, modificada por la Directiva 91/263/CEE, de 29 de abril, en cuanto se refiere a su aplicación a los equipos terminales de telecomunicación y a los procedimientos de evaluación de la conformidad.

La Directiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad (CE, 1999c), presenta, entre otras, las siguientes consideraciones:

- se debe velar porque los equipos radioeléctricos y los equipos terminales de telecomunicación conectados no presenten un riesgo evitable para la salud
- deben introducirse determinadas características en los equipos radioeléctricos y en los equipos terminales de telecomunicación a fin de impedir la violación de los datos personales y de la intimidad de los usuarios y de los abonados, así como impedir el fraude
- debe evitarse una degradación inaceptable del servicio para personas distintas del usuario de los equipos de radio y de terminales de telecomunicación
- debe garantizarse el uso eficaz del espectro de radiofrecuencias a fin de evitar interferencias perjudiciales

La directiva establece un marco reglamentario para la puesta en el mercado, la libre circulación y la puesta en servicio en la Comunidad de equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación. También en el caso de que incorpore como parte integrante o como accesorio un producto sanitario o un producto sanitario implantable activo. La norma armonizada conforme a la directiva y su referencia es la

ETSI TBR 23 (marzo de 1998) Compatibilidad electromagnética y asuntos de espectro radioeléctrico (AER).

El Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, por el que se regulan los productos sanitarios transpone la Directiva del Consejo 93/42/CEE, de 14 de junio, relativa a los productos sanitarios, los cuales deben ofrecer a pacientes, usuarios y otras personas un nivel de protección elevado y satisfacer las prestaciones que les haya asignado el fabricante, objetivos que se consiguen mediante el cumplimiento de determinados requisitos esenciales. Entre ellos, se establecen unas propiedades relativas a la fabricación y al medio ambiente, tales como que los productos deberán diseñarse y fabricarse de forma que se eliminen o se reduzcan lo más posible los riesgos de lesiones vinculados a las condiciones del medio ambiente razonablemente previsibles, como los campos magnéticos, entre otros. También se indica la necesidad de incluir información relativa a los riesgos de interferencia recíproca relacionados con la presencia del producto o equipo en investigaciones o tratamientos específicos. A continuación se presentan las normas relativas a equipos electromédicos.

#### **4.4.1. Norma UNE – EN 60601–1-2**

*Equipos electromédicos. Parte 1-2: requisitos generales para la seguridad. Norma colateral: compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos. Sección 2: Norma colateral: compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos (AENOR, 1996) (AENOR, 2002c)*

La necesidad de establecer normas específicas de compatibilidad electromagnética para los EQUIPOS ELECTROMÉDICOS y SISTEMAS ELECTROMÉDICOS (referenciados como EQUIPOS y SISTEMAS, respectivamente, en esta Norma Colateral) es bien reconocida.

En particular, la existencia de normas de emisión electromagnética es esencial para la protección de:

- servicios de seguridad;
- equipos no electromédicos (por ejemplo, ordenadores);
- telecomunicaciones (por ejemplo, radio / TV, teléfono, radio-navegación).

La existencia de normas de inmunidad electromagnética garantiza la seguridad de los equipos y de los sistemas. La compatibilidad electromagnética difiere de otros aspectos de seguridad cubiertos por la Norma CEI 60601-1 debido a que existe el fenómeno electromagnético, con variación de los grados de severidad, en ambientes de uso normal de todos los equipos y sistemas y por la definición de equipo que debe “funcionar satisfactoriamente” dentro de su ambiente previsto con el fin de establecer la compatibilidad electromagnética. Esto significa que el enfoque de un fallo simple convencional para la seguridad no es adecuado para la aplicación de las normas de compatibilidad electromagnética. El entorno de perturbación electromagnética se puede comparar a la temperatura ambiente, la humedad y la presión atmosférica. Los equipos y sistemas pueden experimentar condiciones ambientales dentro del rango esperado en cualquier momento, y durante periodos de tiempo amplios. Como con la presión atmosférica y la humedad, el usuario del equipo y/o sistema no puede ser consciente de los niveles ambientales. Los niveles de inmunidad especificados en esta norma representan el rango encontrado en los ambientes de uso médico general. Por lo tanto, bajo estas condiciones, el funcionamiento del equipo y/o sistema se esperaría también que fuera normal.

La Norma CEI 60513 hace constar que la distinción entre normas de seguridad y normas de funcionamiento no es clara a veces. Los equipos y/o sistemas se usan en la práctica de la medicina porque realizan funciones necesarias. Si un equipo y/o sistema no cumple su función, debido a una carencia de inmunidad para los sucesos esperados en el entorno de utilización normal, esto interfiere con la práctica de la medicina y no se puede considerar una situación aceptable. Por ello, la segunda edición de la Norma CEI 60601-1-2 establece una base mínima de funcionamiento en presencia de niveles esperados de perturbación electromagnética.

Debido a que la práctica de la medicina involucra muchas especialidades, se necesitarán equipos y/o sistemas que estén diseñados para realizar una variedad de funciones. Algunas funciones involucran, por ejemplo, medición de señales de un paciente que son de niveles muy bajos cuando las comparamos con los niveles de ruido electromagnético que se puede acoplar en el equipo y/o sistema. El fabricante debe revelar los niveles en los cuales el equipo y/o sistema satisface los requisitos de funcionamiento de esta norma

y especificar las características del entorno de uso electromagnético, en el cual el equipo y/o sistema funcionará según se ha previsto.

Esta segunda edición permite realizar un análisis de riesgos para determinar el funcionamiento esencial y la seguridad del equipo electromédico y también para los equipos no electromédicos que se combinan con el equipo electromédico para formar un sistema.

Esta norma está basada en las normas CEI, SC 62A, TC 77 (compatibilidad electromagnética entre los equipos eléctricos, incluyendo la red) y CISPR (Comité Internacional Especial sobre Radio Interferencia).

Para los equipos y sistemas diferentes a aquellos especificados para uso sólo en localizaciones apantalladas (es decir, los que no van a ser utilizados en localizaciones apantalladas), la norma indica que los documentos de acompañamiento deberán incluir las siguientes guías de inmunidad electromagnética

a. Guía de inmunidad electromagnética para los equipos y/o sistemas de asistencia vital y distancia de separación recomendadas entre los equipos portátiles y móviles de comunicaciones de RF y el equipo y/o sistema. El equipo y/o sistema está previsto para el uso en un entorno electromagnético especificado. El cliente o el usuario del equipo y/o sistema se deberá asegurar que se use en dicho entorno.

Ensayo de inmunidad	Nivel de ensayo de la norma CEI 60601	Nivel de conformidad	Entorno electromagnético. Guía
RF radiada Norma CEI 61000-4-3	10 V/m 80 MHz a 2,5 GHz	[E1] V/m	$d = [12 / E_1] \sqrt{P}$ , de 80 MHz a 800 MHz $d = [23 / E_1] \sqrt{P}$ de 800 MHz a 2,5 GHz donde <b>P</b> : máxima potencia de salida asignada del transmisor (W) conforme al fabricante del transmisor y <b>d</b> : distancia de separación recomendada (m) <sup>a</sup> Las intensidades del campo desde el transmisor fijo de RF, según se determina por un estudio electromagnético del lugar <sup>b</sup> , debería ser menor que el nivel de conformidad en cada rango de frecuencia.
<p>NOTA 1- A 80 MHz y 800 MHz, se aplica el rango de frecuencia más alto</p> <p>NOTA 2- Estas directrices no se pueden aplicar en todas las situaciones. La propagación electromagnética se afecta por la absorción y reflexión desde estructuras, objetos y personas.</p> <p>NOTA 3- Se usa un factor adicional de 10 /3 en el cálculo de la distancia de separación recomendada para los transmisores en las bandas de frecuencia ICM entre 150 KHz y 2,5 GHz, para disminuir la probabilidad de que un equipo de comunicaciones móvil / portátil pudiera causar interferencias, si se introduce en áreas de paciente inadvertidamente.</p>			
<p>Los niveles de conformidad en las bandas de frecuencia ICM entre 150 KHz y 2,5 GHz están previstos para disminuir la probabilidad de que un equipo de comunicaciones móvil / portátil pudiera causar interferencias, si se introduce en áreas de paciente inadvertidamente. Por esta razón, se usa un factor adicional de 10 /3 en el cálculo de la distancia de separación para los transmisores en estos rangos de frecuencia</p> <p>Las intensidades de campo de los transmisores fijos, tales como estaciones base para radio teléfonos (celulares / sin cables) y radio móviles terrestres, emisoras amateur, emisiones de radio AM y FM y emisiones de TV, no se pueden predecir teóricamente con precisión. Para valorar el entorno electromagnético debido a los transmisores fijos de RF, se debería considerar un estudio del lugar electromagnético. Si la medida de la intensidad del campo en la localización en la que el equipo y/o sistema se usa excede el nivel de conformidad anterior de RF aplicable, se debería observar el equipo y/o sistema para verificar el funcionamiento normal. Si se observa un funcionamiento anormal, pueden ser necesarias medidas adicionales, tales como reorientación o relocalización del equipo y/o sistema.</p>			

b. Guía de inmunidad electromagnética para todos los equipos y/o sistemas que no son de asistencia vital y distancia de separación recomendada entre los equipos portátiles y móviles de comunicaciones de RF y el equipo y/o sistema.

Ensayo de inmunidad	Nivel de ensayo de la norma CEI 60601	Nivel de conformidad	Entorno electromagnético. Guía
RF radiada Norma CEI 61000-4-3	3 V/m 80 MHz a 2,5 GHz	[E1] V/m	$d = [3,5 / E_1] \sqrt{P}$ , de 80 MHz a 800 MHz $d = [7 / E_1] \sqrt{P}$ de 800 MHz a 2,5 GHz donde <b>P</b> : máxima potencia de salida asignada del transmisor (W) conforme al fabricante del transmisor y <b>d</b> : distancia de separación recomendada (m) <sup>a</sup> Las intensidades del campo desde el transmisor fijo de RF, según se determina por un estudio electromagnético del lugar <sup>b</sup> , debería ser menor que el nivel de conformidad en cada rango de frecuencia.
NOTA 1- A 80 MHz y 800 MHz, se aplica el rango de frecuencia más alto NOTA 2- Estas directrices no se pueden aplicar en todas las situaciones. La propagación electromagnética se afecta por la absorción y reflexión desde estructuras, objetos y personas.			
a. Las intensidades de campo de los transmisores fijos, tales como estaciones base para radio teléfonos (celulares / sin cables) y radio móviles terrestres, emisoras amateur, emisiones de radio AM y FM y emisiones de TV, no se pueden predecir teóricamente con precisión. Para valorar el entorno electromagnético debido a los transmisores fijos de RF, se debería considerar un estudio del lugar electromagnético. Si la medida de la intensidad del campo en la localización en la que el equipo y/o sistema se usa excede el nivel de conformidad anterior de RF aplicable, se debería observar el equipo y/o sistema para verificar el funcionamiento normal. Si se observa un funcionamiento anormal, pueden ser necesarias medidas adicionales, tales como reorientación o relocalización del equipo y/o sistema.			

Para ciertos entornos, se pueden requerir niveles de inmunidad superiores. Está en progreso la investigación necesaria para determinar cómo se identifican los entornos que pueden requerir niveles de inmunidad más elevados, así como los niveles que deberían ser. Para los equipos y/o sistemas de asistencia vital, son necesarios niveles de inmunidad superiores con el fin de establecer un mayor margen de seguridad en comparación con los entornos de uso médico general.

No obstante todo lo anterior, bajo consideración de CISPR/B, los niveles de inmunidad están bajo consideración. El nivel de inmunidad de 3 V/m puede ser inapropiado porque

las señales fisiológicas medidas pueden estar sustancialmente por debajo de aquellas inducidas por un campo de 3 V/m. También puede ser necesaria la coordinación entre sistemas de telemetría y de radiodifusión, estableciendo una distancia de seguridad en el entorno rural entre 5 y 10 Km para garantizar la protección de los usuarios.

La presente norma incluye la clasificación de los equipos electromédicos que está especificada en la norma CISPR 11 y se presentan ejemplos de entorno electromagnético. Una vez que se ha obtenido la información suficiente sobre las características electromagnéticas de un entorno particular, se pueden proponer requisitos de inmunidad específicos. En la siguiente Tabla 2.8. se presentan los distintos entornos electromagnéticos y sus características

**TABLA 2.8.  
ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS**

<b>Entorno</b>	<b>Localizaciones</b>	<b>Características generales</b>
Típico para el cuidado de la salud	Hospital, clínica grande, consulta	Parcialmente controlado, cubierto por los requisitos generales de la norma
Residencial	Consulta, clínica pequeña	No controlado. Está presente un profesional del cuidado de la salud
Residencial	Hogar	No controlado. No está presente un profesional del cuidado de la salud
Transporte, móvil	Coche, avión (fijo a bastidores y helicóptero), ambulancia	No controlado. Amplias variaciones. Receptores críticos en la proximidad. Entornos severos para DES, RF, campos magnéticos y eléctricos
Especial	Quirófano, sala de urgencias	Examen caso a caso del entorno

#### **4.4.2. Norma UNE – EN 60118–13**

*Audífonos. Parte 13: Compatibilidad electromagnética (CEM) (AENOR, 2000c)*

Esta norma trata únicamente de la inmunidad de los audífonos, ya que la experiencia ha demostrado que los audífonos no emiten señales electromagnéticas capaces de perturbar otros aparatos. Según la experiencia, las fuentes importantes de perturbación incluyen

campos electromagnéticos de alta frecuencia, teniendo como origen los sistemas de telefonía digital, y campos magnéticos de baja frecuencia que pueden interferir con la entrada de la bobina telefónica que presentan algunos audífonos.

### Tabla resumen

**TABLA 2.9.  
NORMAS RELATIVAS A PRODUCTOS SANITARIOS**

<b>Norma</b>	<b>Título</b>	<b>Objeto</b>
Real Decreto 1950/1995	Reglamento sobre procedimiento de conformidad y los requisitos de protección relativos a la compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones	Garantizar que el nivel máximo de perturbación electromagnética generada por los aparatos no dificulte la utilización, en particular y entre otros, de los aparatos médicos y científicos. Éstos deberán tener un nivel adecuado de inmunidad EM en el entorno EM en el que están destinados a funcionar
Real Decreto 1787/1996	Reglamento sobre certificación de los equipos de telecomunicaciones	Establece la realización de ensayos que permitan evaluar la conformidad con las normas de CEM
Orden Ministerial de 26 de marzo de 1996	Evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones, sobre compatibilidad electromagnética	Establecer los procedimientos y requisitos para la obtención del certificado CE. Regulación de la designación de laboratorios que intervienen
Real Decreto 138/1989	Reglamento sobre perturbaciones radioeléctricas e interferencias	Garantizar el funcionamiento eficiente de los servicios y redes de telecomunicaciones, así como la adecuada utilización del espectro radioeléctrico contra toda clase de interferencias. Comprende los aparatos ICM
Directiva 89/336/CE Directiva 91/263/CE	Legislaciones de los estados miembros relativa a la compatibilidad electromagnética y sobre equipos terminales de telecomunicación.	Aproximación de las legislaciones de los estados miembros y aplicación a equipos terminales de telecomunicación y procedimientos de evaluación de la conformidad
Directiva 1999/5/CE	Equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de conformidad	Vela porque no presenten un riesgo evitable para la salud. Impedir la violación de los datos personales y de la intimidad de los usuarios y de los abonados, así como impedir el fraude. Entre otras cosas, debe garantizar el uso eficaz del espectro de RF a fin de evitar interferencias
Directiva 93/42/CEE Real Decreto 414/1996	Productos sanitarios	Ofrecer a pacientes, usuarios y otras personas un nivel de protección elevado y satisfacer las prestaciones que les haya asignado el fabricante. Diseño y fabricación de forma que eliminen o reduzcan los riesgos de lesiones vinculadas a las condiciones del medio ambiente previsible, como los campos EM, entre otros. Información sobre riesgos de interferencias
UNE EN 60601	Equipos electromédicos. Requisitos generales para la seguridad. CEM, requisitos y ensayos	Garantía de seguridad de equipos y sistemas. Niveles de inmunidad especificados representan el rango encontrado en los ambientes electromagnéticos de uso médico general. Guías de inmunidad para equipos y/o sistemas y distancias de separación recomendada para equipos de asistencia vital y para los que no lo son
UNE EN 60118	Audífonos Compatibilidad electromagnética	Fuentes de perturbación en los sistemas de telefonía digital

#### **4.5. DISPOSICIONES INTERNACIONALES SOBRE BIOTELEMETRÍA**

Las disposiciones relativas a biotelemedría son escasas. Sin embargo, la Unión Europea está prestando gran atención a la regulación sobre EMC y electrónica médica, liderando esta actividad y seguida de cerca por los Estados Unidos. Actualmente la mayoría de las normativas sobre EMC sanitaria está promovida por la International Electrotechnical Commission (IEC). Las normas producidas están adoptadas por numerosas organizaciones principalmente europeas, pero también de otros países de otros continentes. La norma relativa a EMC y electrónica médica es la IEC 60601-1-2 Requirements and test for EMC medical electrical equipment, que comprende varias restricciones de emisión e inmunidad. La norma europea es la EN 60601-1-2, que adopta esencialmente la correspondiente IEC. Está relacionada con la CISPR 11, Industrial, scientific and medical (ISM) radio frequency equipment, electromagnetic disturbance characteristics, limits and methods of measurement for the emission criteria.

A continuación se citan la regulación existente en algunos países.

##### **CANADÁ**

El Health Canada's Medical Devices Bureau recibió entre los años 1984 y 2000, 36 informes de fallos de funcionamiento de productos sanitarios atribuidos a Interferencias Electromagnéticas (EMI). El Departamento investigó la susceptibilidad de varios productos a diferentes fuentes de radiofrecuencia, incluyendo dispositivos tales como teléfonos móviles celulares tanto analógicos como digitales, equipos de radio bidireccionales, sistemas de comunicaciones personales PCS, redes de área local inalámbricas, sistemas de telemetría médica, sistemas de seguridad, detectores de metales, entre otros. Se estudió el riesgo presentado por cada tipo de sistema. Los productos sanitarios estudiados incluían equipos terapéuticos, monitores, equipos de diagnóstico, marcapasos cardíacos y desfibriladores implantables.

La conclusión del estudio es la recomendación de minimizar la potencia transmitida por los sistemas y garantizar el cumplimiento de la normativa de emisión e inmunidad establecida por la IEC.

### **CEPT/ERC**

La Recomendación 70-03 de la European Conference of and Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), del European Radiocommunications Committee (ERC) establece la posición general de los países de la CEPT sobre asignación del espectro para dispositivos de corto alcance. Estos dispositivos están autorizados normalmente sin necesidad de licencia y no existe recomendación específica para telemetría. Sin embargo, en Europa se utiliza la banda de 433,05-434,79 MHz normalmente para aplicaciones de telemetría. Se supone que los sistemas de telemetría biomédica también operan en esa banda en Europa.

### **NUEVA ZELANDA**

La División de Comunicaciones del Ministerio de Comercio de Nueva Zelanda asigna la banda de 470-470,5 MHz con una PIRE máxima de 10 mW para sistemas de telemetría biomédica sin licencia. Estos sistemas pueden operar en otras banda compartiendo el espectro o con licencia. Más información se encuentra en la publicación RFS27 “Telecommand y Telemetría” y en la RFS29 “Restricted Radiation Radio Apparatus”.

### **REINO UNIDO**

La Agencia de Radiocomunicaciones del Reino Unido prevé el funcionamiento de los sistemas de telemetría biomédica en la banda de 173,7-174 MHz con una PER máxima de 10 mW y en la banda de 458,9625-459,1 MHz con una PER máxima de 500 mW libres de licencia. Los citados sistemas pueden funcionar también en otras bandas de frecuencias disponibles para aplicaciones de telemetría. Más información se puede encontrar en la publicación de la Agencia de Comunicaciones “Short Range Devices Information Sheet”.

Así mismo, la Medical Device Agency comparte la preocupación sobre la problemática de las Interferencias Electromagnéticas en el funcionamiento conjunto de equipos médicos y de comunicaciones (MDA, 1997).

## **ESTADOS UNIDOS**

La principal actividad la ha llevado a cabo el Comité 63 de Normalización acreditado por el ANSI (American National Standard) y la FDA (Food and Drugs Administration). El Subcomité 8 del Comité EMC C63 se dedica al desarrollo de normas sobre EMC relativas a dispositivos médicos. El primer documento fue el ANSI C63.18 titulado Recommended Practice for an On-site, Ad-Hoc Test Method for estimating radiated electromagnetic immunity of medical devices to specific radio-frequency transmitters (diciembre 1997) (ANSI / IEEE, 1997). Está dirigido a personal técnico del hospital para la verificación de la inmunidad de dispositivos médicos frente a emisores de RF tales como teléfonos celulares, walky-talkies o transmisores de hasta 8 W.

El segundo documento del Subcomité fue el C63.19, American National Standard for Methods of measurement of compatibility between wireless communications devices and hearing aids en el rango de frecuencias entre 800 MHz y 2 GHz.

Además de la disponibilidad para los sistemas de telemetría, la Federal Communications Commission (FCC) especifica en la parte 15 de las Rules and Regulation la exención de licencia para los sistemas de telemetría biomédica. Dispone la utilización de las frecuencias 174-216 MHz con un ancho de banda de 200 KHz y una intensidad de campo máxima de 1500  $\mu\text{V}/\text{m}$  a 3m (equivalente a una PIRE de 0,7  $\mu\text{W}$ ), y 470-668 MHz con una intensidad de campo máxima de 200 mV/m (equivalente a una PIRE de 12 mW), bandas que se utilizan para difusión de televisión. La normativa de la FDA, de 1979, de cumplimiento voluntario, indica que los dispositivos médicos deben ser inmunes frente a interferencia de RF con una intensidad de campo de 7 V/m en el rango de frecuencias entre 450 y 1000 MHz.

La coordinación necesaria entre los sistemas de telemetría y los de radiodifusión establece una distancia de seguridad en el entorno rural de 5-10 Km para garantizar la protección de los usuarios.

También la FCC hace una serie de consideraciones, como son:

- los sistemas de biotelemedicina están en expansión y son equipos complejos que requieren la instalación por parte del fabricante o de personal cualificado
- en la mayoría de los casos hará falta un informe de un ingeniero para el estudio de cada emplazamiento
- estos sistemas son muy sensibles frente a interferencias y es más probable que las reciban que las causen
- teniendo en cuenta que está en juego la salud de los pacientes que utilizan estos sistemas, se espera una colaboración entre los organismos sanitarios y los técnicos (fabricantes e instaladores)
- se recomienda la utilización de estos dispositivos por personal sanitario. Se debe garantizar la utilización de las frecuencias adecuadas
- se recomienda que los equipos tengan facilidad de cambio de frecuencia de funcionamiento, dada la rápida variación de las frecuencias de trabajo de las emisoras de radiodifusión

## **4.6. NORMATIVA SOBRE SEGURIDAD Y EMISIONES RADIOELÉCTRICAS DE ALGUNOS ELECTRODOMÉSTICOS**

### **4.6.1. Teléfonos móviles celulares**

Los teléfonos móviles son radiotransmisores y radiorreceptores y deben cumplir los valores límite de emisión de ondas radioeléctricas recomendados por el Consejo de la Unión Europea para la protección de la salud y seguridad del usuario. Estos límites forman parte de las directrices que establecen los niveles permitidos de energía de RF para la población. Los límites incluyen un margen de seguridad para garantizar la citada seguridad de todas las personas, independientemente de su edad, estado de salud, sensibilidad individual y condiciones ambientales.

El índice estándar de exposición para los teléfonos móviles se mide con una unidad conocida como Tasa Específica de Absorción, o SAR (Specific Absorption Rate). La Tasa límite recomendada por el Consejo de la Unión Europea es de 2,0 W/Kg de media sobre 10 gramos de tejido de acuerdo con las normas EN 50360 y EN 50361. Los

valores de esta Tasa dependen de los requisitos nacionales y de la banda de frecuencia de la red. Aunque la SAR se determina al máximo nivel certificado de potencia, la tasa real del teléfono en funcionamiento suele estar bastante por debajo del valor máximo. Esto se debe a que el teléfono está diseñado para funcionar a diversos niveles de potencia y para emplear exclusivamente la potencia necesaria para conectar con la red.

#### **4.6.2. Pantallas (de ordenador y de receptores de TV)**

La normativa frecuentemente aplicada a estos dispositivos es la TCO 99, que parte de la TCO 95 y de otras normas ISO, IEC y EN 60 950, así como de la Directiva comunitaria 90/270/EEC (relativa a disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo), junto con otras especificaciones nacionales.

La serie TCO se ha convertido en una norma generalizada para equipos de oficina en lo referido a seguridad y salud del usuario, responsabilidad con el medio ambiente y diseño ergonómico. Esta norma se refiere a cuatro aspectos fundamentales: emisiones, energía, ecología y ergonomía. El área que nos interesa es la del control de las emisiones, que tiene en cuenta que en los entornos laborales el número de equipos eléctricos cada vez es mayor. Por lo tanto, el interés principal está en la reducción de los campos eléctricos y magnéticos que generan, con sus dos tipos de efectos: sobre las personas y sobre el resto de equipos situados en las proximidades. También considera las condiciones de funcionamiento ante la existencia de campos electromagnéticos externos originados por otros equipos.

La norma de emisión de campo eléctrico alterno es:

- Banda I: 5 Hz a 2 KHz:  $E \leq 10$  V/m, medidos a 30 cm en el frente del monitor y a 50 cm alrededor del mismo
- Banda II: 2 KHz a 400 KHz:  $E \leq 1$  V/m, medidos a 30 cm en el frente del monitor y a 50 cm alrededor del mismo

La norma de emisión de campo magnético alterno es:

- Banda I: 5 Hz a 2 KHz: H 200 nT, medidos a 30 cm en el frente del monitor y a 50 cm alrededor del mismo
- Banda II: 2 KHz a 400 KHz: H 25 nT, medidos a 50 cm alrededor del mismo

#### **4.7. LEY 32/2003 DE LAS CORTES GENERALES, DE 3 DE NOVIEMBRE, GENERAL DE TELECOMUNICACIONES**

El primer marco legislativo aplicable es la nueva Ley General de Telecomunicaciones (CG, 2003). El espectro radioeléctrico es un recurso natural escaso, con un fuerte contenido económico y estratégico. La característica de recurso escaso implica la necesidad de realizar una buena administración del mismo para conseguir su máximo aprovechamiento y una utilización eficaz. El citado espectro está considerado como un bien de dominio público y su administración corresponde en exclusiva al Estado, incluyendo las tareas de planificación, gestión y control. Por motivos técnicos, económicos o estratégicos, estas tareas tienen una fuerte implicación internacional, por ello dicha administración se tiene que hacer de acuerdo con los tratados y acuerdos internacionales en los que España es parte, tales como los establecidos en el marco de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Unión Europea o la Conferencia Europea de Administraciones Postales y de Telecomunicación (CEPT).

La función de planificación radioeléctrica es fundamental para un aprovechamiento óptimo del espectro radioeléctrico y se establece a través del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) (OM, 2003) en el que se recoge la normativa de la Unión Europea y las resoluciones, recomendaciones y reglamentos de los organismos internacionales, además de tener en cuenta las necesidades de los operadores nacionales, la industria y los usuarios.

Una de las claves que han permitido un rápido desarrollo de las soluciones inalámbricas es que utilizan un rango de frecuencias en el espectro denominado de “uso común” y, por tanto de uso regulado, pero que no requiere de título habilitante, ni de solicitud expresa de uso de dominio público radioeléctrico.

Lo dicho anteriormente no obvia para que el marco normativo español sea tenido en cuenta cuando se utiliza la tecnología inalámbrica para dar servicio público de acceso a otras redes de telecomunicaciones (Internet, Telefonía,..).

Por otro lado, al tratarse de emisiones radioeléctricas, los niveles de potencia, radiación etc. de los equipos utilizados están supeditados a lo recogido en el CNAF (OM, 2003) y en el RD 1066/2001 (RD, 2001).



# **MATERIAL Y MÉTODOS**

## **1. METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

### **1.1. CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO**

En las aplicaciones reales, se encontrarán normalmente numerosas fuentes (artificiales y naturales) de perturbaciones electromagnéticas, generando un entorno electromagnético en el cual pueden encontrarse dispositivos susceptibles. La diversidad de situaciones es infinita y una descripción completa del entorno electromagnético es pues muy compleja (AENOR, 1997).

Es posible determinar (estimar) el entorno midiendo separadamente ciertos parámetros de los fenómenos, tales como las tensiones, las corrientes, los campos, etc. En los puntos involucrados, en la mayor parte de los casos, se constatará que estos valores varían con el tiempo.

La definición de la compatibilidad electromagnética se refiere a su entorno y no a un entorno o a todos los entornos. En la mayoría de los casos, las propiedades del entorno no son previsibles al 100%. Esto implica que las especificaciones de la CEM pueden ser establecidas únicamente de manera que exista una probabilidad reconocida o aceptable de que este dispositivo se beneficie de la CEM en ciertos entornos.

Cuando se establecen especificaciones de CEM, los valores específicos deben ser atribuidos a los niveles de perturbaciones electromagnéticas en casos particulares. La configuración del ensayo deberá ser descrita con detalle: describir la disposición de los

componentes del sistema y las configuraciones destinadas a optimizar el nivel de emisión.

La emisión es uno de los aspectos fundamentales de la CEM y de la interferencia electromagnética. La fuente es normalmente un dispositivo, aparato o sistema. En general, la emisión estará determinada para prevenir la interferencia EM. En consecuencia, un nivel de emisión puede venir determinado con una precisión, pero el resultado sólo puede ser una indicación de la probabilidad de obtención de la compatibilidad EM.

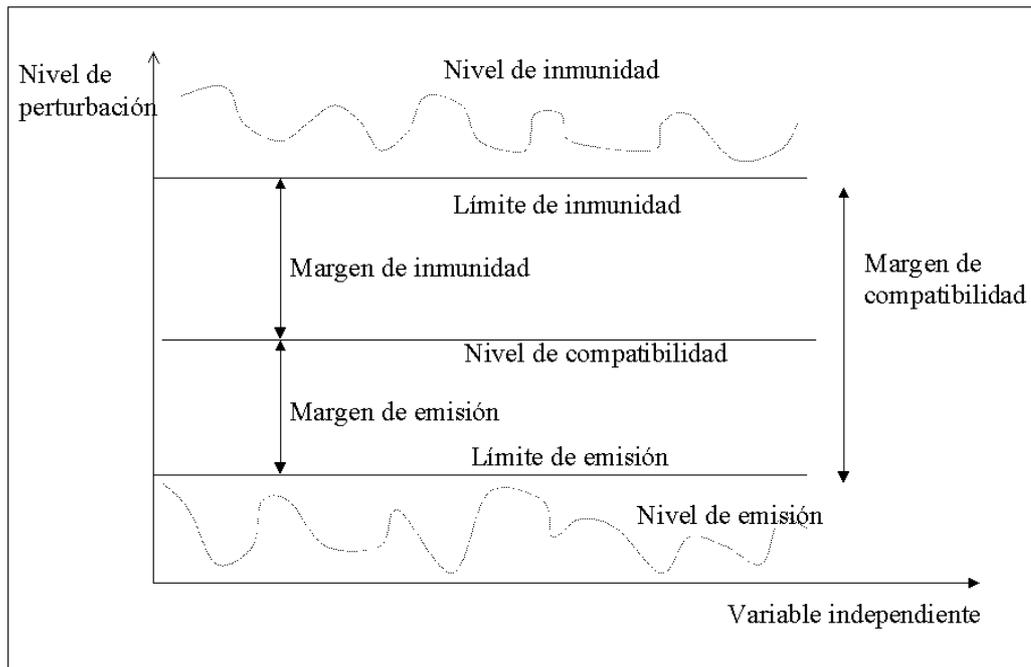
La energía EM emitida puede ser expresada mediante un nivel de emisión. Se necesita indicar el tipo de perturbación, qué parámetro de energía EM emitido se considera, por ejemplo, intensidad de campo magnético, intensidad de campo eléctrico, densidad de potencia,... Para verificar las especificaciones de CEM, se procede a realizar medidas en el lugar donde un dispositivo, aparato o sistema está en servicio.

## **1.2. RELACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES NIVELES Y LÍMITES**

Los componentes de un sistema o aplicación pueden pertenecer a los dos grupos siguientes:

- los emisores, o dispositivos, aparatos o sistemas que producen tensiones, corrientes o campos potencialmente perturbadores
- los dispositivos susceptibles, o dispositivos, equipos o sistemas cuyo funcionamiento puede ser degradado por el efecto de estas emisiones

En la Figura 3.1 siguiente (Pallás, 1997), se representan los niveles de emisión, de inmunidad y los límites correspondientes y nivel y margen de compatibilidad en función de una variable independiente con un solo emisor y un solo dispositivo susceptible.



**Figura 3.1. Niveles de emisión e inmunidad**

El nivel de compatibilidad, que es un nivel de perturbación especificado, está expresado en la unidad correspondiente al límite de emisión. Si el entorno electromagnético no puede ser controlado, el nivel es elegido en función de los niveles de perturbación existentes o esperados.

En el lugar donde se encuentran varios dispositivos susceptibles, el entorno electromagnético viene determinado por todos los dispositivos, aparatos o sistemas que emiten una energía electromagnética. Por tanto, numerosos tipos de perturbaciones (por tipo se puede entender también la forma de onda) pueden estar presentes simultáneamente. Si se considera una perturbación dada en un lugar dado, el nivel de perturbación viene dado por:

- la superposición de las perturbaciones del mismo tipo, donde cada contribución a las perturbaciones depende de las propiedades de propagación electromagnética entre la fuente y el dispositivo susceptible, y del tiempo

- las contribuciones de otros tipos de perturbaciones, teniendo componentes en la banda de recepción del dispositivo sensible, donde cada una de las contribuciones está sujeta a los aspectos mencionados anteriormente.

### **1.3. PROTOCOLO DE MEDIDAS**

El “marcado CE” de los equipos incluye la definición de inmunidad de los equipos y medidas para la protección del espectro radioeléctrico y medidas especiales por motivos de seguridad. Establece límites técnicos que garantizan el funcionamiento correcto de varios equipos y, por tanto, garantía de calidad de cada producto en particular. Sin embargo, estas normas no están orientadas hacia la protección y la seguridad en el cuerpo humano a partir de efectos biológicos, que sí son tenidos en cuenta en las normas establecidas por el ICNIRP, CENELEC, etc que parten del estudio del SAR (Specific Absorption Rate).

Todos los equipos o sistemas que van a constituir la aplicación de telemetría están certificados independientemente pero será necesario determinar si todos los elementos que constituyen la aplicación van a funcionar adecuadamente en el entorno de la misma. Por lo tanto, habrá que realizar un estudio detallado de éste en previsión de las posibles interferencias entre equipos, sistemas y sensores, así como con el paciente.

La normativa europea aplicable relativa a Redes de Área Local sin Hilos es la ETS 300 328, del ETSI (ETSI, 2001). En esta norma se establecen las condiciones del emplazamiento en el que se llevan a cabo las medidas:

- medidas en espacio abierto (entendido desde el punto de vista electromagnético)
- realización de medidas absolutas y relativas
- distancia necesaria entre el dispositivo y el medidor, en las dimensiones horizontal y vertical
- evitar reflexiones en cuerpos extraños y cables (de la longitud adecuada)
- elección de la ubicación del equipo de medida

De acuerdo con la normativa, estas medidas se aplicarán para verificar que el nivel de radiación electromagnética en el entorno no supera la relativa a la exposición del cuerpo humano, que establece unos límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas, acorde con las Recomendaciones europeas (CE, 1999a). Para garantizar esta protección, se establecen unas restricciones básicas y unos niveles de referencia que deberán cumplir las instalaciones.

De la misma manera resulta también necesario el establecimiento de condiciones que faciliten y hagan compatible un funcionamiento simultáneo y ordenado de las diversas instalaciones radioeléctricas y los servicios a los que dan soporte, considerándose determinadas instalaciones susceptibles de ser protegidas (OM, 2003).

El estudio de los niveles de emisión en la aplicación de telemetría vendrá limitado por las condiciones siguientes:

- la existencia de interferencias perjudiciales o incompatibilidades con otros servicios o aplicaciones de telecomunicación previamente autorizados o con otros servicios públicos esenciales
- las limitaciones impuestas por el Cuadro Nacional de atribución de Frecuencias
- la existencia fuera de la zona en la que se va a desarrollar la aplicación, de niveles de intensidad de campo electromagnético superiores a los máximos establecidos.

En situaciones en las que se dé una exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se sumen los efectos de estas exposiciones. También habrá que tener en cuenta los niveles de emisión radioeléctrica preexistente en el entorno de la aplicación (RD, 2001), aplicando según sea el caso, las hipótesis de campo cercano o campo lejano y con los factores de reflexión que resulten adecuados al emplazamiento, pudiendo calcularse un volumen de referencia integrado en los planos de disposición de la aplicación.

#### **1.4. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DEL ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO DE LA APLICACIÓN: FASES**

En la aplicación en estudio, puede haber varios emisores, con abundantes obstáculos y los usuarios encontrándose en la propia región ocupada por la instalación. Aún admitiendo que en toda o parte de la región de interés sean aplicables las aproximaciones de campo lejano para todas las antenas presentes, el campo en un punto del espacio estará compuesto por una multiplicidad de rayos, procedentes de diversos orígenes e incluyendo no solo primeras reflexiones sino incluso otras de orden superior. Además, aunque los emisores son de baja potencia, las distancias son en este caso moderadas y, en consecuencia, las intensidades pueden ser relativamente altas.

1. Fase previa a las mediciones mediante la observación de:
  - factores del entorno de la aplicación: indicación de principales obstáculos, destacando especialmente los posibles objetos conductores
  - factores radioeléctricos: distancia a la fuente y existencia previsible de otras emisiones
2. Monitorización de campos eléctrico y magnético: dosímetro

## **2. INSTRUMENTACIÓN**

El campo electromagnético se describe mediante dos magnitudes vectoriales, E y H, y su medida en un cierto punto del espacio requiere en consecuencia, el registro temporal de tres componentes ortogonales de direcciones arbitrarias para cada intensidad. Sin embargo, las medidas orientadas a establecer el cumplimiento o incumplimiento de los niveles de referencia, no exigen la obtención de la fase, lo que simplifica la instrumentación requerida.

Un instrumento para medir intensidad de campo, requiere de un sensor adecuado a la amplitud correspondiente (sonda) y un medidor que presente el valor resultante de la medida. La sonda deberá estar situada en el punto donde se desea medir y el medidor

puede estar en la proximidades o alejado de ella, existiendo siempre entre ambos un elemento de conexión.

Los requisitos ideales para una sonda de aplicación general son:

- debe permitir la determinación separada de una de las intensidades de campo: eléctrico o magnético
- ha de ser de pequeño tamaño, para que la perturbación que introduzca sea mínima y para que la lectura corresponda al valor del campo en un solo punto del espacio
- ha de ser independiente de la polarización, por lo que ha de poder medir tres componentes en direcciones ortogonales
- ha de ser de banda ancha, para poderla utilizar en una banda amplia de aplicaciones
- ha de estar calibrada

La sonda básica de campo eléctrico es un hilo conductor delgado, el dipolo eléctrico, corto frente a la menor longitud de onda en la banda en que vaya a utilizarse, en el que la corriente inducida depende, en primera aproximación, únicamente de la componente del campo eléctrico en la dirección del conductor.

Para el campo magnético, el elemento básico es una espira de hilo delgado, el llamado dipolo magnético, de pequeño tamaño frente a la menor longitud de onda en la banda en que vaya a utilizarse, en el que la corriente inducida depende, en primera aproximación, únicamente de la componente del campo magnético en la dirección perpendicular al plano de la espira.

Ambos elementos son intrínsecamente de banda ancha, siempre que mantengan su pequeño tamaño relativo a la longitud de onda, pero sensibles a la polarización. La determinación de las características de un campo magnético, exige el uso de ambas sondas, salvo en el caso de la medida en campo lejano, en la que la relación de onda plana

$$H = \frac{r \times E}{\eta_0}$$

permite obtener una intensidad a partir de la otra. En la práctica, las medidas en las bandas altas de frecuencia son, salvo excepciones, en campo lejano y por razones de carácter tecnológico, las sondas utilizadas son de campo eléctrico.

Las medidas para evaluación del cumplimiento de las normas requieren el conocimiento de las características de las magnitudes a medir y del funcionamiento de la instrumentación que ha de utilizarse. Además es necesario interpretar adecuadamente los valores medidos.

## 2.1. DOSÍMETROS

En los estudios de dosimetría, como en el caso que se presenta, el objetivo de los sensores es evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas o de los niveles de referencia. Requiere realizar la detección directamente sobre la sonda, eliminando el delicado proceso de transferencia de señal al medidor a la frecuencia de radiofrecuencia. Por ello, las sondas incorporan detección de ley cuadrática, concentrada o distribuida, en cada uno de los tres elementos constitutivos.

Las sondas para medida de campo externo suelen estar dotadas de un mango y un recubrimiento elástico de protección. Algunos aspectos a tener en cuenta en el uso de sondas de banda ancha con detección incorporada son:

- las sondas que incorporan un elemento de ley cuadrática no permiten determinar ni la polarización ni el valor máximo de la intensidad de campo, salvo que se conozca previamente la clase de polarización de éste
- los sensores de banda ancha miden de forma conjunta todas las componentes espectrales del campo, de modo que son incapaces de identificar la presencia de componentes procedentes de más de un generador

Para señales sinusoidales, estas ondas proporcionan, para cada punto del espacio, el valor de

$$|\vec{E}_0|^2 = |\vec{E}_{0x}|^2 + |\vec{E}_{0y}|^2 + |\vec{E}_{0z}|^2$$

que no coincide con el cuadrado del campo máximo salvo en el caso de polarización lineal. Pero puesto que en todo caso  $E_{Máx}^2 \leq |E_0|^2$ , la medida obtenida constituye una estimación de caso peor del campo máximo existente.

Las características de sensibilidad y margen dinámico de las sondas obligan a una elección según el margen de niveles que se desee evaluar.

Los medidores básicos proporcionan la medida del valor medio de intensidad o de densidad de potencia en cada instante, incorporando en general una opción de mantenimiento del valor máximo y algún tipo de alarma para el caso de superación de los niveles seleccionados por el usuario. Algunos medidores incorporan facilidades de almacenamiento y procesado de información, que facilita la evaluación de promedios espaciales y temporales.

Para llevar a cabo las medidas de dosimetría, se ha utilizado el Monitor de Radiación ESM-30 “RadMan-XT” (Narda Safety Test Solutions, GMBH) (Narda, 2002), que es un equipo de pequeño tamaño y peso (26,0 mm x 36,4 mm x 157 mm) alimentado con dos pilas de 1,5V tamaño AAA, que permite la realización automática de las medidas y el almacenamiento de los datos obtenidos en el emplazamiento. El dispositivo se presenta en la Figura.3.2. siguiente



Figura 3.2. Monitor de radiación RadMan XT ESM-30

Tiene las siguientes características:

- el rango de frecuencias de utilización:
  - para campo E, 1 MHz – 40 GHz
  - para campo H, 27 MHz – 1 GHz
- dispone de memoria interna que permite la lectura y evaluación de los datos para:
  - comprobación de umbrales
  - cálculo de valores medios
  - realización de análisis estadísticos
  - visualización del desarrollo cronológico de los eventos

Posee seis sensores que miden el campo eléctrico y magnético de forma simultánea e independiente. Los sensores son isotrópicos (no direccionales) y detectan los valores de los campos E y H independientemente de la posición del sensor.

El dispositivo registra las medidas de E y H ponderadas en frecuencia conforme la norma ICNIRP-98, relativa a exposición a campos electromagnéticos (ICNIRP,1998) expresado en porcentaje sobre el valor de referencia para exposición a campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo, que se presentan en las siguientes Figura 3.3 y Figura 3.4.

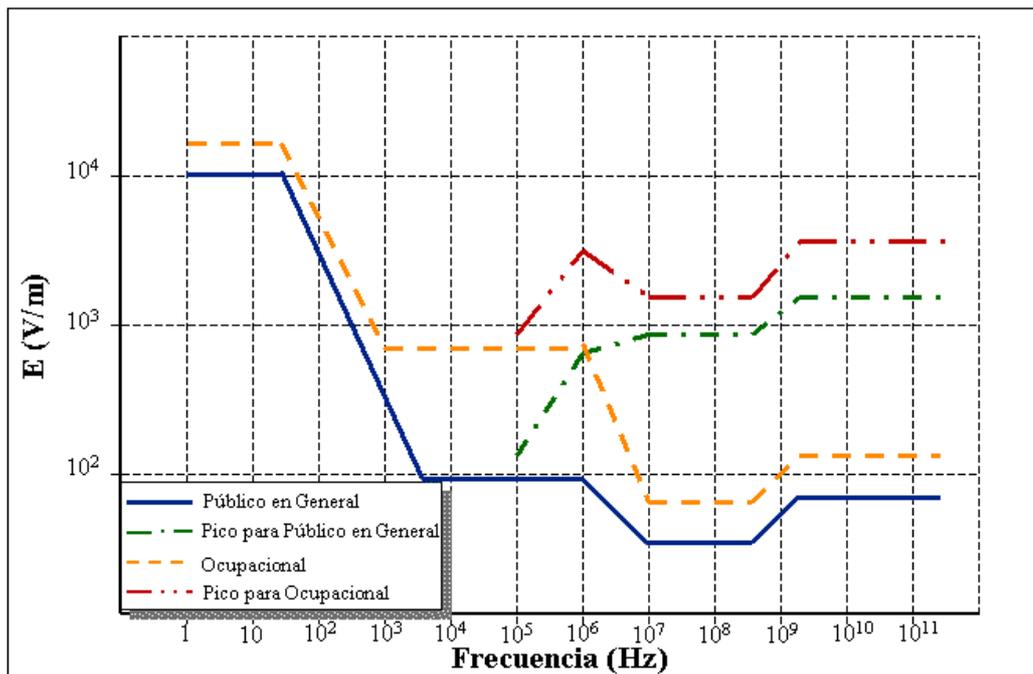


Figura 3.3. Niveles de referencia ICNIRP-98 para exposición a campos eléctricos variables en el tiempo

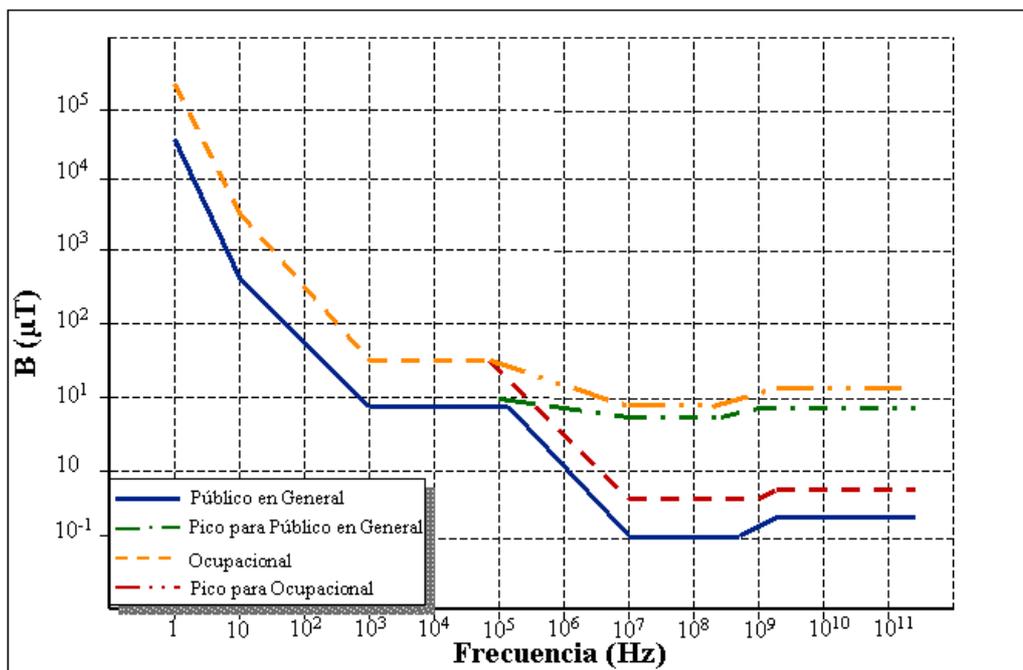


Figura 3.4. Niveles de referencia ICNIRP-98 para exposición a campos magnéticos variables en el tiempo

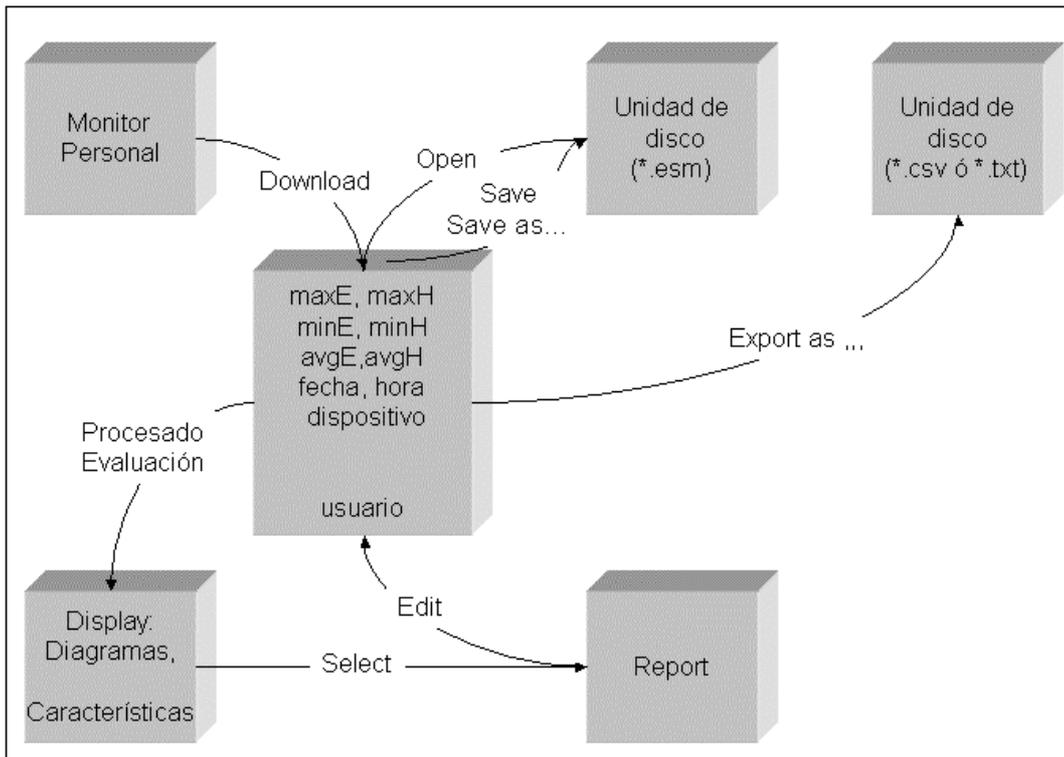
Se ha utilizado el programa informático, el ESM-TS Interface Set, para configurar el dispositivo y para exportar los datos almacenados al PC para su posterior evaluación.

También permite sincronizar la referencia de tiempos y programar el espaciado temporal entre bloques de datos. Un bloque de datos comprende valores de campo eléctrico E y de campo magnético H en promedio, máximo y mínimo (maxE, maxH, averE, averH, minE, minH) junto con la referencia de tiempo y fecha.

El tiempo entre datos consecutivos almacenados se puede programar entre 1 segundo y 3 minutos. El monitor RadMan XT tiene una capacidad de 1600 conjuntos de datos, almacenando los valores de las medidas continuamente tomando las muestras según el tiempo de almacenamiento programado. En este caso, se ha tomado el máximo tiempo de almacenamiento posible (cada 3 minutos), permitiendo un periodo de monitorización de 3 días, 9 horas y 51 minutos. La memoria es de tipo anillo, por lo que si se excede la capacidad de la memoria, el valor más antiguo será sustituido por el último adquirido.

Los valores máximos y mínimos r.m.s. se calculan continuamente durante el intervalo de tiempo considerado (el intervalo entre medidas es de 5 ms, estando todos los datos referidos a la densidad de flujo de potencia). Los datos de E y H se salvan en la memoria como conjunto de datos con la referencia de tiempo en cada muestra.

Los datos de campos E y H se pueden obtener separadamente por medio del programa ESM-TS Interface Set. El monitor RadMan XT dispone de interface óptica para conexión de fibra óptica al PC por medio de un conversor de señal óptica a eléctrica en el puerto serie RS-232. La resolución de los datos es de 0,625% del valor límite de la norma.



**Figura 3.5. Diagrama de flujo de datos del monitor Rad-Man XT (Narda, 2002)**

Los resultados obtenidos en el medidor de campos E y H son apropiados para la valoración de la exposición humana a campos EM y previsión de potenciales problemas de Interferencias EM. Para una determinación más precisa del entorno electromagnético, será necesario llevar a cabo medidas más sofisticadas.

### **3. ELECCIÓN DEL ESPACIO MUESTRAL**

El entorno electromagnético de una aplicación de Telemedicina puede variar de una zona rural a una urbana. Las condiciones de exposición del entorno domiciliario se puede considera como no-controlado, en oposición a las condiciones de exposición controladas (entorno hospitalario o laboral).

La investigación llevada a cabo ha tenido como objetivo el conocimiento del entorno electromagnético en los domicilios potencialmente receptores de una aplicación de telemedicina. Para ello se han realizado dos estudios. El primero de ellos se ha basado

en una campaña de medidas realizada en un mismo domicilio con el propósito de establecer la estabilidad con el tiempo de los niveles obtenidos, así como conocer la dependencia de dichos niveles de factores relacionados con interferencias en campo cercano a las fuentes potenciales de interferencia. También se ha obtenido el espectro electromagnético en este domicilio.

El segundo de los estudios se ha basado en una campaña de medidas realizada en diferentes domicilios dispersos por el municipio de Madrid. Su propósito ha sido tanto establecer posibles variaciones en los niveles debidas a la posición geográfica en sí, como a determinar el rango de variación de dichos niveles.

Este estudio se ha centrado en los domicilios del municipio de Madrid, por ser previsible encontrar mayor densidad de potenciales fuentes emisoras externas de RF que en el entorno rural.

Los registros temporales tomados pueden considerarse realizaciones de un Proceso Estocástico. Para el estudio estadístico realizado se ha tomado la hipótesis de estacionaridad. Esta hipótesis se ha basado no tanto en las características de las señales como en el amplísimo ancho de banda de medida que integra muchos servicios de radiocomunicación que compensan mutuamente su variación con el tiempo. Este mismo hecho ha permitido asumir a priori una función densidad de probabilidad gaussiana, debido a que el Teorema del Límite Central permite esta aproximación cuando se superponen un gran número de funciones de distribución cualesquiera.

El equipo de medida proporciona los valores máximos, mínimos y medios de los campos eléctrico  $E$  y magnético  $H$ . De los resultados obtenidos en cada uno de los domicilios, se ha estimado el valor medio y la desviación estándar de todos los valores medios de  $E$  y  $H$ , es decir, la medida de la dispersión de estos valores respecto a la media (valor promedio).

A continuación se ha determinado el intervalo que agrupa el 95% de las medidas, calculando los valores que permiten confinar el 95% del área bajo función densidad de probabilidad correspondiente a la distribución normal de media y desviación estándar previamente identificadas.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A REALIZAR**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO RADIOELÉCTRICO DE LOS DIFERENTES DOMICILIOS**

El procedimiento de certificación y de realización de medidas de todas las antenas de telefonía móvil, radiodifusión sonora y TV, llevado a cabo por técnicos competentes y visado por el Colegio Profesional correspondiente y la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, ha seguido el establecido en la Orden Ministerial CTE/23/2002, de 11 de enero (OM, 2002) y los resultados de las mediciones de las antenas han sido contrastados con los límites de exposición a campos EM que establece el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre (RD, 2001).

El estudio del entorno radioeléctrico de los domicilios tomados como muestra se ha basado en la información disponible en la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, perteneciente al Ministerio de Turismo, Industria y Comercio, en el Servicio de Información sobre instalaciones radioeléctricas y niveles de exposición.

La certificación de cada antena proporciona información sobre la localización, operadora y sobre los puntos (referidos en distancia y acimut con respecto al norte) con valores máximos de densidad de potencia expresada en ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), instrumento con el que ha llevado a cabo la certificación, servicio, frecuencias, sectores, fechas de autorización de la instalación y de realización de las medidas. También indica el valor máximo permitido según el RD 1066/2001. Esta información se encuentra disponible en el sitio de Internet de la citada Secretaría de Estado: [http://www.setsi.min.es/movil/top\\_mov.htm](http://www.setsi.min.es/movil/top_mov.htm) (SETSI, 2002). Completando los datos relativos a provincia, ciudad, calle y portal, se obtiene un mapa con las instalaciones próximas al citado domicilio. En el mapa, aparecen las estaciones certificadas con su dirección y número de visado del colegio profesional y la información de cada una de ellas.

De cada domicilio, se ha elaborado un mapa con las instalaciones radioeléctricas de telefonía móvil existentes certificadas en un radio de 300 m.

#### **4.2. MEDIDAS DE NIVELES CONFORME A LA NORMA ICNIRP-98**

Las medidas se han realizado en domicilios urbanos en los que se ha supuesto mayor densidad de potenciales fuentes emisoras de RF que en el entorno rural. Concretamente, se han llevado a cabo en 41 domicilios particulares de los distritos del municipio de Madrid, elegidos al azar y 5 realizadas fuera del municipio de Madrid.

Las medidas se han llevado a cabo utilizando dos dosímetros idénticos: primero los de número de serie G-0013 y A-0085 hasta el 17 de noviembre de 2003 y a continuación y hasta el final, los de números de serie M-0032 y M-0033.

Con los dosímetros A-0085 y M-0033, se han realizado medidas de larga duración, en un mismo domicilio desde el 24 de septiembre de 2003 hasta el 8 de junio de 2004, con registros de 81 horas 50 minutos (3 días), en la C/ Ardemans, 41 – 5B, en diferentes estancias de la casa: dormitorios, cocina y salón. En total, 58 registros. En este domicilio se encuentran los dispositivos eléctricos-electrónicos habituales: teléfono fijo, 2 teléfonos móviles celulares (normalmente fuera de uso), teléfono inalámbrico analógico, intercomunicador inalámbrico digital (DECT para vigilancia infantil), sistemas de alarma inalámbrica con 5 detectores volumétricos de infrarrojos, 2 receptores de TV, ordenador personal de pantalla TFT, 2 ordenadores portátiles, electrodomésticos de línea blanca que no incluyen horno de microondas. En un radio de 300m aproximadamente, se encuentran 8 instalaciones (estaciones base) de telefonía móvil certificadas.

Con los dosímetros G-0012 y M-0032 se han realizado medidas en 41 domicilios particulares de los distritos del municipio de Madrid, elegidos al azar y sin ningún tipo de condición previa sobre el emplazamiento del domicilio ni sobre los dispositivos eléctricos y electrónicos existentes: electrodomésticos habituales entre los que se encuentran receptores de televisión y hornos de microondas, así como teléfonos inalámbricos (analógicos y digitales), teléfonos móviles celulares, ordenadores fijos (con pantallas de tubo de rayos catódicos y de cristal líquido, con teclados y ratones

cableados e inalámbricos) y portátiles, redes de área local inalámbrica, etc. Las muestras se han tomado entre los días 5 de octubre de 2003 y 30 de junio de 2004.

Se incluyen los resultados obtenidos en 5 domicilios fuera del municipio de Madrid. Se han llevado a cabo también medidas en el exterior, en el Parque Quinta de la Fuente del Berro por su proximidad a Torre España.

En la siguiente Tabla 3.1. se presentan todos los domicilios en los que se han tomado las muestras

**TABLA 3.1.  
DOMICILIOS DE MEDIDAS**

<b>REGISTRO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>FECHAS</b>	<b>DISPOSITIVOS</b>
PFB	Parque Quinta de la Fuente del Berro	5 – octubre - 2003	Torre España
RM16	Reina Mercedes, 16-5	9 – 12 octubre - 2003	TV,
M6	Del Monte, 6-6 (Alcorcón)	15 - 17 octubre - 2003	TV, Horno microondas, teléf. móviles celulares, teléf.inalámbrico dig., PC
EO22	Emilio Ortuño, 22-1	17 - 21 octubre - 2003	TV, Horno microondas, PC
AA11	Alberto Aguilera, 11-1	21 - 24 octubre - 2003	TV, PC y PC portátil, horno microondas, teléf. móviles
FSJ	Fuente el Saz de Jarama (Madrid)	24 - 27 octubre - 2003	TV, PC portátil, horno microondas, teléf. móvil
M153	Minerva, 153	3 – 6 noviembre - 2003	TV, Teléf. Inalámbrico, teléf móvil, PC con teclado y ratón inalámbrico
P7	Puentelarrá, 7	9 – 12 noviembre - 2003	TV, PC portátil, horno microondas
CC3	Cerro de la Carrasqueta, 3	9 – 12 noviembre - 2003	TV, horno microondas, PC, teléf móvil, teléf. inalámbrico analóg.
HOYO	Hoyocasero (Avila) y Villalba (Madrid)	22 – 25 noviembre - 2003	TV, teléf.móvil, horno microondas
P17	Péndulo, 17	28 - 2 diciembre - 2003	TV, teléf.inalámbrico analog. Teléf.móvil, PC, horno microondas
PBV50	Pasaje Bellas Vistas, 50	8 - 12 diciembre - 2003	TV, PC con teclado y ratón inalámbrico, teléf móvil, teléf inalámbrico digital, horno microondas
S4	Sanjenjo, 4-5	13 -16 diciembre - 2003	TV
VR145	Vélez Rubio, 145	16-19 diciembre - 2003	TV, teléf móvil, horno microondas
AA44	Alberto Aguilera, 44-3	27- 30 diciembre - 2003	TV, teléf.móvil, horno microondas

**TABLA 3.1.  
DOMICILIOS DE MEDIDAS**

<b>REGISTRO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>FECHAS</b>	<b>DISPOSITIVOS</b>
S21	Simancas, 21	25 – 28 diciembre - 2003	TV, telef. móvil, horno microondas, PC
O29	Orense, 29-6	4 - 8 enero – 2004	TV, telef. Móvil, Pc portátil, horno microondas
CB43	Cea Bermúdez, 43-4	10 - 13 enero - 2004	TV, Telef. móvil, PC
A479	Alcalá, 479	9 - 12 enero - 2004	TV, telef.móvil, PC portátil, horno microondas
GA3	General Ampudia, 3	13 - 16 enero - 2004	TV, telef. móvil, horno microondas, PC
FP11	Fernando Poo, 11	22 – 26 enero - 2004	TV, telef.móvil, PC portátil, horno microondas
SA1	Plaza de S. Amaro, 1	29 - 2 febrero - 2004	TV, PC con teclado y ratón inalámbrico, telef.móvil, horno microondas
M8	Mesena, 8	3 - 6 febrero - 2004	TV, telef.móvil, horno microondas
G8	Gaztambide, 8	7 - 9 febrero - 2004	TV, telef.móvil, horno microondas, PC
H73	Hernani, 73-2	13 - 16 febrero - 2004	TV, telef.móvil, PC portátil, horno microondas
LR1	La Raya, 1	17 - 19 febrero - 2004	TV, telef.móvil, PC con ratón y teclado inalámbrico, WLAN
B16B	Avda.Burgos, 16B	23 - 26 febrero - 2004	TV, telef.móvil, PC,
A56	Avda.Asturias, 56	5 - 9 marzo - 2004	TV, telef. móvil
JU37	Juan Urbieto, 37-6	6 - 9 marzo - 2004	TV, telef.móvil, horno microondas
LU5	Los Urquiza, 5	21 - 24 marzo - 2004	TV, telef.inalámbrico analóg, horno microondas
AR5	Aramunt, 5B - Aravaca	29 - 2 abril - 2004	TV, teléfonos móviles, horno microondas, PC portátil, alarma con sensores infrarrojos
C16	Cádiz, 16 - Málaga	5 - 7 abril - 2004	TV, teléfonos móviles
BI126	Blas Infante, 126 - Málaga	7 - 10 abril - 2004	TV
LA9	Lardero, 9	8 – 11 abril – 2004	TV
S26	Sabadell, 76	15 – 18 abril – 2004	TV, teléfono móvil
C5	Cerrillo, 5	20 - 24 abril - 2004	TV,
PF8	Plaza Fonsagrada, 8	27 – 30 abril - 2004	TV, PC portátil, teléfono móvil
VA22	Virgen de Aranzazu, 22	30 – 3 mayo - 2004	TV, PC, Teléfono móvil
FC24	Fermín Caballero, 24	7 – 11 mayo - 2004	Medidas frente antena de telefonía móvil
SMP14	San Martín de Porres, 14	14 – 18 mayo - 2004	TV, PC, teléfono móvil, cocina
GL	Ginzo de Limia, 23	20 - 24 mayo - 2004	PC, teléfono móvil
VI54	Viriato, 54	24 - 28 mayo - 2004	PC, foco halógeno
FS50	Francisco Silvela, 50-6B	1 - 4 junio 2004	TV,

**TABLA 3.1.  
DOMICILIOS DE MEDIDAS**

<b>REGISTRO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>FECHAS</b>	<b>DISPOSITIVOS</b>
			Horno de microondas, teléf. móvil, telf. inalámbrico analógico
LO12	Logrosán, 12	7 - 11 junio - 2004	PC, teléfono móvil
AM29	Alfredo Marqueríe, 29	27 – 30 junio - 2004	TV, teléfonos móviles

### **4.3. MEDIDAS DE NIVELES EN DISPOSITIVOS EN CONDICIONES DE CAMPO CERCANO**

Se ha estudiado los niveles de radiación en condiciones de campo cercano procedentes de los siguientes electrodomésticos frecuentemente disponibles en los hogares.

<b>DISPOSITIVOS</b>
Receptor TV
Teléfono móvil
Teléfono inalámbrico analógico
Teléfono inalámbrico digital (DECT)
Monitor PC
Monitor PC TFT
PC Portátil
Teclado y ratón inalámbricos
WLAN
Horno microondas
Foco halógeno



## **RESULTADOS**

### **1. NIVELES DE EXPOSICIÓN ESPACIALES Y TEMPORALES : DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO RADIOELÉCTRICO Y MEDIDAS DE NIVELES DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS CONFORME A LA NORMA ICNIRP-98**

Los resultados obtenidos se han clasificado en tres grupos: los procedentes de los 46 domicilios, los procedentes de Ardemans, 41 y los originados por los dispositivos y/o electrodomésticos.

Se ha programado en el dosímetro el máximo tiempo de almacenamiento posible (cada 3 minutos), permitiendo un periodo de monitorización de 3 días, 9 horas y 51 minutos. Sin embargo, no todos los registros tienen los 1600 paquetes de datos por razones de disponibilidad o accesibilidad de algunos domicilios, baterías del instrumento de medida, etc.

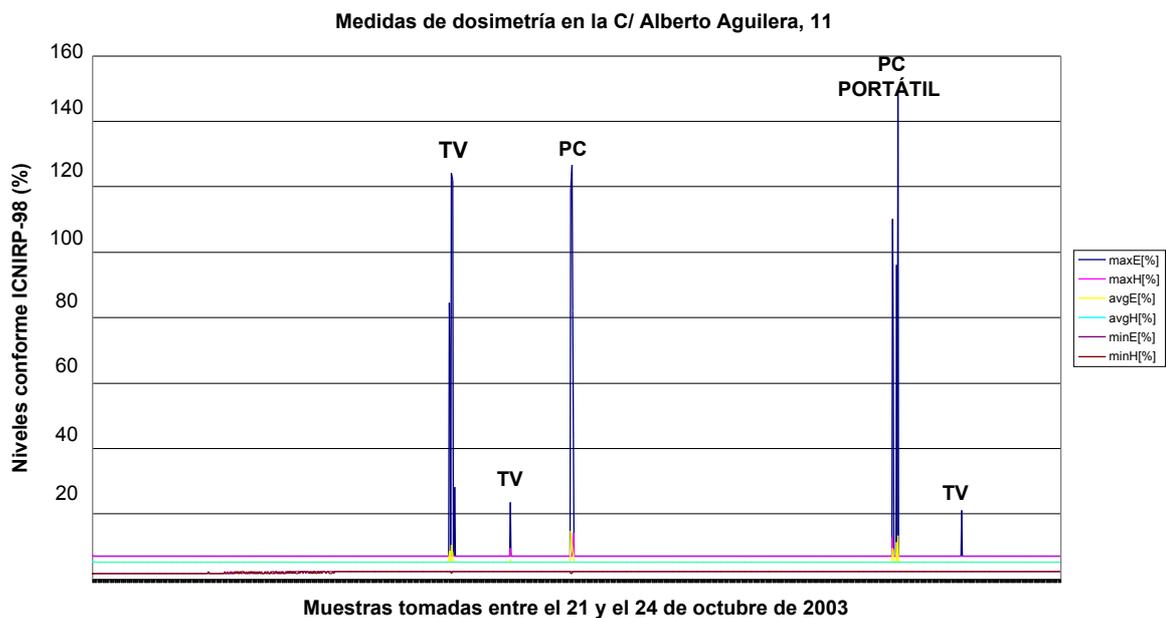
#### **1.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS 46 DOMICILIOS**

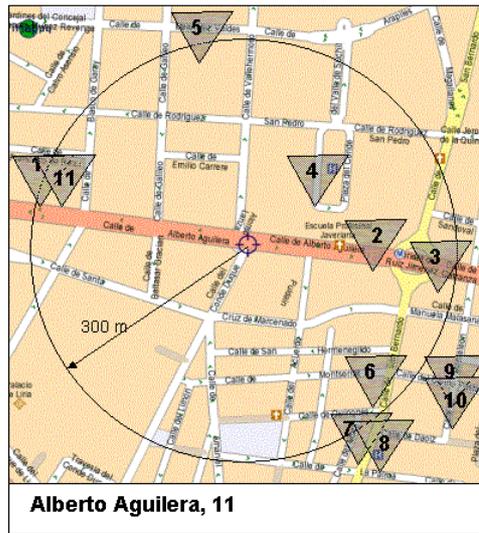
Para la evaluación de los niveles de campos eléctrico y magnético en los 41 domicilios del municipio de Madrid y los de 5 domicilios pertenecientes a otros municipios, se han realizado las medidas descritas anteriormente. De los registros obtenidos con los dosímetros en cada domicilio, se han realizado las representaciones gráficas de los valores de campos E y H: máximo, mínimo y promedio de ambos.

En los registros en los que aparecieron valores de pico o ráfagas correspondientes a porcentajes sobre la norma superiores al 10 %, se ha analizado el origen de estos valores llegando a la conclusión de que todos ellos proceden de fuentes emisoras en condiciones de campo cercano. Por lo tanto, para el análisis estadístico posterior de promedios, desviación típica, intervalos de confianza, ... se han eliminado los valores superiores al 10 %.

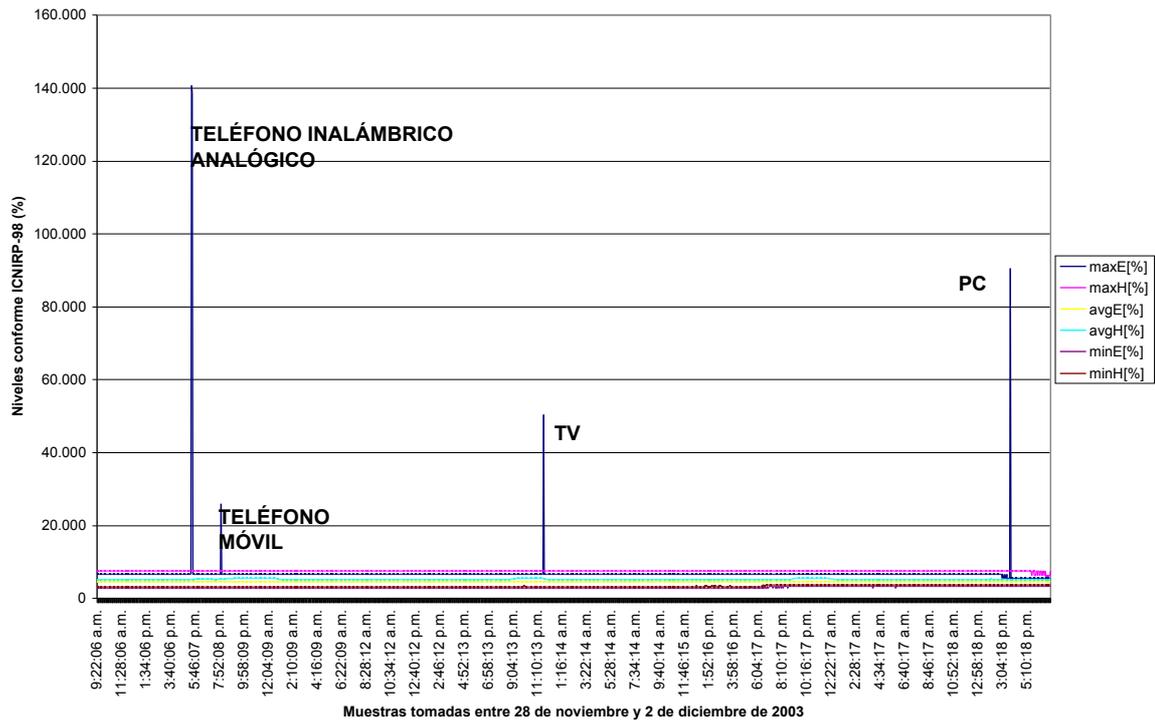
Las representaciones con niveles o ráfagas de valores significativos han sido 14 (un 30,5 % de los domicilios) y son del tipo siguiente en las que se ha identificado la fuente. También se incluye el mapa de la localización de estaciones Base de telefonía móvil en un radio de 300 m.

A continuación se presentan ejemplos de los diferentes tipos de resultados obtenidos junto con un pequeño mapa del entorno radioeléctrico de cada domicilio.



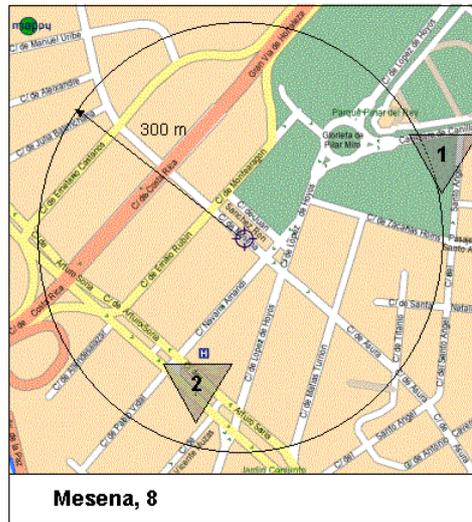
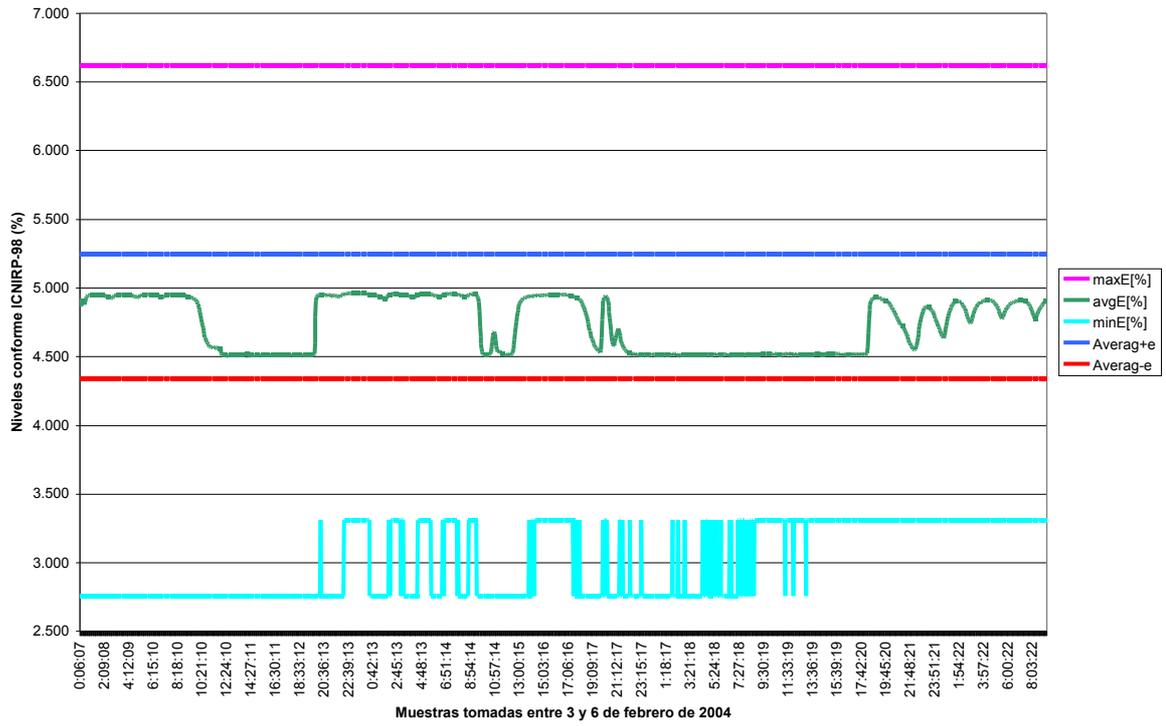


Medidas dosimetría en Pédulo, 17

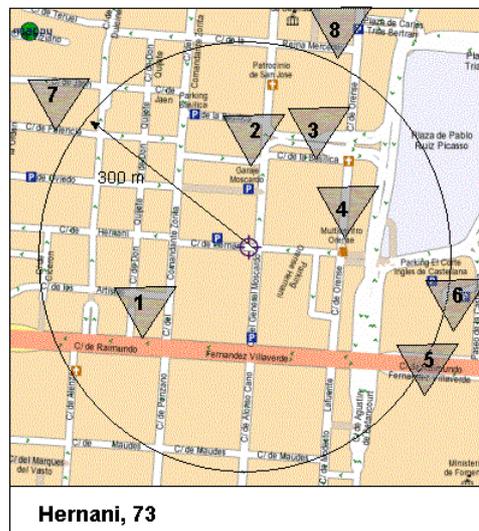
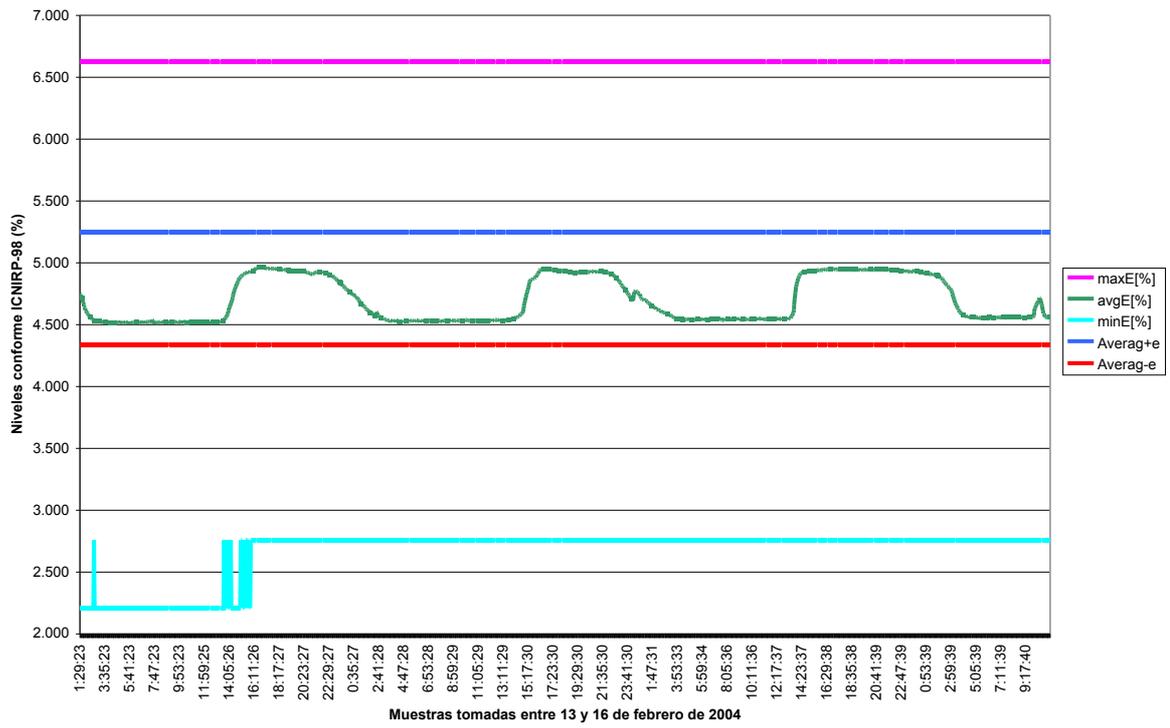




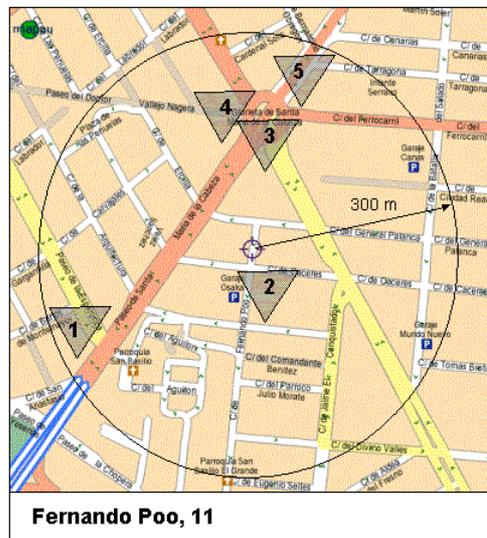
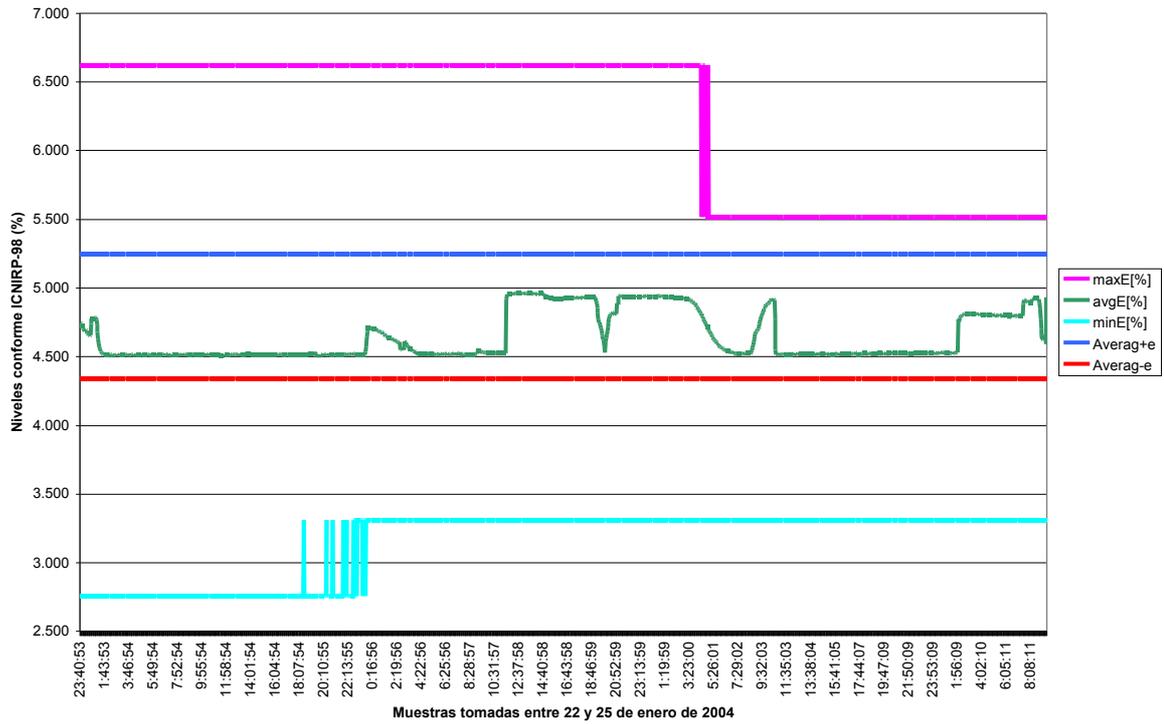
Medidas dosimetría de campo E en Mesena, 8



Medidas dosimetría de campo E en Hernani, 73

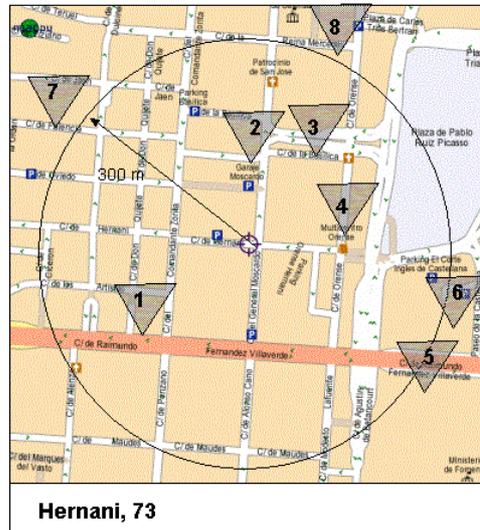
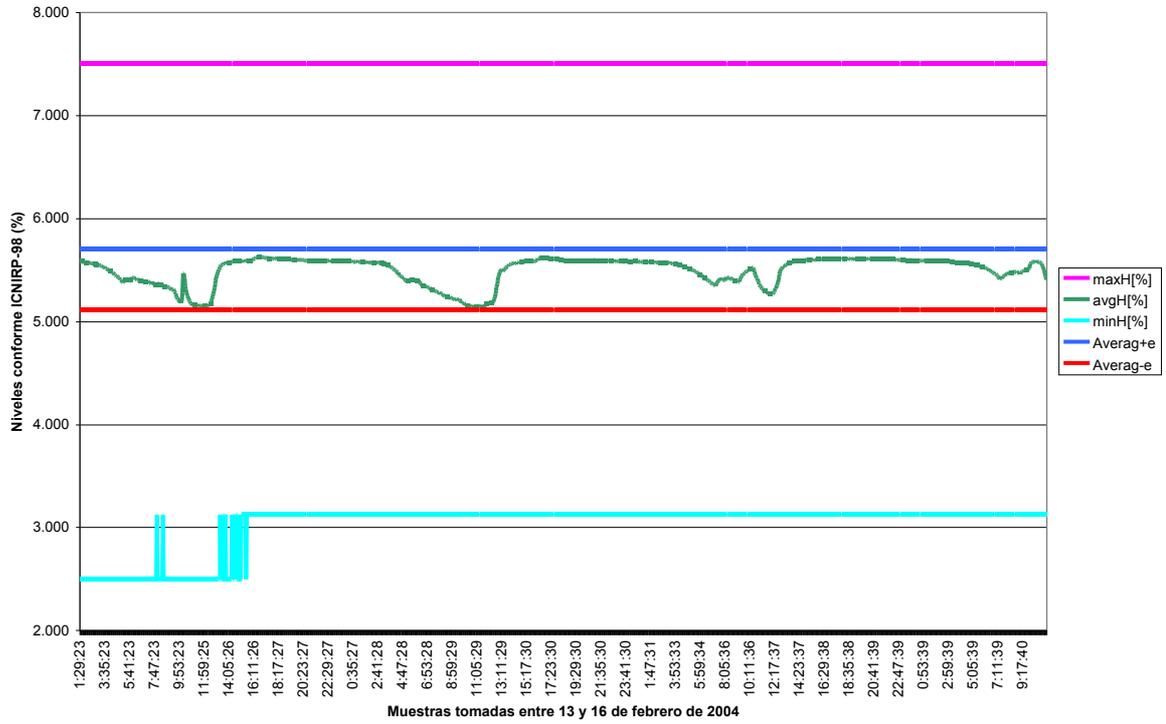


Medidas dosimetría de campo E en Fernando Poo, 11

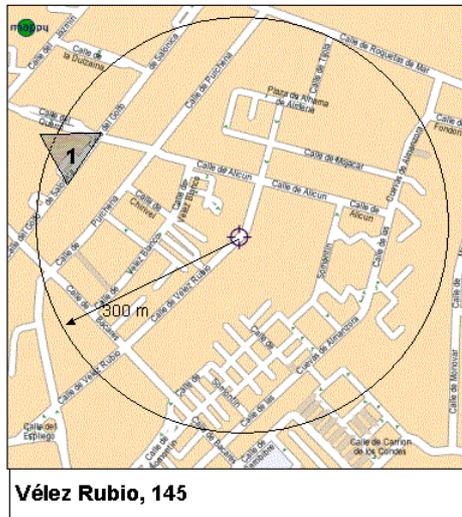
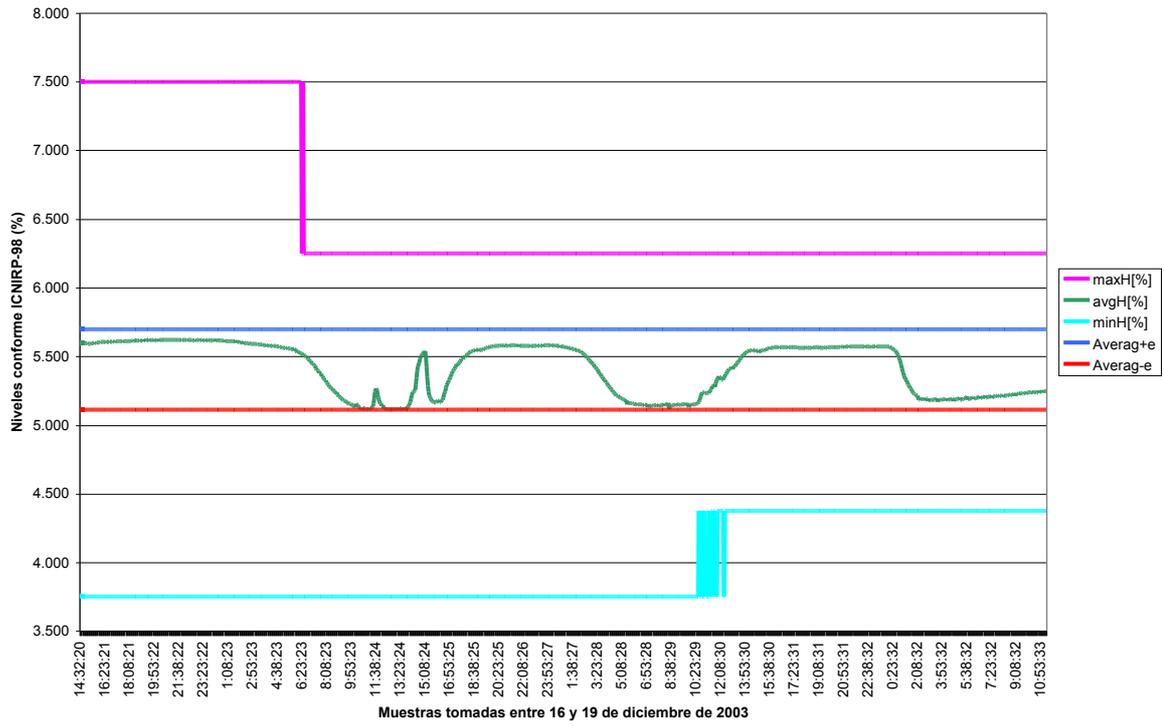


Respecto a las curvas de campo H, en 25 de ellas, (el 54,3 % de los domicilios), el valor medio de H (expresado en %) fluctúa entre dos valores alrededor de la media dentro del intervalo de confianza. Se presentan a continuación algunos ejemplos.

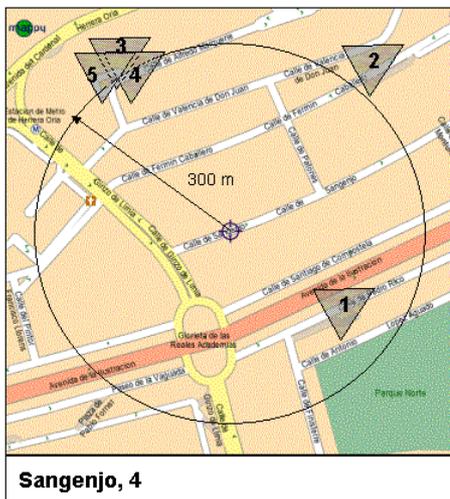
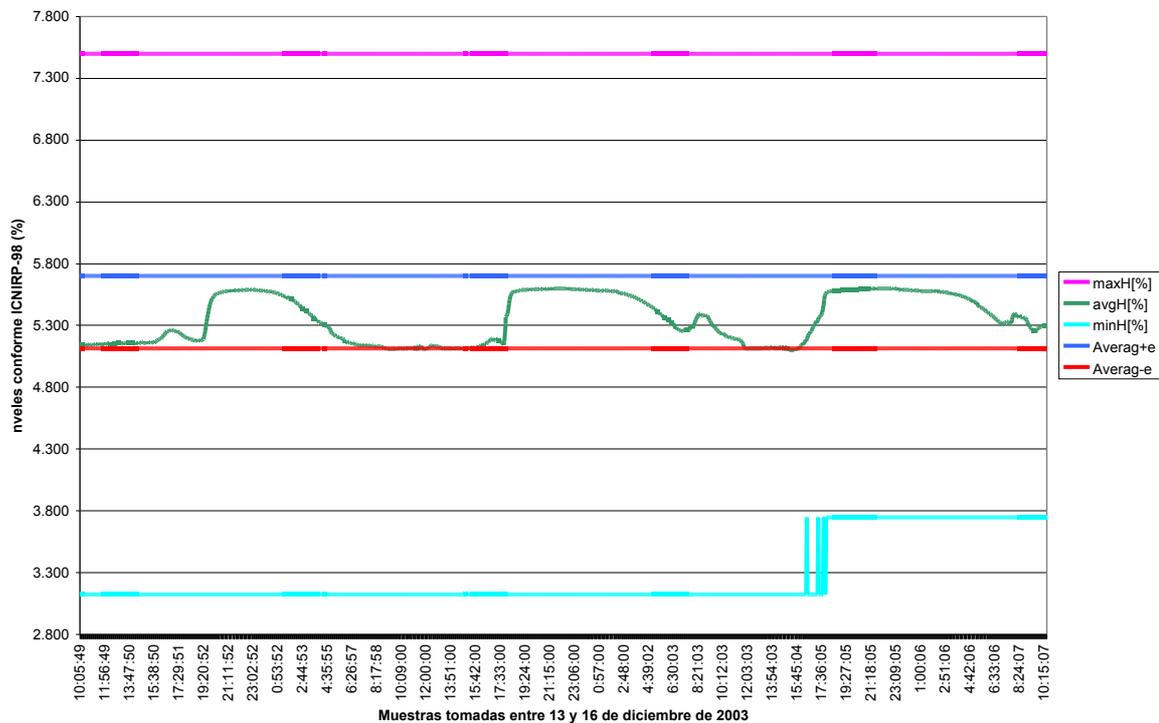
Medidas dosimetría de campo H en Hernani, 73



Medidas dosimetría de campo H en Vélez Rubio, 145



Medidas dosimetría de campo H en Sangenjo, 4

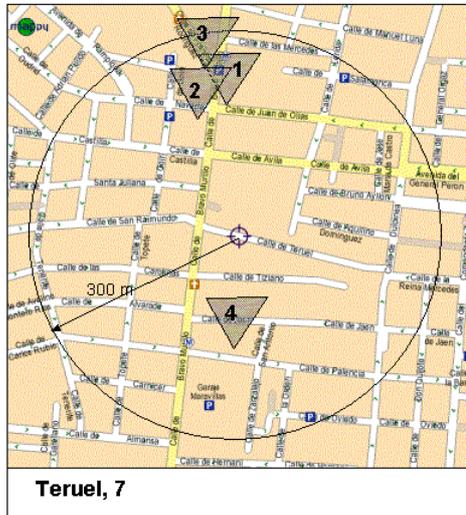
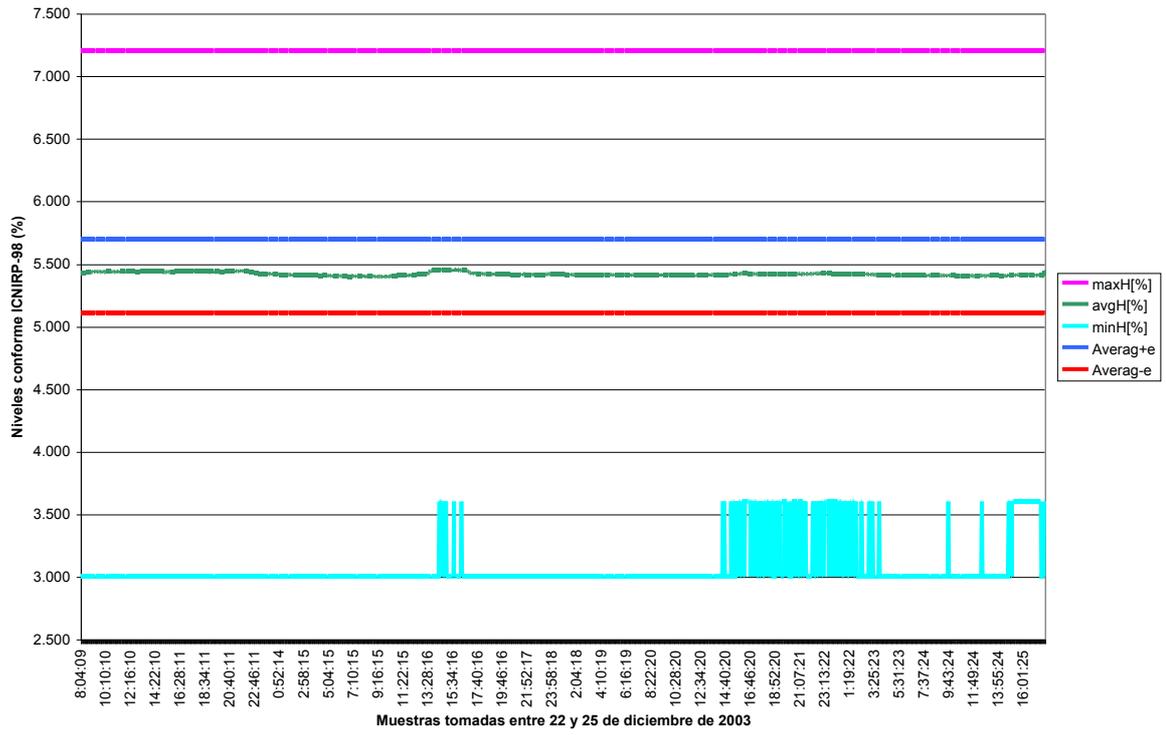


En el resto de las curvas obtenidas, los valores medios de campos E y H apenas presentan variaciones, como se puede observar en los ejemplos de ambos campos que se presentan a continuación:





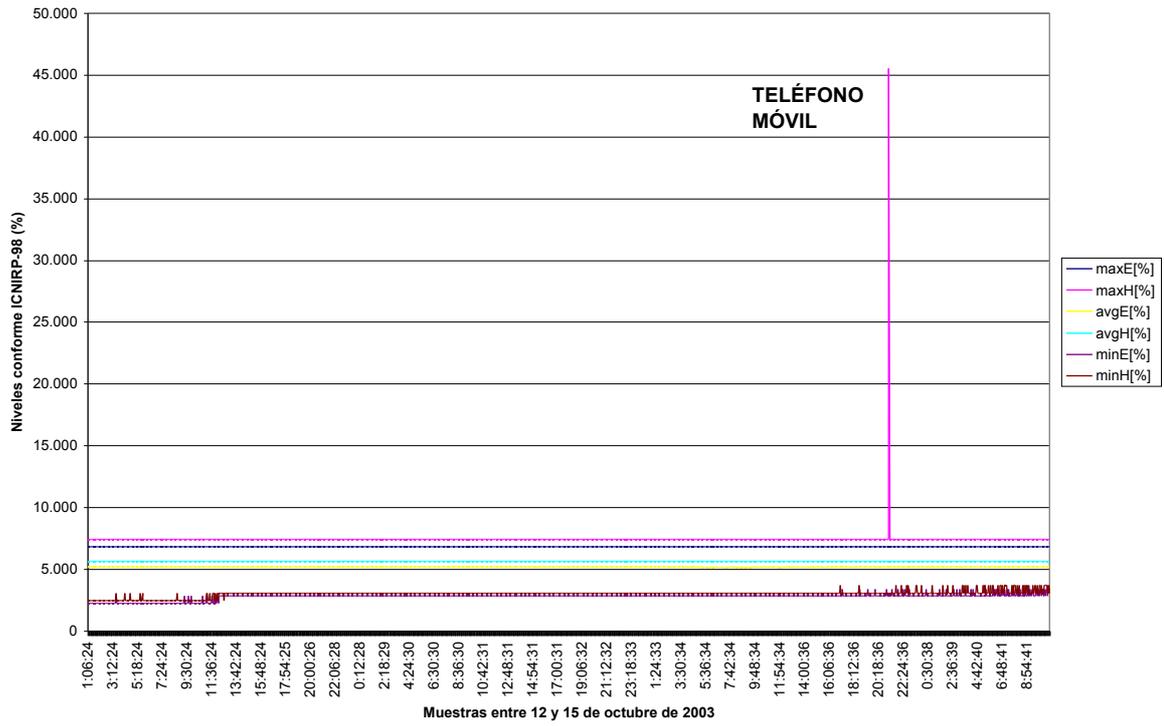
Medidas dosimetría de campo H en Teruel, 7



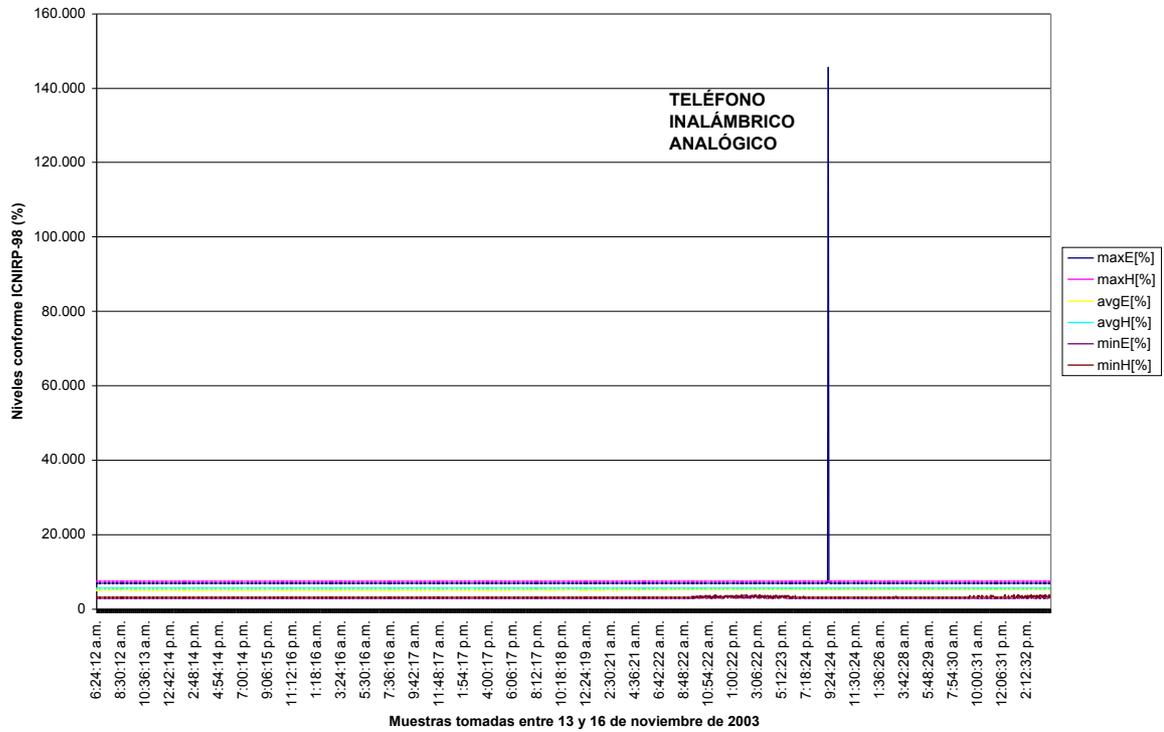




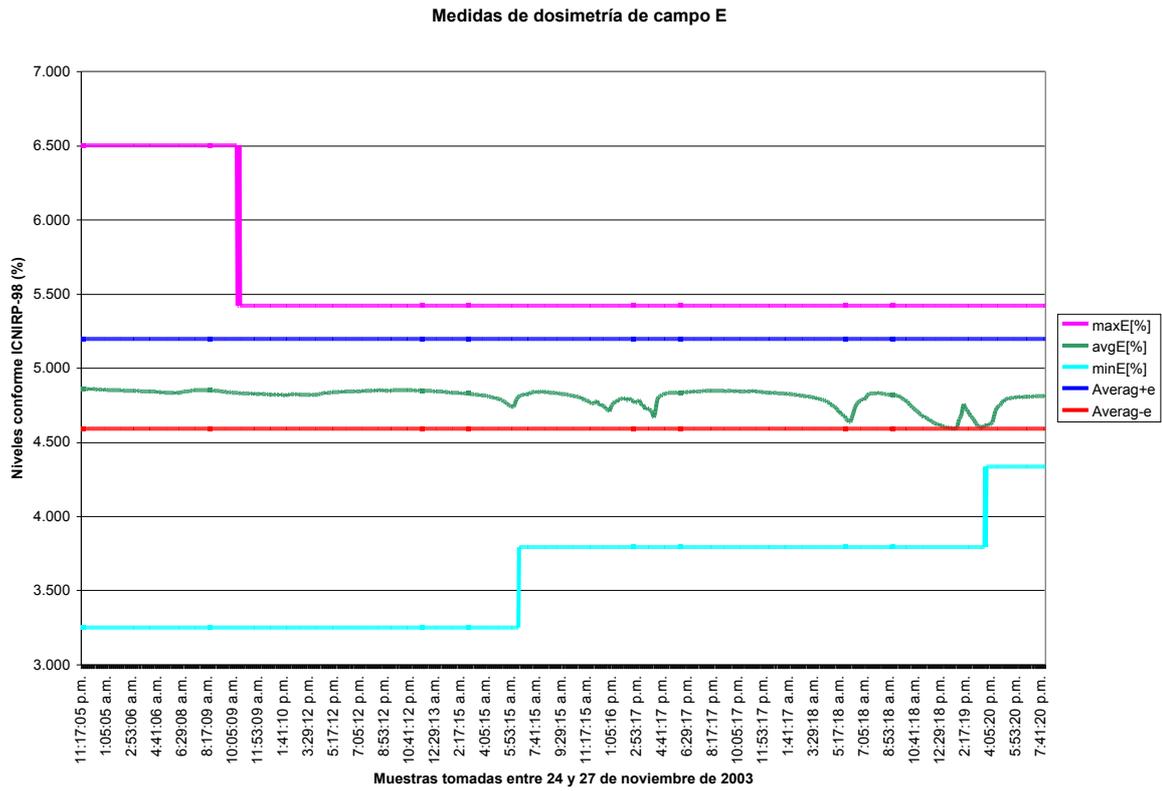
Medidas dosimetría en la C/ Ardemans, 41



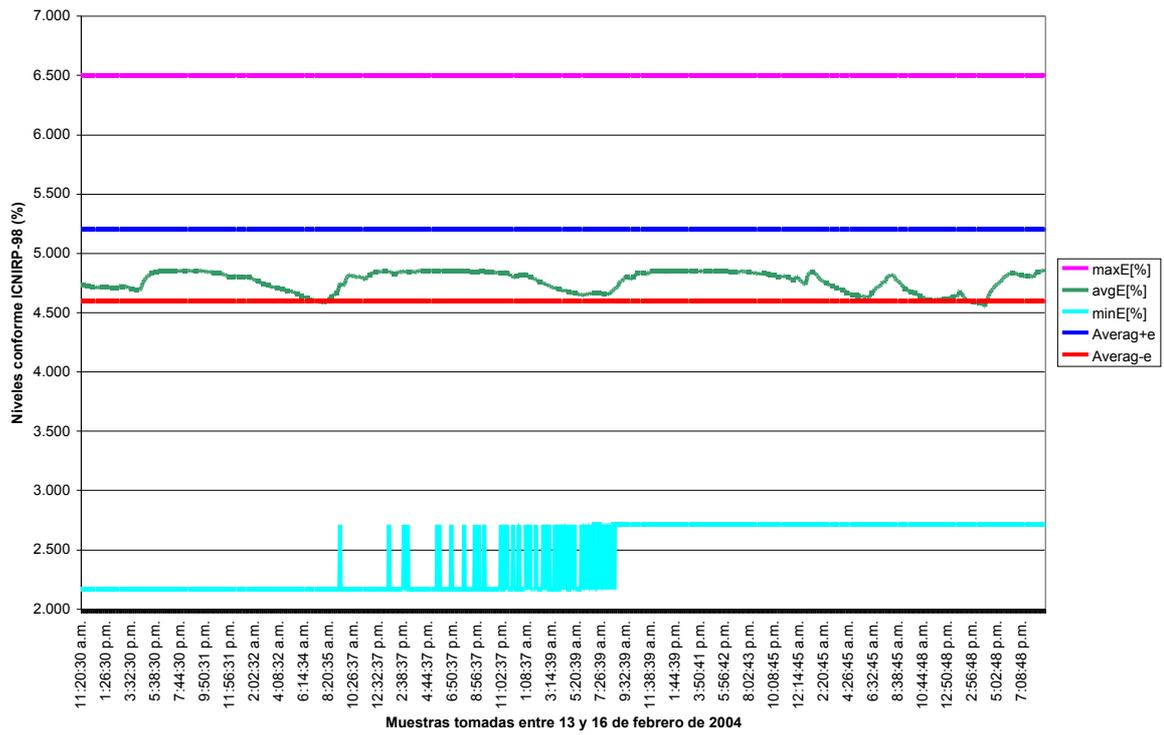
Medidas de dosimetría en la C/ Ardemans, 41



Tras la eliminación de los niveles correspondientes a situaciones de campo cercano, se han obtenido las curvas de campo E y de campo H y se han representado las líneas del intervalo de confianza del 95 %. En 15 curvas de campo E (el 26,79 % de los domicilios), el valor medio de E (expresado en %) fluctúa entre dos valores alrededor de la media dentro del intervalo de confianza. Se presentan a continuación 2 ejemplos.

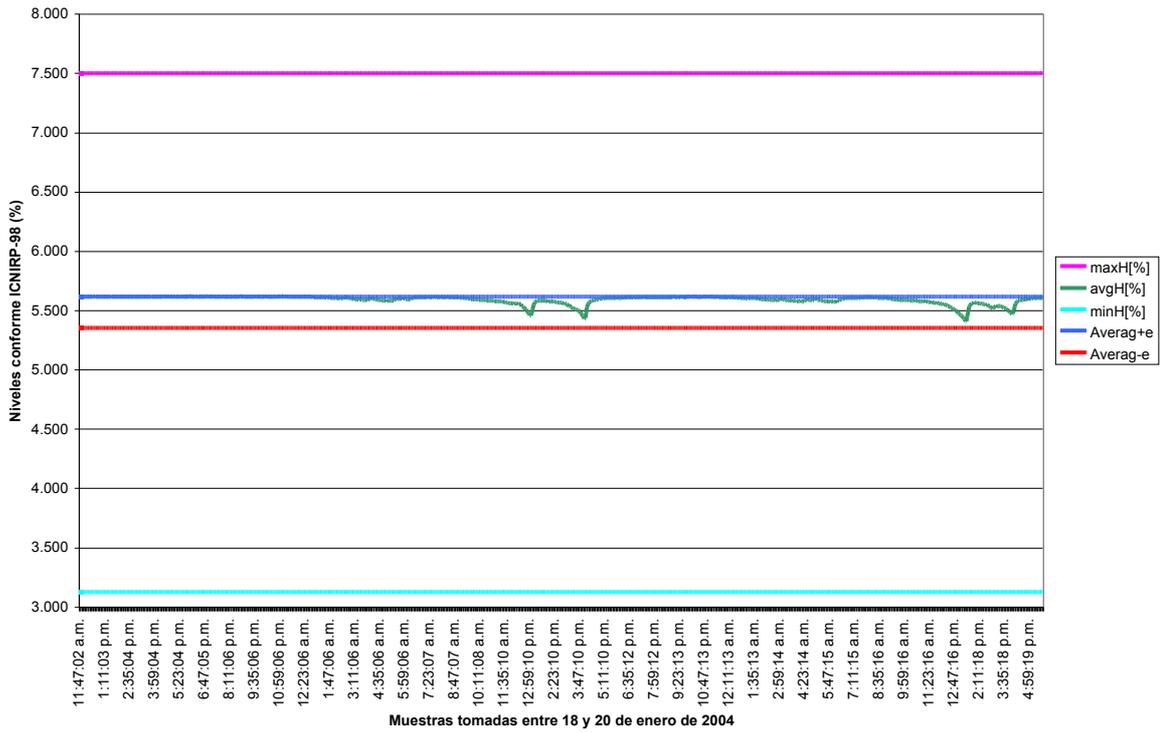


Medidas de dosimetría de campo E



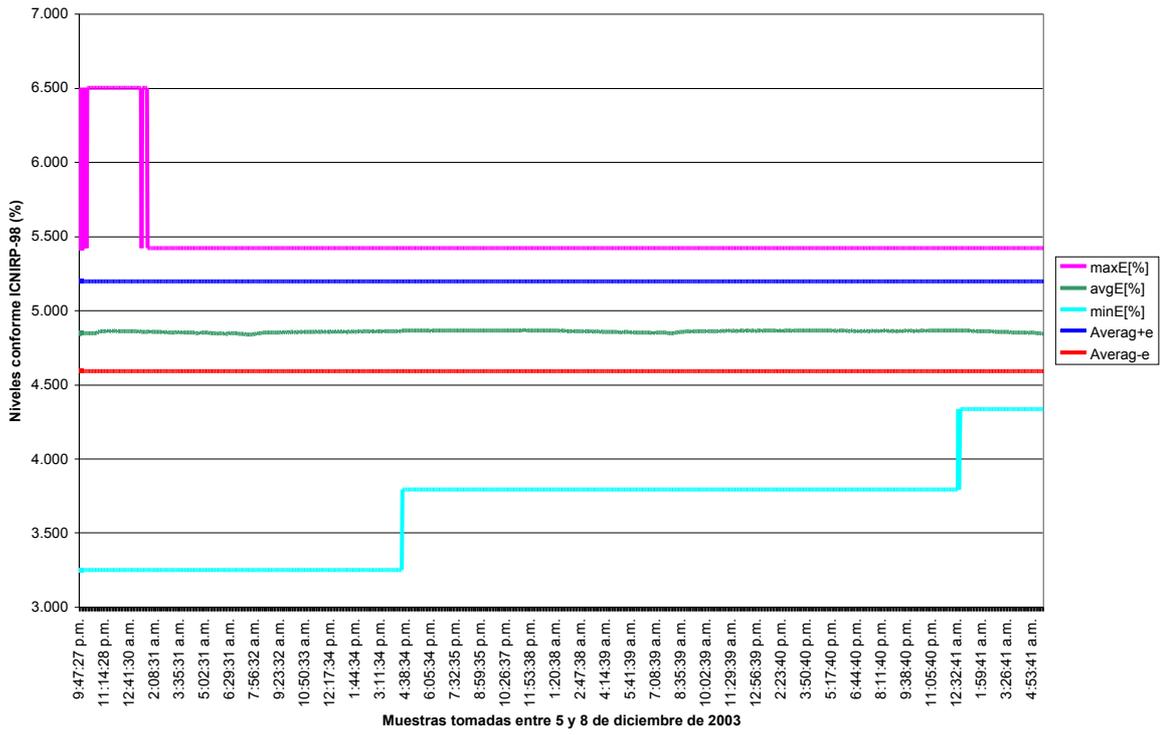
Respecto a las curvas de campo H, solamente en una de ellas, (el 1,79 % de los domicilios), el valor medio de H (expresado en %) fluctúa entre dos valores alrededor de la media dentro del intervalo de confianza con se presenta a continuación

Medidas dosimetría de campo H

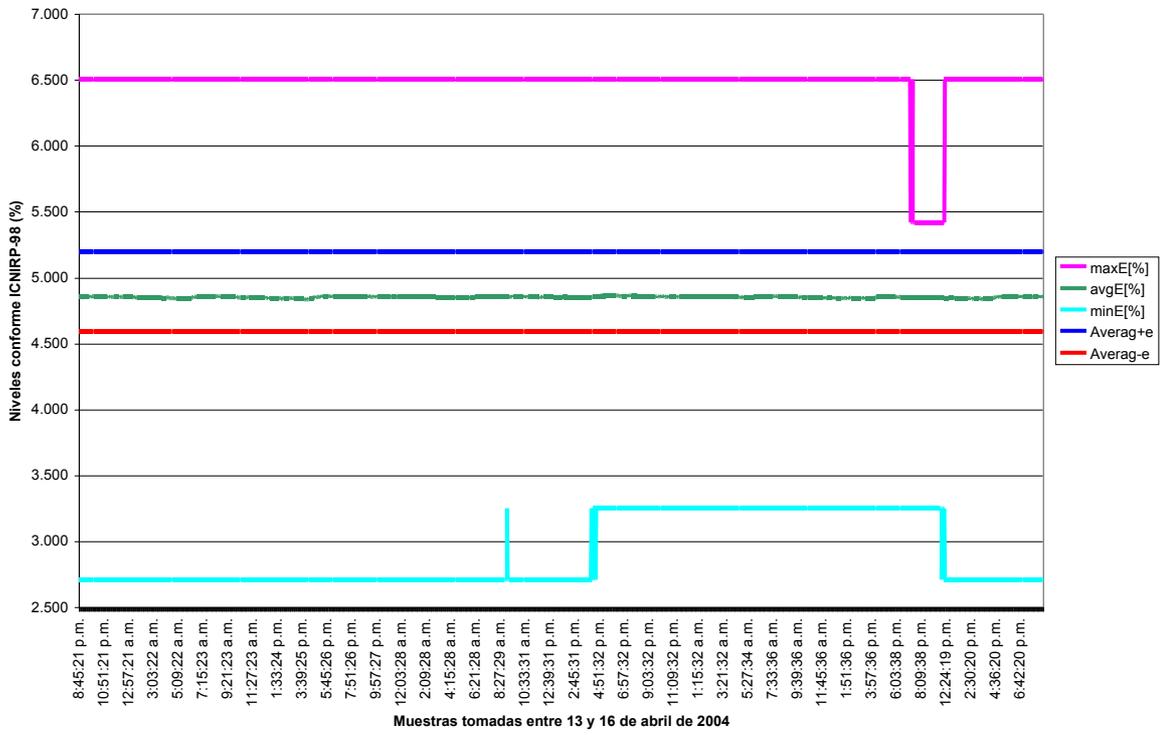


En el resto de las curvas obtenidas, los valores medios de campos E y H apenas presentan variaciones, como se puede observar en los ejemplos de ambos campos que se presentan a continuación

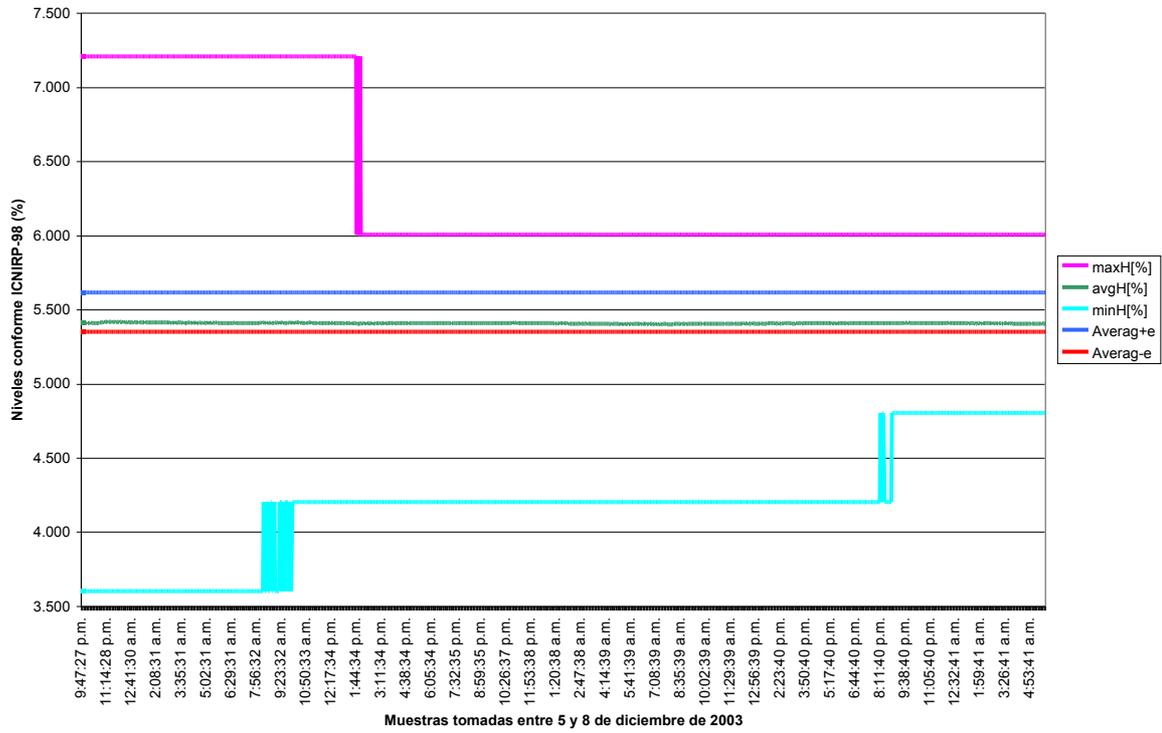
Medidas de dosimetría de campo E



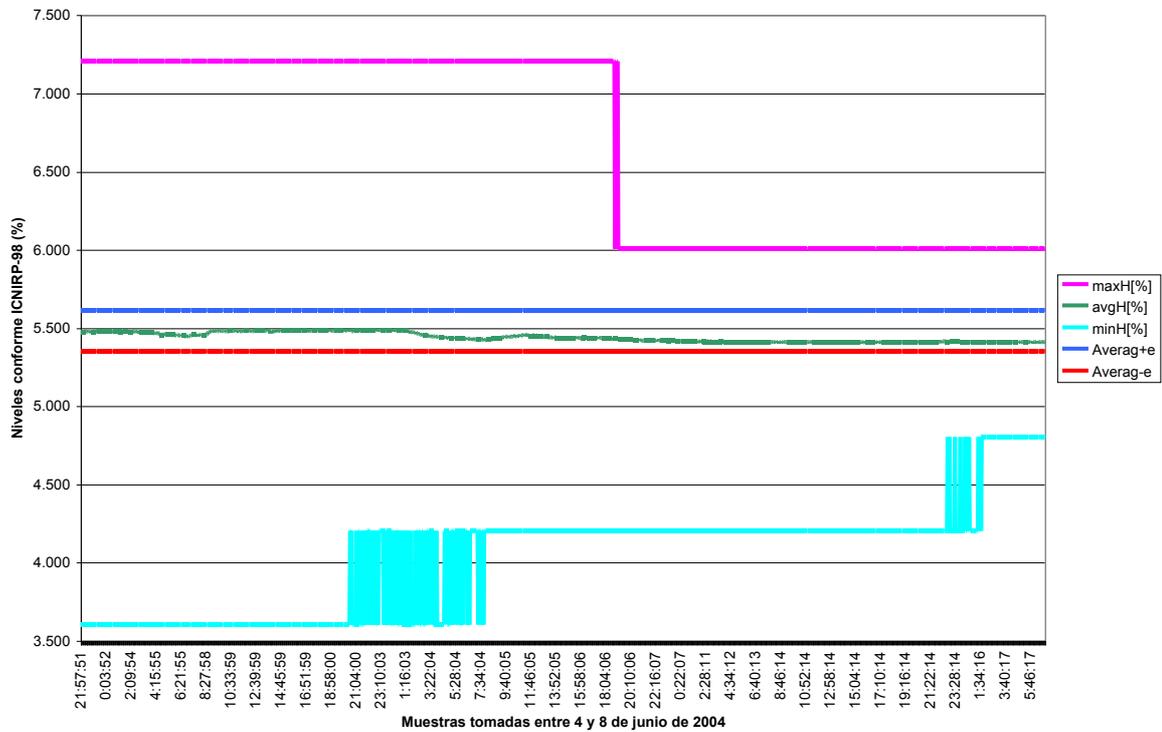
Medidas de dosimetría de campo E



Medidas de dosimetría de campo H



Medidas dosimetría de campo H



## 2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 2.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS DIFERENTES DOMICILIOS

Los datos obtenidos en los 46 emplazamientos muestran unos niveles de campos EM con un nivel de base bajo y estable sobre el que aparecen picos o ráfagas aisladas que en ciertos lugares pueden llegar a alcanzar niveles considerables, originadas por dispositivos electrónicos operando en la proximidad del dosímetro. En la Figura 4.1 siguiente se presenta un ejemplo.

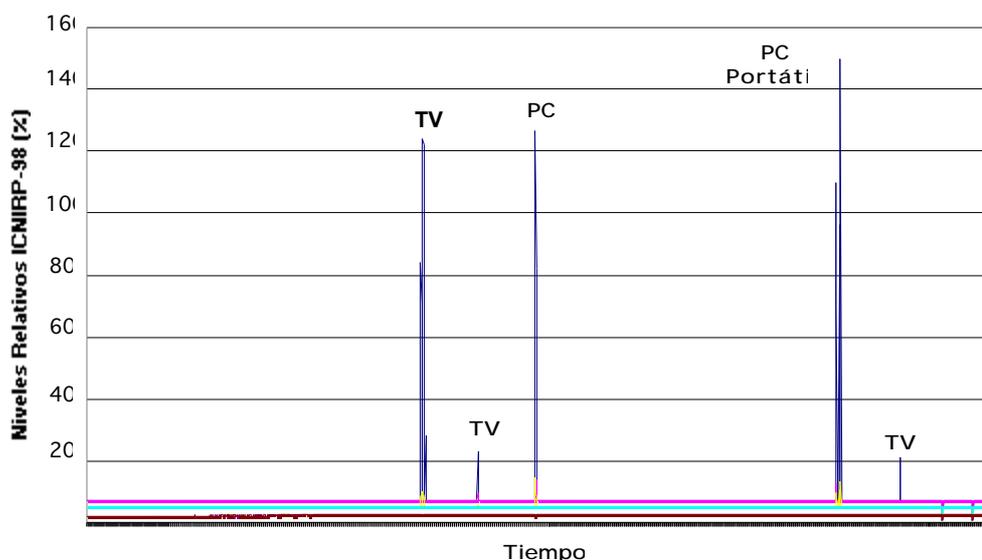


Figura 4.1: Ejemplo de niveles de campo E/H medidos en la localización AA11.

Sobre los datos obtenidos en el dosímetro, se han eliminado los picos o ráfagas aislados para la realización de los cálculos estadísticos.

La Tabla 4.1 presenta los datos estadísticos de los valores obtenidos en las 46 medidas realizadas. De estas 46, 41 se han llevado a cabo en domicilios de Madrid, entre 5 de octubre de 2003 y 30 de junio de 2004, presentando la media, máximos y mínimos de las líneas de campo E y H, la desviación estándar  $S_d$ . Se presenta el nivel expresado en

porcentaje, de los valores de E y H respecto a los niveles máximos de seguridad de exposición establecido en la norma ICNIRP-98.

**TABLA 4.1.**  
**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS 46 DOMICILIOS**

Código	Sd E	AvgE [%]	MaxE [%]	MinE [%]	AvgH [%]	MaxH [%]	MinH [%]	Sd H	Pico max [%]	Localización
AA11	0,016	5,28	7,93	2,23	5,27	7,10	2,24	0,019	150	C/ Alberto Aguilera, 11
AA44	0,252	4,66	6,06	3,31	5,40	6,71	3,80	0,009	18	C/ Alberto Aguilera, 44
A479	0,039	4,94	5,57	3,67	5,61	6,32	4,17	0,008		C/ Alcalá 479
AM29	0,008	4,89	6,5	2,6	5,45	7,2	3,1	0,006		C/ Alfredo Marquerie, 29
A56	0,016	4,54	6,62	2,53	5,14	7,50	2,87	0,018		Avda. Asturias, 56
AB16B	0,037	4,54	5,80	3,39	5,18	6,57	3,85	0,125	59	Avda. Burgos, 16B
AR5B	0,147	4,68	6,62	2,60	5,41	7,50	2,96	0,190		C/ Aramunt, 5B
BI126	0,079	4,75	6,48	2,36	5,43	7,21	2,76	0,010		C/ Blas Infante, 126 (Málaga)
C16	0,039	4,50	5,42	3,76	5,40	6,00	4,27	0,002		C/ Cádiz, 16 (Málaga)
CB43	0,042	4,84	6,13	3,19	5,41	6,98	3,74	0,006		C/ Cea Bermúdez, 43
C5	0,168	4,65	6,62	2,51	5,41	7,50	2,89	0,183		C/ Cerrillo, 5
CC3	0,037	4,68	6,62	2,46	5,57	7,50	2,81	0,033	140	C/ Cerro de la Carrasqueta, 3
EO22	0,019	5,23	6,32	3,63	5,28	6,29	3,63	0,011		C/ Emilio Ortuño, 22
FC24	0,185	4,70	6,62	2,62	5,52	7,50	2,99	0,102		C/ Fermín Caballero, 24
FP11	0,170	4,66	6,79	3,16	5,40	7,09	3,60	0,187	140	C/ Fernando Poo, 11
FSJ	0,087	5,22	7,25	2,58	5,25	7,10	2,61	0,087	100	Fuente el Saz de Jarama
FS50	0,156	4,82	9,00	4,57	5,73	6,36	4,96	0,100	18	C/ Francisco Silvela, 50
G8	0,143	4,81	5,23	4,41	5,56	6,02	5,00	0,055		C/ Gaztambide, 8
GA3	0,105	4,81	5,23	4,40	5,56	6,02	4,98	0,023		C/ General Ampudia, 3
GL23	0,168	4,77	6,62	2,66	5,57	7,50	3,02	0,056		C/ Ginzo de Limia, 23
H73	0,180	4,70	6,62	2,67	5,50	7,50	3,03	0,132		C/ Hernani, 73
HOYO	0,195	4,99	7,04	2,79	5,40	7,51	2,90	0,169	27	Hoyocasero (Ávila)
JU37	0,203	4,72	6,47	2,36	5,39	7,21	2,87	0,146		C/ Juan Urbietta, 37
LA9	0,134	4,60	6,62	2,92	5,41	7,50	3,32	0,172		C/ Lardero, 9
LR1	0,073	4,52	6,62	2,79	5,15	7,50	3,21	0,105		C/ La Raya, 1
L12	0,008	4,96	6,62	2,69	5,63	7,50	3,06	0,009		C/ Logrosán, 12
LU5	0,020	4,52	6,62	2,85	5,18	7,50	3,26	0,143		C/ Los Urquiza, 5
M6	0,097	5,21	7,03	2,62	5,25	7,09	2,64	0,094		C/ del Monte, 6. Alcorcón
M8	0,196	4,74	6,62	3,01	5,54	7,50	3,49	0,113		C/ Mesena, 8
M153	0,008	5,26	7,03	2,13	5,30	7,09	2,14	0,009		C/ Minerva, 153
O29	0,149	4,87	6,55	3,20	5,60	7,46	3,64	0,020		C/ Orense, 29
PBV50	0,016	4,54	6,63	2,49	5,15	7,51	2,84	0,067	140	Psj. Bellas Vistas, 50
PFB	0,008	5,26	7,04	2,92	5,30	7,11	2,95	0,013	18	Parque Fuente del Berro
PF8	0,142	4,61	6,62	2,76	5,42	7,50	3,13	0,192		Plaza de Fonsagrada, 8
P7	0,007	4,87	6,50	2,44	5,44	7,21	2,88	0,008		C/ Puentelarrá, 7
P17	0,016	4,52	6,57	2,92	5,18	7,49	3,32	0,135	140	C/ Péndulo, 17
RM16	0,006	5,24	6,90	2,29	5,28	6,95	2,30	0,007		C/ Reina Mercedes, 16
SA1	0,178	4,75	6,63	2,65	5,50	7,51	3,02	0,157		Plz. San Amaro, 1
S4	0,136	4,60	6,63	2,89	5,36	7,51	3,27	0,192		C/ Sanjenjo, 4
SMP14	0,067	4,88	5,91	3,44	5,59	6,73	3,91	0,006		C/ San Martín de Porres, 14
S21	0,158	4,73	5,53	3,78	5,54	6,30	4,28	0,106		C/ Simancas, 21
S76	0,076	4,58	5,57	3,65	5,24	6,35	4,13	0,101		C/ Sabadell, 76
T7	0,148	4,73	6,53	2,71	5,42	7,21	3,07	0,014	22	C/ Teruel, 7
VR145	0,167	4,65	5,86	3,50	5,42	6,54	3,97	0,186	140	C/ Vélez Rubio, 145
VA22	0,044	4,53	5,95	3,23	5,29	6,79	3,67	0,176		C/ Virgen de Aranzazu, 22
V54	0,011	4,94	6,63	3,00	5,61	7,50	3,50	0,008	20	C/ Viriato, 54

En la Tabla 4.2. se presenta un resumen de estos resultados entre los que se incluye el intervalo de confianza en el que se encuentran el 95 % de los valores obtenidos.

**TABLA 4.2.**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**  
**OBTENIDOS, DE MEDIA, MÁXIMO Y MÍNIMO DE**  
**CAMPOS E Y H.**

<b>N= 46</b>	<b>Total Avg</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>S<sub>d</sub></b>
avg E	4,79	5,28	4,50	0,23
max E	6,50	9,00	5,23	0,66
min E	2,99	4,57	2,13	0,58
avg H	5,41	5,73	5,14	0,15
max H	7,08	7,51	6,00	0,49
min H	3,35	5,00	2,14	0,68
Sd E				0,11848
Sd H				0,207
e (95%) E	0,455			
e (95%) H	0,292			

En el análisis estadístico se observa que los niveles de campo ambientales medidos en los domicilios presentan unas líneas de base bajas (E/H máx < 10% , P < 0,01). Los rangos medidos (máx-mín) y S<sub>d</sub> reflejan a su vez una baja dispersión de los valores obtenidos.

Sin embargo, en el 30,43% de los domicilios (14 de 46), aparecen picos considerables. En particular, en el 13,04% de los domicilios (6 de 46) presentan valores superiores al máximo nivel indicado para exposición humana por la norma ICNIRP-98. Los picos observados están identificados con radiación procedente de equipos domésticos, tales como receptores de TV, ordenadores personales y portátiles en condiciones de medida de campo cercano, en el orden de centímetros, atenuándose rápidamente conforme la distancia aumenta.

En las Figuras 4.2. y 4.3. siguientes se presentan los histogramas obtenidos de campos E y de campos H en los 46 domicilios:

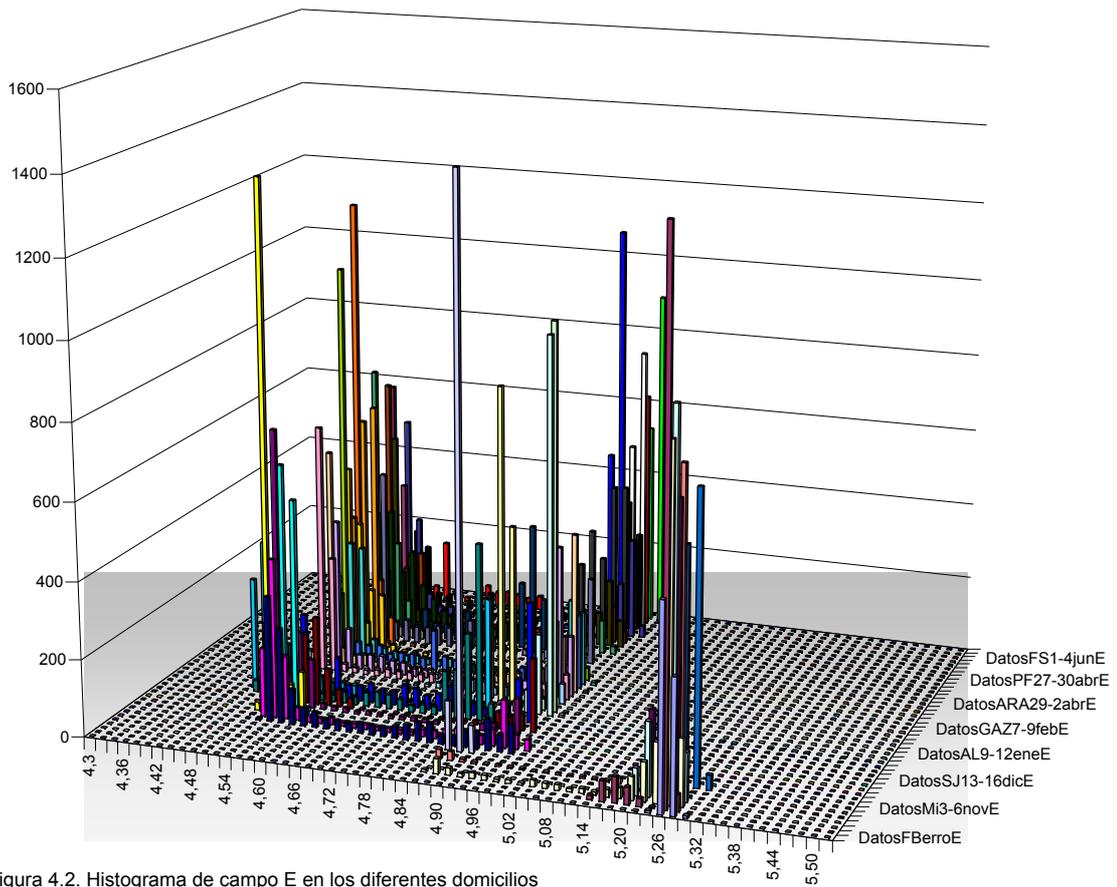


Figura 4.2. Histograma de campo E en los diferentes domicilios

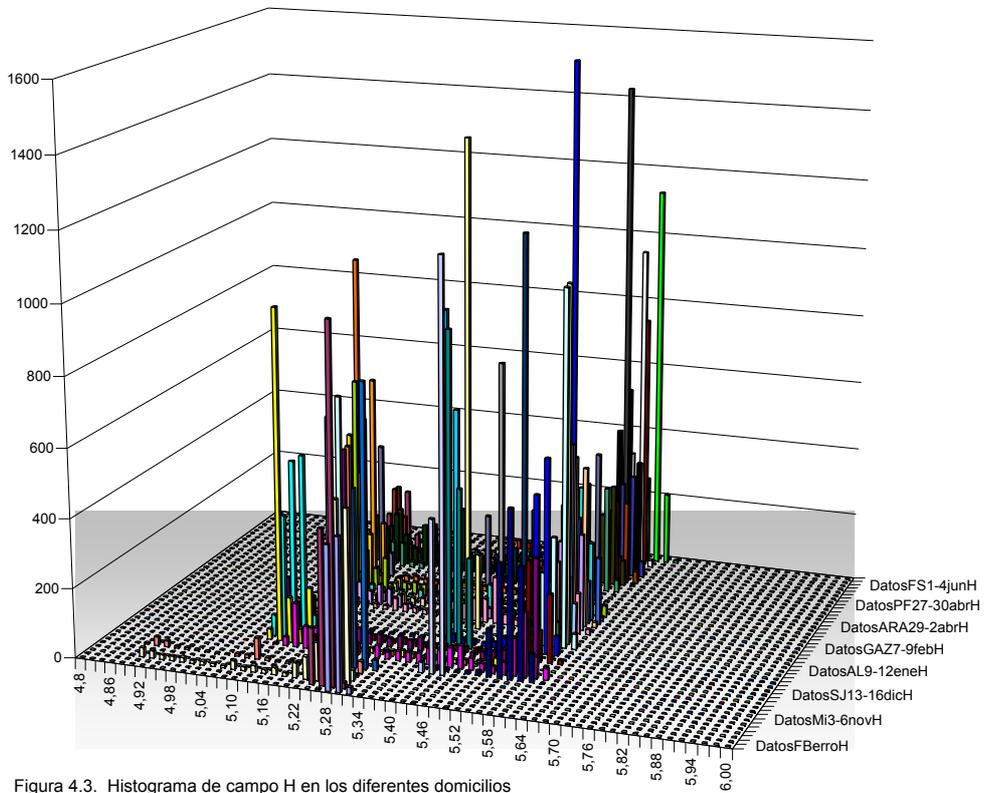


Figura 4.3. Histograma de campo H en los diferentes domicilios

## 2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ARDEMANS Nº 41

La Tabla 4.3. presenta los datos estadísticos de los valores obtenidos en las 57 medidas llevadas a cabo en la C/ Ardemans, 41 – 5B de Madrid, entre el 24 de septiembre de 2003 y 8 de junio de 2004, con referencia A41, presentando la media, máximos y mínimos de las líneas de campo E y H, la desviación estándar  $S_d$  y el intervalo en el que se encuentran el 95 % de los valores obtenidos. Se presenta el nivel expresado en porcentaje, de los valores de E y H respecto a los niveles máximos de seguridad de exposición establecido en la norma ICNIRP-98.

**TABLA 4.3.  
RESULTADOS OBTENIDOS EN ARDEMANS, 41**

Registro	Sd E	MaxE [%]	MaxH [%]	AvgE [%]	AvgH [%]	MinE [%]	MinH [%]	Sd H	Pico Máx [%]	Localización
ARD - 1	0,005	6,860	7,440	5,240	5,690	2,860	3,100	0,005	8	
ARD - 2	0,009	6,855	7,441	5,208	5,653	2,865	3,116	0,009		
ARD - 4	0,004	6,855	7,441	5,218	5,664	3,231	3,532	0,004		
ARD - 5	0,040	6,213	6,811	5,254	5,709	4,197	4,542	0,038	8,80	
ARD - 6	0,011	6,855	7,441	5,217	5,664	2,804	3,046	0,011	45	
ARD - 7	0,006	6,857	7,441	5,221	5,667	3,296	3,586	0,007		Dormitorio P
ARD - 8	0,031	6,519	7,144	5,236	5,689	3,586	3,878	0,033		Dormitorio N1
ARD - 9	0,005	6,916	7,441	5,204	5,649	2,882	3,124	0,006		Dormitorio N2
ARD - 10	0,010	6,855	7,441	5,229	5,676	3,509	3,802	0,011	145,60	Salón
ARD - 11	0,005	6,855	7,441	5,201	5,646	2,767	3,005	0,006		Dormitorio P
ARD - 12	0,008	6,855	7,441	5,225	5,672	3,377	3,680	0,008		Dormitorio N1
ARD - 15	0,039	6,183	6,740	5,210	5,673	4,159	4,504	0,040	145,60	Dormitorio P
ARD - 16	0,006	6,855	7,441	5,207	5,651	2,892	3,140	0,006	145,60	Dormitorio N2
ARD - 17	0,060	6,504	7,207	4,836	5,424	2,837	3,510	0,013	158	Salón
ARD - 18	0,061	5,597	6,416	4,804	5,405	3,582	4,106	0,004		Cocina
ARD - 19	0,084	6,504	7,207	4,767	5,435	2,521	2,903	0,006		Dormitorio P
ARD - 20	0,060	6,504	7,207	4,477	5,405	2,851	3,313	0,003		Dormitorio P
ARD - 21	0,006	5,490	6,351	4,859	5,409	3,661	4,178	0,003		Dormitorio N1
ARD - 22	0,013	6,489	7,207	4,860	5,440	2,489	2,881	0,011	100	Dormitorio N1
ARD - 23	0,010	6,504	7,207	4,861	5,439	2,833	3,513	0,018		Salón
ARD - 24	0,091	5,750	6,563	4,800	5,406	3,511	3,993	0,005		Dormitorio N2
ARD - 25	0,009	6,481	7,207	4,857	5,435	2,359	2,839	0,012		Dormitorio N2
ARD - 26	0,083	6,504	7,207	4,823	5,441	2,447	2,780	0,008		Dormitorio P
ARD - 27	0,038	5,420	6,006	4,884	5,405	4,312	4,805	0,002		Salón
ARD - 28	0,150	6,621	7,500	4,861	5,593	2,759	3,125	0,033		Dormitorio N1
ARD - 29	0,108	6,504	7,207	4,813	5,446	2,659	3,003	0,004		Dormitorio N2
ARD - 30	0,096	5,822	6,651	4,809	5,408	3,480	3,958	0,005		Dormitorio N2
ARD - 31	0,005	6,504	7,207	4,859	5,445	2,525	2,953	0,005		Cocina
ARD - 32	0,028	6,250	7,185	4,442	5,398	2,938	3,370	0,006		Dormitorio P
ARD - 33	0,112	5,362	6,014	4,578	5,398	3,706	4,294	0,005		Dormitorio P
ARD - 34	0,084	6,504	7,207	4,765	5,436	2,434	2,841	0,008		Dormitorio P
ARD - 35	0,183	6,225	7,097	4,650	5,409	2,993	3,599	0,005		Salón
ARD - 36	0,022	5,423	6,012	4,848	5,406	3,859	4,401	0,002		Dormitorio N1
ARD - 37	0,011	6,504	7,207	4,868	5,447	2,542	2,984	0,006		Dormitorio N1
ARD - 38	0,009	6,504	7,207	4,859	5,436	2,892	3,558	0,020		Dormitorio N2

Registro	Sd E	MaxE [%]	MaxH [%]	AvgE [%]	AvgH [%]	MinE [%]	MinH [%]	Sd H	Pico Máx [%]	Localización
ARD - 39	0,093	5,565	6,429	4,522	5,402	3,499	4,015	0,003		Dormitorio N2
ARD - 40	0,010	6,504	7,207	4,850	5,424	2,755	3,341	0,009		Salón
ARD - 41	0,019	5,648	6,434	4,841	5,407	3,595	4,109	0,004		Cocina
ARD - 42	0,087	6,504	7,204	4,708	5,432	2,524	2,999	0,003		Dormitorio P
ARD - 43	0,121	6,496	7,208	4,524	5,407	2,899	3,433	0,003	145,60	Dormitorio P
ARD - 44	0,006	6,466	7,207	4,854	5,419	2,907	3,524	0,006		Dormitorio N2
ARD - 45	0,021	5,420	6,135	4,828	5,404	3,708	4,320	0,003		Dormitorio N2
ARD - 46	0,008	6,504	7,207	4,854	5,444	2,536	2,948	0,00687	145,60	Salón
ARD - 47	0,004	6,504	7,207	4,867	5,451	2,971	3,578	0,0124		Dormitorio N1
ARD - 48	0,009	5,625	6,454	4,851	5,408	3,583	4,101	0,0051	23	Dormitorio N1
ARD - 49	0,006	6,504	7,207	4,864	5,447	2,55	2,999	0,00525		Dormitorio N2
ARD - 50	0,007	6,504	7,207	4,855	5,418	2,927	3,604	0,00269		Dormitorio N2
ARD - 51	0,041	5,357	6,007	4,804	5,401	3,919	4,451	0,00515		Dormitorio N2
ARD - 52	0,014	5,42	6,006	4,825	5,403	3,842	4,358	0,00179		Dormitorio N2
ARD - 53	0,005	6,44	7,207	4,867	5,433	2,348	2,849	0,01216		Salón
ARD - 54	0,002	6,504	7,207	4,866	5,45	2,728	3,238	0,00319		Dormitorio P
ARD - 55	0,037	5,665	6,552	4,814	5,407	3,561	4,026	0,00578		Dormitorio P
ARD - 56	0,014	6,496	7,225	4,881	5,445	2,571	2,952	0,01099	52	Wereable
ARD - 57	0,019	6,578	7,208	4,873	5,462	2,958	3,59	0,00577		Dormitorio P
ARD - 58	0,004	5,865	6,673	4,872	5,442	3,531	4,04	0,0298		Salón

La Tabla 4.4. presenta un resumen de estos resultados

**TABLA 4.4.**  
**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**  
**OBTENIDOS, DE MEDIA, MÁXIMO Y MÍNIMO DE**  
**CAMPOS E Y H EN LA C/ ARDEMANS, 41**

N= 57	Total Avg	Max	Min	S <sub>d</sub>
avg E	4,90	6,29	4,44	0,15
max E	5,25	6,92	5,36	0,47
min E	4,44	5,36	2,35	0,54
avg H	5,49	5,71	5,40	0,07
max H	6,99	7,50	6,01	0,46
min H	3,55	4,81	2,78	0,57
Sd E				0,110
Sd H				0,025
e (95%) E	0,303			
e (95%) H	0,132			

El análisis estadístico muestra que los niveles de campo ambientales medidos presentan unas líneas de base bajas (E/H máx < 10% , P < 0,01). Los rangos observados (máx-mín) y Sd reflejan una baja dispersión de los valores observados igual que en los domicilios dispersos. Esta estabilidad se observa a lo largo del tiempo en el mismo

emplazamiento, y en el conjunto de domicilios a lo largo del área metropolitana de Madrid.

En el 22,85% de los registros (13 de 57), también aparecen picos considerables. En particular, en el 10,53% de los registros (6 de 57) se presentan valores superiores al máximo nivel indicado para exposición humana por la norma ICNIRP-98. Los picos observados están identificados con radiación procedente de equipos domésticos: receptores de TV, ordenadores personales portátiles, teléfono móvil y teléfono inalámbrico analógico.

En las Figura 4.4. y 4.5. siguientes se presentan los histogramas obtenidos de campos E y de campos H en Ardemans, 41:

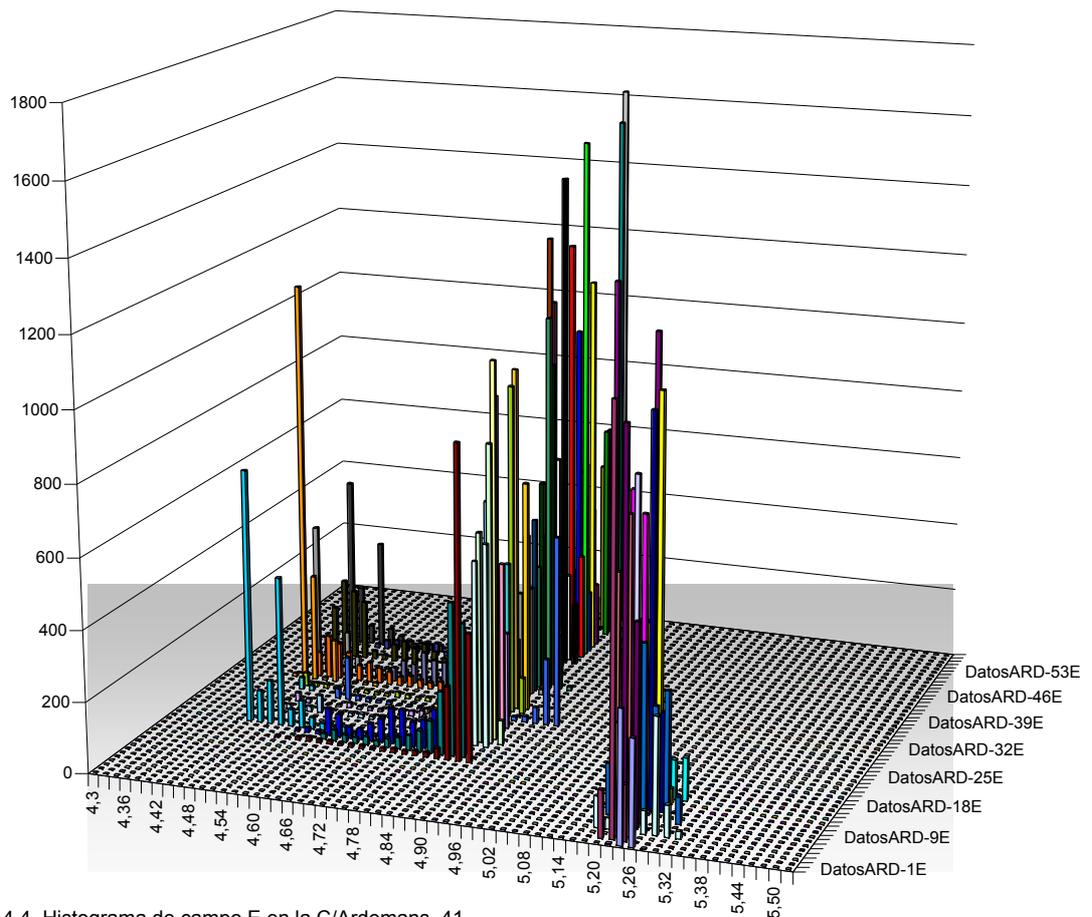


Figura 4.4. Histograma de campo E en la C/Ardemans, 41

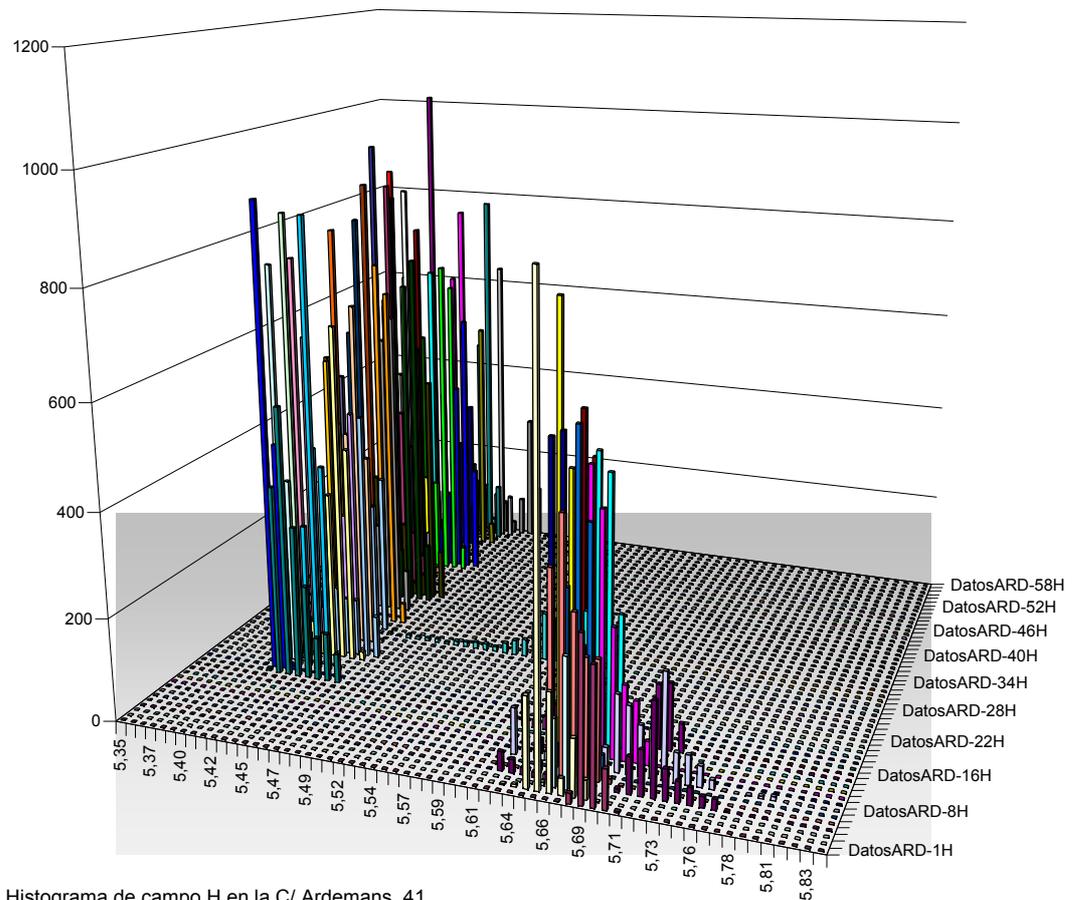


Figura 4.5. Histograma de campo H en la C/ Ardemans, 41

### 2.3. ANÁLISIS DE LOS NIVELES PROCEDENTES DE LOS DISPOSITIVOS DOMÉSTICOS

La Tabla 4.5. presenta datos de los niveles EM causados por diferentes dispositivos domésticos medidos a una distancia de 15 cm., utilizando el monitor Rad-Man XS ESM-30 en su modo de funcionamiento “on-line”. Los datos presentan los receptores de TV, PCs especialmente portátiles, teléfonos celulares y teléfonos inalámbricos analógicos, como las principales fuentes potenciales de EMI en el hogar.

**TABLA 4.5.**  
**MÁXIMOS NIVELES DE CAMPOS E Y H**  
**PROCEDENTES DE DISPOSITIVOS DEL HOGAR A**  
**UNA DISTANCIA DE 15 cm**

DISPOSITIVOS	E/H máx
Receptor TV	140,6 %
Teléfono móvil	159,4 %
Teléfono inalámbrico analógico	145,6%
Teléfono inalámbrico digital (DECT)	6 %
Monitor PC	145 %
Monitor PC TFT	6 %
PC Portátil	158 %
Teclado y ratón inalámbricos	6 %
WLAN	6 %
Horno microondas	6 %
Foco halógeno	20,4%

## 2.4. RESUMEN

Los resultados obtenidos en 5 domicilios fuera del municipio de Madrid son similares a los obtenidos en Madrid, aunque los niveles de radiación con que emiten los teléfonos móviles de tecnología GSM son sensiblemente superiores. Este resultado se interpreta como el efecto del nivel de potencia mayor al que los teléfonos móviles deben trabajar en células situadas en áreas rurales debido a su mayor superficie y por tanto distancia a la estación base.

Se aprecia una diferencia del 0,2 % entre los valores medios obtenidos con los dos medidores en ambos casos. Sin embargo, los valores están todos muy agrupados con una desviación típica muy baja, como se observa en los histogramas de las medidas en Ardemans.

En los valores de campo E, se observa una ligera fluctuación de los valores tanto en los registros de la C/ Ardemans como en los de los distintos domicilios. También se puede observar la variación entre dos valores (ó tres) fijos ligeramente diferentes. Esto se debe principalmente a que el dosímetros se situó en diferentes lugares del domicilio. Otra

posible causa de esta ligera variación en los domicilios cercanos a Estaciones Base de telefonía móvil, podría deberse a las fluctuaciones del tráfico cursado por éstas a lo largo del día.

En cualquier caso, las variaciones debidas a localizaciones o a fluctuaciones del tráfico cursado son muy pequeñas, corroborándose la hipótesis de estacionariedad tomada inicialmente. También la variación geográfica es muy pequeña.

Como observación final, cabe destacar la mayor dispersión observada en las medidas realizadas en la primera campaña en un sólo domicilio. Esta dispersión se debe al hecho de elegir emplazamientos diferentes para cada registro. Dentro de cada uno de ellos, las medidas presentan una dispersión baja pero la diferencia entre registros es de mayor cuantía en términos relativos. Parece indicar este hecho que existen mayores diferencias en los niveles dentro de un mismo domicilio en diferentes posiciones que entre los domicilios dispersos por el Municipio de Madrid. Se interpreta que esta dispersión se debe a efectos de campo cercano propios del domicilio elegido.

### **3. MAPAS**

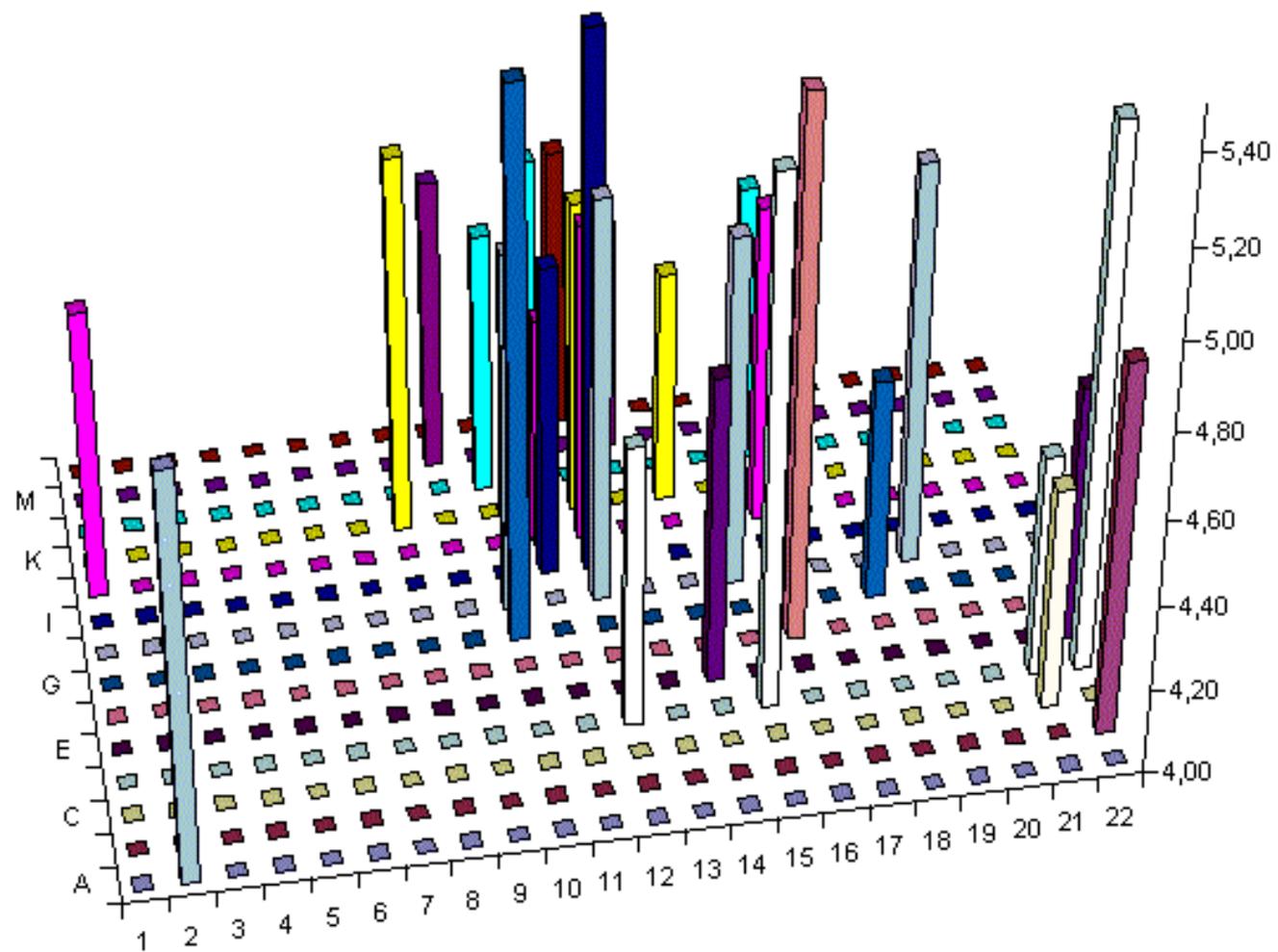
A cada uno de los domicilios se ha asignado una coordenadas y a partir de los valores medios de los campos E y H obtenidos en cada domicilio, se ha realizado la siguiente Tabla 4.6. y se han elaborado sendos diagramas de barras que se presentan a continuación.

También se han localizado en un mapa del Municipio de Madrid y en otro de la Comunidad Autónoma las medidas realizadas y se han representado los domicilios en los que se han registrado picos o ráfagas de valores por encima del 10 %.

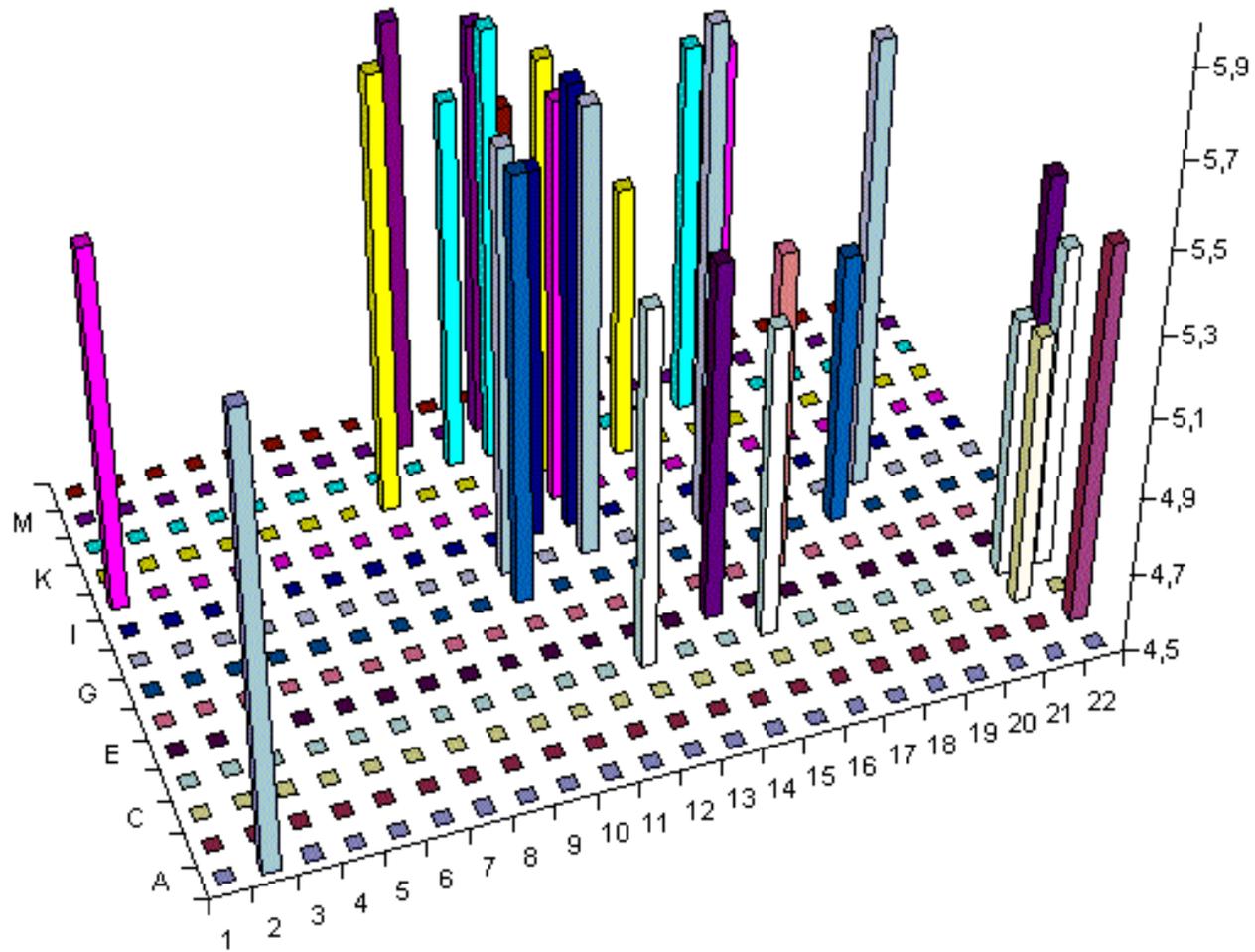
**TABLA 4.6.**  
**VALORES MEDIOS DE CAMPOS E Y H EN CADA DOMICILIO**

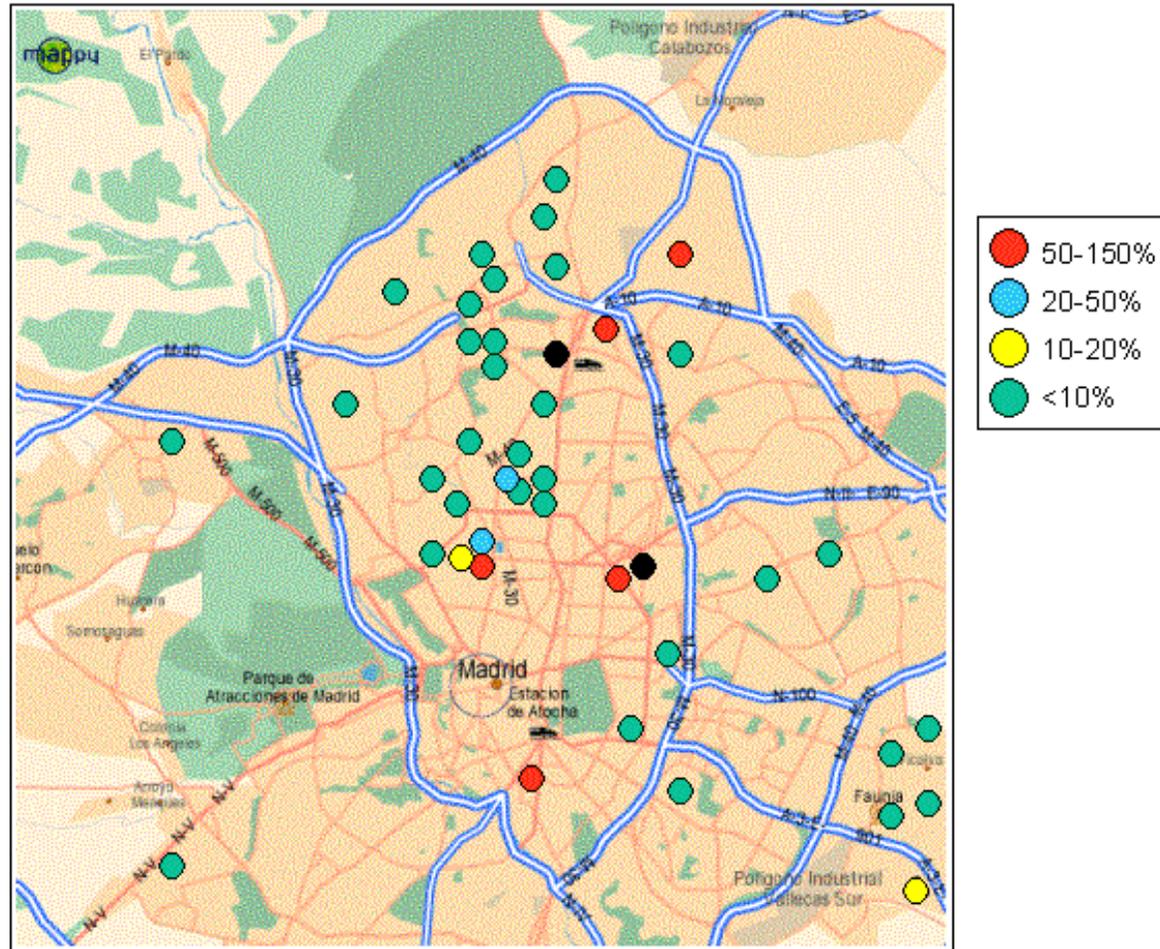
<b>Código</b>	<b>Cuadro</b>	<b>Eje X</b>	<b>Eje Y</b>	<b>avgE[%]</b>	<b>avgH[%]</b>	<b>Localización</b>
AA11	218	10	G	5,28	5,27	C/ Alberto Aguilera, 11
AA44	218	10	G	4,66	5,40	C/ Alberto Aguilera, 44
A479	251	19	H	4,94	5,61	C/ Alcalá 479
AM29	397	11	M	4,89	5,45	C/ Alfredo Marquerie, 29
A56	342	12	K	4,54	5,14	Avda. Asturias, 56
AB16B	344	14	K	4,54	5,18	Avda.Burgos, 16B
AR5B	296	1	J	4,68	5,41	C/ Aramunt, 5B
CB43	242	10	H	4,84	5,41	C/ Cea Bermúdez, 43
C5	413	12	N	4,65	5,41	C/ Cerrillo, 5
CC3	395	9	M	4,68	5,57	C/ Cerro de la Carrasqueta, 3
EO22	147	15	D	5,23	5,28	C/ Emilio Ortuño, 22
FC24	397	11	M	4,70	5,52	C/ Fermín Caballero, 24
FP11	144	12	D	4,66	5,40	C/ Fernando Poo, 11
FS50	247	15	H	4,82	5,73	C/ Francisco Silvela, 50
G8	218	10	G	4,81	5,56	C/ Gaztambide, 8
GA3	242	10	H	4,81	5,56	C/ General Ampudia, 3
GL23	373	11	L	4,77	5,57	C/ Ginzo de Limia, 23
H73	274	12	I	4,70	5,50	C/ Hernani, 73
JU37	172	14	E	4,72	5,39	C/ Juan Urbieto, 37
LA9	180	22	E	4,60	5,41	C/ Lardero, 9
LR1	153	21	D	4,52	5,15	C/ La Raya, 1
L12	54	2	A	4,96	5,63	C/ Logrosán, 12
LU5	226	18	G	4,52	5,18	C/ Los Urquiza, 5
M8	311	16	J	4,74	5,54	C/ Mesena, 8
M153	154	22	D	5,26	5,30	C/ Minerva, 153
O29	274	12	I	4,87	5,60	C/ Orense, 29
PBV50	306	11	J	4,54	5,15	Psj. Bellas Vistas, 50
PFB	200	16	F	5,26	5,30	Parque Fuente del Berro
PF8	372	10	L	4,61	5,42	Plaza de Fonsagrada, 8
P7	101	22	B	4,87	5,44	C/ Puentelarrá, 7
P17	128	21	C	4,52	5,18	C/ Péndulo, 17
RM16	274	12	I	5,24	5,28	C/ Reina Mercedes, 16
SA1	307	12	J	4,75	5,50	Plz. San Amaro, 1
S4	397	11	M	4,60	5,36	C/ Sanjenjo, 4
SMP14	338	8	K	4,88	5,59	C/ San Martín de Porres, 14
S21	342	12	K	4,73	5,54	C/ Simancas, 21
S76	398	12	N	4,58	5,24	C/ Sabadell, 76
T7	273	11	I	4,73	5,42	C/ Teruel, 7
VR145	378	16	L	4,65	5,42	C/ Vélez Rubio, 145
VA22	399	13	M	4,53	5,29	C/ Virgen de Aranzazu, 22
V54	244	12	H	4,94	5,61	C/ Viriato, 54

### MAPA DE CAMPO E



### MAPA DE CAMPO H







## 4. RESULTADOS ADICIONALES

Posteriormente a la serie de medidas llevadas a cabo en los domicilios particulares citados mediante el dosímetro RadMan XT ESM-30, se ha caracterizado con más precisión alguno de los domicilios por medio del Medidor Selectivo de Emisiones radioeléctricas SRM-3000, también fabricado por Narda Safety Test Solutions. Este equipo tiene entre otras características, las siguientes

- realización de medidas selectivas de intensidad de campo electromagnético en las frecuencias de RF y microondas
- medidas isotrópicas (en los tres ejes) por medio de una antena triaxial, permitiendo también la realización de las medidas de campo eléctrico en cada eje independientemente (desde 75 MHz hasta 3 GHz)
- cálculo de las contribuciones de los distintos servicios de telecomunicaciones sobre la exposición total
- funcionamiento en modo Analizador de Espectro convencional y en modo Safety Evaluation para evaluación de conformidad con las normas de seguridad aplicables

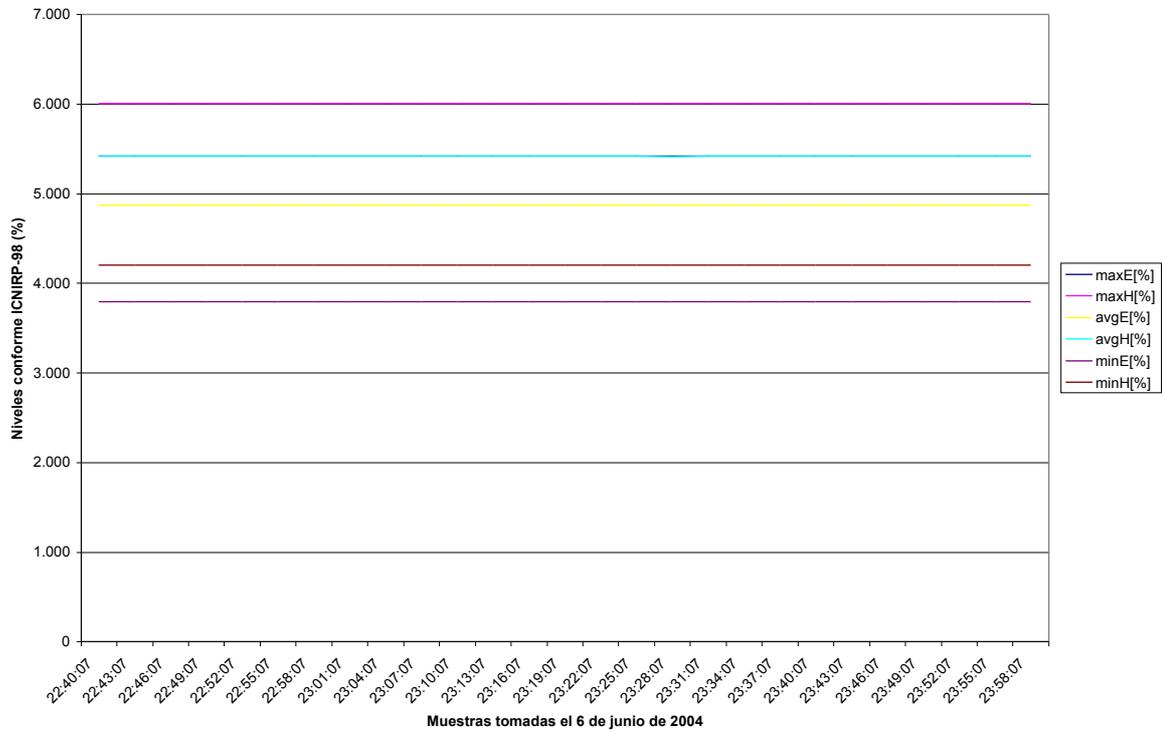


**Figura 4.6. Medidor selectivo de emisiones radioeléctricas SRM-3000, de Narda STS**

Se han realizado medidas simultáneas con los dos instrumentos en el domicilio en el que se han llevado a cabo las medidas de larga duración en la C/ Ardemans, 41 y se han obtenido los resultados siguientes

<b>Ardemans, 41 6-junio-2004 23:00h</b>			
<b>SERVICIO</b>	<b>VALOR</b>		<b>FRECUENCIA (MHz)</b>
FM	3,11 V/m	5,098 %	88 - 108
CT2	0,41 V/m	0,46 %	864 - 868
GSM900	1,52 V/m	1,64 %	890 - 960
DECT	0,88 V/m	0,67 %	1880 - 1900
Bluetooth	3,09 V/m	2,26 %	2402 - 2480
Otros	1,1 V/m	0,80 %	
Total	11,94 V/m	8,72 %	88 - 2480

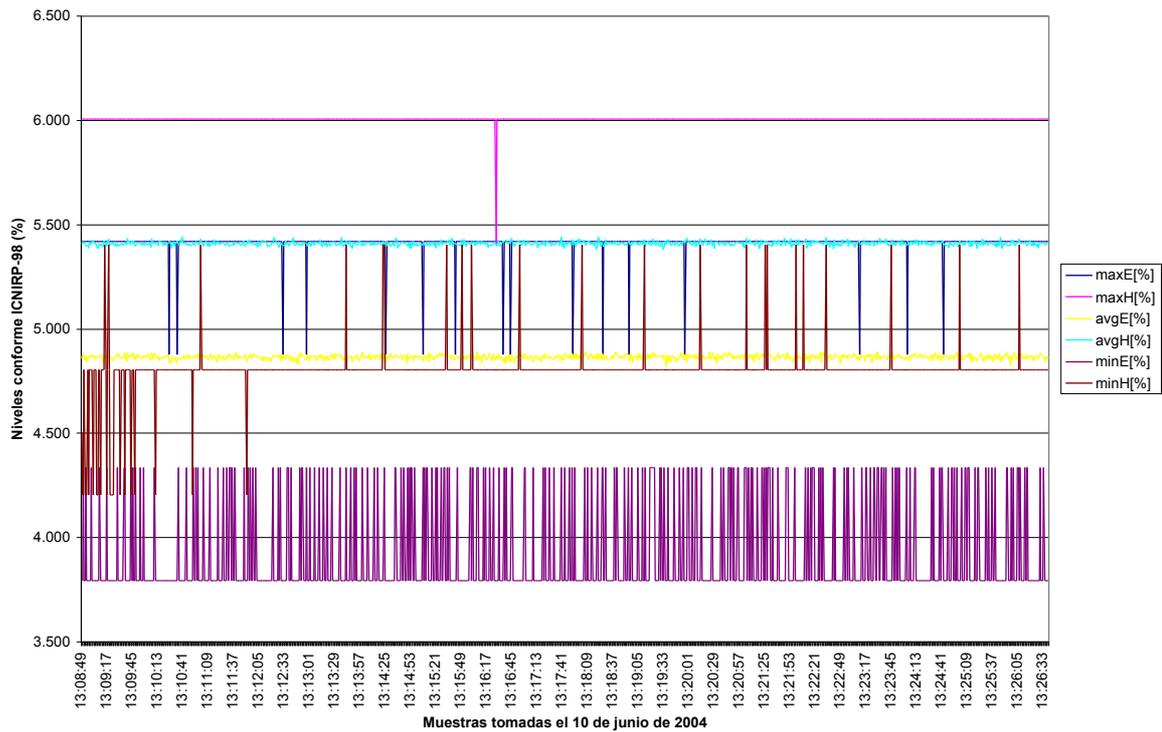
Meidas dosimetría en Ardemans, 41



También se han llevado a cabo estas medidas en uno de los domicilios evaluados anteriormente, en la C/ Reina Mercedes, 16 y se han obtenido estos resultados

Reina Mercedes, 16, 10-jun-04 , 13:05h			
SERVICIO	VALOR		FRECUENCIA (MHz)
FM	325,8 mV/m	1,128 %	88 - 108
CT2	36,5 mV/m	0,00629 %	864 - 868
GSM900	171,6 mV/m	0,11599 %	890 - 960
DECT	100 mV/m	0,02039 %	1880 - 1900
Bluetooth	319 mV/m	0,22452 %	2402 - 2480
Otros	1,235 V/m	9,11 %	
Total	1,333 V/m	10,63 %	88 - 2480

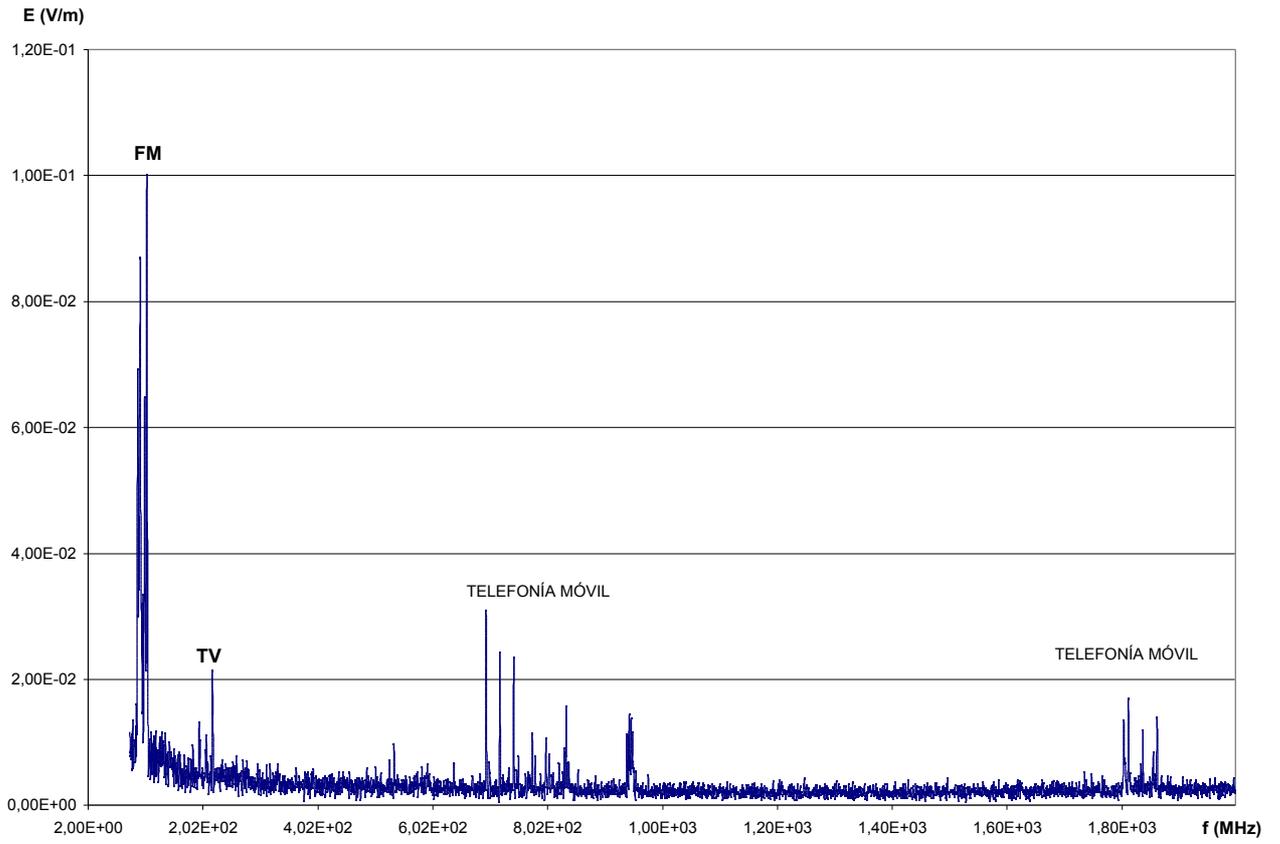
### Medidas dosimetría en Reina Mercedes, 16



Los valores obtenidos mediante el dosímetro son algo inferiores a los obtenidos en las distintas bandas. Se confirma la teoría de no existencia de riesgo para las personas, aunque el valor total de intensidad de campo 1,33 V/m supone un valor próximo al 50 % del valor de campo para garantizar la inmunidad de los dispositivos médicos. Y en Ardemans, 41 se han obtenido valores de campo que superan los 3 V/m en las bandas de FM y de 2,4 GHz.

La antena permite realizar medidas a partir de 75 MHz, por lo que las fuentes radiantes en las frecuencias inferiores a ésta no aparecen. No obstante, existen y pueden ser objeto de estudios posteriores ya que mediante el dosímetro utilizado que permite medidas de campo E a partir de 1MHz, se han encontrado niveles de pico y ráfagas considerables. En la medidas realizadas, como puede verse en la gráfica siguiente, se observan los niveles máximos procedentes de los servicios de radiodifusión sonora en FM, TV en UHF, Telefonía móvil en 900 MHz y Telefonía móvil en 1800 MHz.

ESPECTRO EN ARDEMANS, 41





## **DISCUSIÓN**

### **1. SEGURIDAD ELECTROMAGNÉTICA PARA PACIENTES Y PARA LA APLICACIÓN**

El incremento de la utilización de las tecnologías inalámbricas en las aplicaciones sanitarias domésticas lleva asociado un aumento de las probabilidades de aparición de fallos debidos a EMI, lo que refuerza el planteamiento inicial de la necesidad de garantizar la seguridad y la compatibilidad electromagnéticas de las aplicaciones de telemetría domiciliaria por medio de

- disminución del riesgo de interacciones adversas
- identificación y minimización de estas interacciones

La definición de un procedimiento de implantación de una aplicación de telemetría supondrá una mejora en

- reducción de los errores médicos, mejora en la eficiencia y de la calidad de la atención al paciente
- aumentar el número de dispositivos médicos utilizados en la aplicación
- reducción de los errores de los dispositivos
- disminución del temor a lo desconocido

En el entorno urbano, con el incremento del uso de redes de comunicaciones en las proximidades de los dispositivos médicos para el hogar, será importante determinar la/s zona/s con niveles altos de exposición así como la contribución relativa de antenas

auxiliares que se puedan instalar en las proximidades (incluso sin licencia o no instaladas permanentemente).

## **1.1. PREVENCIÓN**

La prevención de degradación de prestaciones en los dispositivos o productos sanitarios requiere el esfuerzo tanto de fabricantes como de usuarios.

Los fabricantes deben asegurar el mantenimiento de las especificaciones de los dispositivos en el entorno de uso. El empleo de técnicas de atenuación adecuadas durante el diseño, junto con la verificación del cumplimiento de la normativa existente sobre EMI, ayuda a prevenir los problemas. Los fabricantes también deben proporcionar a los usuarios una guía clara de funcionamiento y de reconocimiento y prevención de estos problemas.

Los productos europeos deben cumplir con la Directiva sobre EMC. La normativa existente sobre productos sanitarios se ha descrito anteriormente.

El problema de las posibles interferencias producidas por EMC y el cumplimiento de la normativa se debe tener en consideración en la etapa de construcción e instalación de instrumentación así como durante la selección de nuevos equipos eléctricos y electrónicos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- identificación de posibles riesgos en el escenario de la aplicación
- control de los riesgos

Los usuarios también deben recibir indicaciones sobre identificación y eliminación de problemas de EMC y deben dar a conocer la existencia de estos incidentes cuando tengan lugar para alertar a la comunidad médica y poder tomar medidas adecuadas para evitar su repetición. Así mismo, evitar el funcionamiento de los dispositivos médicos bajo condiciones electromagnéticas extremas: transmisión a plena potencia, proximidad y/o funcionamiento durante periodos largos de tiempo, condiciones en las que es frecuente encontrar niveles de campo que exceden los 10 V/m a 50 cm del terminal móvil (Morrissey, 2002).

La prohibición de la utilización de terminales móviles en las proximidades de dispositivos puede ser adecuado en una fase inicial de la aplicación, pero las tecnologías inalámbricas no deben estar excluidas de ésta permitiendo una mayor calidad de la atención al paciente. Con un planteamiento adecuado, será posible identificar, controlar y advertir sobre problemas significativos de EMI antes de que ocurran, teniendo en cuenta que el riesgo de EMI depende de varios factores que incluyen la susceptibilidad de los productos sanitarios, la frecuencia en la que funcionan los transmisores, así como su potencia emitida, su tipo de modulación y la proximidad al dispositivo médico.

## **1.2. PROTECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de datos de carácter personal (CG, 1999), considera datos especialmente protegidos los datos de carácter personal relativos a la salud. Solamente podrán ser objeto de tratamiento cuando dicho tratamiento resulte necesario para la prevención o para el diagnóstico médicos, la prestación de asistencia sanitaria o tratamientos médicos o la gestión de servicios sanitarios, siempre que dicho tratamiento se realice por un profesional sanitario sujeto al secreto profesional o por otra persona sujeta asimismo a una obligación equivalente de secreto. También podrán ser objeto de tratamiento cuando sea necesario para salvaguardar el interés vital del afectado o de otra persona, o para solucionar una urgencia o para realizar los estudios epidemiológicos en los términos establecidos en la legislación sobre sanidad estatal o autonómica.

La Ley 16/2003 de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud (CG, 2003) fija la obligación del responsable del fichero (en este caso de la aplicación de telemetría) de adoptar las medidas técnicas y organizativas necesarias para evitar la alteración, la pérdida, el tratamiento o el acceso no autorizado a los datos personales, lograr la máxima fiabilidad, garantizar la calidad de la asistencia y la confidencialidad e integridad de la información por medio de una red (aplicación) segura.

## 2. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Los resultados de los niveles EM evaluados en domicilios de Madrid revelan que los niveles básicos son seguros conforme la norma ICNIRP-98. Estos niveles parecen ser bastante estables en el transcurso del tiempo e independientemente de la localización en la ciudad.

Sin embargo, la presencia de picos o ráfagas relativamente altos de señales radiadas en las proximidades de equipos electrónicos y de ordenadores es notorio en algunos casos, haciendo necesaria la evaluación local de las condiciones electromagnéticas relacionadas con el análisis del riesgo de la telemedicina domiciliaria.

Se propone una posterior investigación en EMI relacionada con los escenarios emergentes basados en el uso intensivo de sistemas de redes de radio con un Medidor selectivo de emisiones radioeléctricas. Se propone llevarla a cabo mediante:

- 1- Realización de medidas en banda estrecha y sensores isótropo y direccional para determinar fuentes de emisión y sus características radioeléctricas

El entorno de perturbación electromagnética se puede comparar a la temperatura ambiente, la humedad y la presión atmosférica. Los equipos y sistemas pueden experimentar condiciones ambientales dentro del rango esperado en cualquier momento, y durante periodos de tiempo amplios. Como con la presión atmosférica y la humedad, el usuario del equipo y/o sistema puede no ser consciente de los niveles de campos electromagnéticos ambientales. El desarrollo práctico de sistemas de telemedicina domiciliaria debería considerar una evaluación apropiada del entorno electromagnético en cada situación concreta y sin excluir las tecnologías inalámbricas, mediante:

- 2- Procedimiento cuidadoso de instalación y utilización segura de una aplicación de telemetría clínica domiciliaria que garantice la coexistencia segura de dispositivos médicos con tecnologías inalámbricas (CEM).
- 3- Investigar en la metodología de medida y caracterización de la inmunidad de equipos para uso en Telemedicina domiciliaria.

## CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1- Se debe considerar el posible efecto en dispositivos médicos y en sistemas de telemedicina domiciliaria producidos por Interferencias Electromagnéticas (EMI).
- 2- Con el incremento del uso de redes de comunicaciones en las proximidades de los dispositivos médicos para el hogar y del propio edificio, es importante determinar la/s zona/s con niveles altos de exposición así como la contribución relativa de antenas auxiliares que se puedan instalar en las proximidades (incluso sin licencia o no instaladas permanentemente).
- 3- Según los resultados obtenidos, los niveles básicos de campos EM evaluados en Madrid se encuentran por debajo de los umbrales de seguridad establecidos por ICNIRP-98. No se han encontrado variaciones estadísticas importantes entre los diferentes domicilios y los niveles aparecen estables en el transcurso del tiempo e independientes de la localización en la ciudad.
- 4- Existen picos o ráfagas de nivel elevado en porcentaje significativo de los domicilios en condiciones de campo cercano, principalmente originados por ordenadores personales, teléfonos inalámbricos analógicos y receptores de TV. Hay necesidad de considerar los potenciales problemas debidos a interferencias EMI. El desarrollo práctico de sistemas de telemetría domiciliaria debería

considerar una evaluación apropiada del entorno electromagnético en cada situación concreta.

- 5- El seguimiento de la Recomendación 1999/519/EC y de la norma ICNIRP-98 no garantizan por sí mismo la ausencia de interferencias o de efectos sobre los sistemas de telemetría de señales biomédicas.

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCIAS

- Adey, W.R. (1993) Electromagnetics in biology and medicine. Oxford University Press.
- Arnon, S; Bhastekar,D.; Kedar, D.; Tauber, A. (2003) “A comparative study of wireless communication network configurations for medical applications”. *IEEE Wireless Communications magazine*, vol.10,nº 1, pp. 56 - 61.
- Balcells, J.; Daura, F.; Esparza, R; Pallás, R. (1992) Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos. Edit. Marcombo.
- Bardasano, J.L. (1992) Radiaciones no ionizantes en Biología y Medicina (IBASC) Universidad de Alcalá de Henares. Edit. Bardasano.
- Bardasano, J.L., (1993) Avances en Bioelectromagnetismo. (IBASC) Universidad de Alcalá de Henares. (Ponentes: Alpuente, Bardasano, Catalá de la Hoz, Monteagudo, Pamies, J.L.Ramos, Sodi-Pallares y otros, con sus referencias y bibliografía).
- Bardasano, J.L. y Elorrieta, J.I. (1999) *Bioelectromagnetismo. Ciencia y Salud*. McGraw-Hill. Serie Mc.Graw-Hill de divulgación científica.
- Boric-Lubeck, O.; Lubecke, V.M. (2002) “Wireless house calls: using communications technology for health care and monitoring” *IEEE microwave magazine*, septiembre pp 43 – 48.
- Bougant, F.; Delmond, F.; Pageot-Millet, Ch. (2003) “The user profile for the virtual home environment” *IEEE Communications magazine*, vol.41, nº1, pp. 93 - 98.
- Calcagnini, G.; Bartolini, P.; Floris, M.; Triventi, M.; Cianfanelli, P.; Scavino, G.; Proietti, L.; Barbaro, V. (2004) “Power limitation of mobile phones to avoid electromagnetic interference to medical devices” Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering. Health in the Information Society, MEDICOM 04, Ischia, Italia.
- Caminal, P. y Jané, R. (1987) “Modelado y simulación por computador de sistemas biológicos”, *Introducción a la Bioingeniería*, Marcombo. Serie: Mundo electrónico, pp.283-292.
- CE, Comisión Europea. (1996) Proposal for a research programme by a European Commission Expert Group, Bruselas.
- CE, Comisión Europea. (2000) Communication from the Commission on the Precautionary Principle. Brussels, EC, COM(2000) 1.
- CE, Comisión Europea. (2001) Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. COM (2001) 723 final. El futuro de la Asistencia sanitaria y de la atención a las personas mayores: garantizar la accesibilidad, la calidad y la sostenibilidad financiera. Bruselas.
- CE, Comisión Europea. (2002) European Commission Community Research. ‘ISTAG Scenarios for Ambient Intelligence in 2010’ User-friendly information society.

- COMAR Reports. (1998) Committee on Man and Radiation. Radiofrequency Interference with Medical Devices. *IEEE Engineering in Medicine and biology*. Mayo/junio.
- Cooper, J.; Marx, B.; Buhl, J.; Hombach, V. (2002) "Determination of safety distance limits for human near a cellular base station antenna, adopting the IEEE standard or ICNIRP guidelines" *Bioelectromagnetics* 23. Wiley-Liss, Inc. pp 429 – 443.
- Damborrena, M.D. (1998) *Hospitalización a domicilio*. Editorial Hoechst Marion Roussel.
- García, J.; Moreno, O.; Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2001) "Sistema para la telemonitorización domiciliar de trastornos respiratorios del sueño". Libro de actas del XIX Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica.
- García-Sagredo, J.M.; Monteagudo, J.L. (1991) "Effect of low-level pulsed electromagnetic fields on human chromosomes in vitro: analysis of chromosomal aberrations" *Hereditas* 115: 9-11.
- Hammett, W.F., (1997) Radiofrequency radiation, Issues & standards. *McGraw Hill*.
- Hernández, C. (2002) "Airmed-Cardio. Plataforma telecardiológica basada en servicios GSM e Internet" *BIT* nº 136, noviembre – diciembre. Pp 56 – 61.
- Hernando, J.M. (1997) *Comunicaciones móviles* Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- INSALUD. (2000) Instituto Nacional de la Salud. Plan de Telemedicina del INSALUD. Madrid.
- Kimmel, W.D.; Gerke, D.D. (1995) *Electromagnetic compatibility in medical equipment: a guide for designers and installers*. IEEE Press and Interpharm Press.
- Krazit, T. (2003) "After three years of Wi-Fi, hurdles remain" *IDG News Service*, abril.
- Kuster, N., Balzano, Q., Lin, J.C. (1997) *Mobile Communication Safety*. Edit. Chapman and Hall.
- Marculescu, D; Marculescu, R. (2003) "Ready to ware" *IEEE Spectrum*, octubre, pp. 28 - 32.
- MDA, (1997) Medical Device Agency "Electromagnetic compatibility of medical devices with mobile communications" *Device bulletin DB9702*. Londres.
- Monteagudo, J.L. (2001) *El marco de desarrollo de la e-Salud en España*. Edit. Instituto de Salud Carlos III.
- Monteagudo, J.L. (2002) "Telemedicina: construyendo la sanidad del futuro" *BIT* nº 136, noviembre – diciembre. pp 48 – 55.
- Monteagudo, J.L.; Reig, J. (2004) "e-health and the elderly, a new range of services?" *The IPTS Report*, Sevilla, febrero, pp. 46-53
- Moreno, O.; Ramos, V.; García, J.; Monteagudo, J.L. (2002) "Soporte para la hospitalización a domicilio mediante sistemas móviles" Libro de actas del V Congreso Nacional de Informática de la Salud.
- Morrissey, J. (2002) "Use of handheld wireless communication devices in hospitals and electromagnetic interference with medical equipment". MOHCA Mobile Healthcare Alliance.
- Narda ESM-30 (2002) "RadMan XT" Radiation Monitor. Operating Manual.
- Pallás, R.(1997) "Seguridad eléctrica y frente a las radiaciones", *Introducción a la Bioingeniería*, Marcombo. Serie: Mundo electrónico, pp.195-201.
- Parvis, M.; Vallan, A. (2002) "Medical measurements and uncertainties" *IEEE Instrumentation & Measurement magazine* Vol.5, nº 2, pp.12 – 17.
- Pentland, A. (2004) "Healthwear: medical technology becomes wearable" *IEEE Computer magazine*, mayo, pp. 42 - 49.

- Pozo, F.; Toledo, P.; Jiménez, S.; Roca, J.; Alonso, A. (2002a). Consorcio CHRONIC. “Un sistema de telemedicina para un nuevo modelo de pacientes continuada y compartida de pacientes crónicos” Sociedad española de Informática de la Salud, nº XXXIV. Ed. Informática y Salud, pp.33-35.
- Pozo, F. (2002b) “La atención de pacientes crónicos, un reto principal de la telemedicina” *BIT* nº 136, noviembre – diciembre. pp 66 – 69.
- Pozo, F.; Gómez, E.J. (2001) “Telemedicina: una visión del pasado y del futuro” *TODO HOSPITAL*, nº 178, pp. 444-452. ISSN-0212-19721.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (1997) “Compatibilidad y Protección electromagnética en emergencias sanitarias”. *Bioelectromagnetismo y salud pública*. Edit. Bardasano. Alcalá de Henares, pp.201-212.
- Ramos, V. Monteagudo, J.L. (1999) “Compatibilidad y Protección electromagnética en aplicaciones de Telemedicina en entornos extra-hospitalarios” *Bioelectromagnetism: science, medicine and progress*. Edit. Bardasano. Alcalá de Henares.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2001) “Compatibilidad electromagnética en Aplicaciones de Biotelemedicina”, XIX Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. Madrid.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L.; Moreno, O.; García, J. (2002a) "Electromagnetic trends in personal radio networks providing biomedical telemetry". International Symposium telemedicine in care delivery. Pisa, Italia.
- Ramos, V.; García, J.; Moreno, O.; Monteagudo, J.L. (2002b) "Biotelemedicina sobre redes personales sin hilos: Características operacionales y compatibilidad electromagnética" XX Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. Zaragoza.
- Ramos, V.; García, J.; Moreno, O.; González-Páramo, N.; Monteagudo, J.L. (2003) "Telemetría clínica basada en redes inalámbricas: normas y procedimientos metodológicos de verificación" XXI Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. Mérida (Badajoz), pp 13-16.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2004a) "La gestión de frecuencias en entornos sanitarios" IX Congreso Nacional de Internet, Telecomunicaciones y Movilidad, Madrid.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2004b) "Electromagnetic compatibility (EMC) assesment for home telemedicine" Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering. Health in the Information Society, MEDICOM 04, Ischia, Italia.
- Ramos, V.; Alonso, J.I.; Franco, C.; Mellado, F.; Pérez, M.; Plaza, J.F. (2004c) *Informe sobre la situación de la tecnología basada en el estándar IEEE 802.11 y todas sus variantes (“Wi-Fi”)* Ed. Alonso. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación C.O.I.T. ISBN 84-931582-8-3.
- Rose, B. (2002) “Home networks: a standards perspective” *IEEE Communications magazine*. Diciembre, pp 78 – 85.
- Silberberg, J.L. (1996) *Electronic medical devices and EMI*. Reference Guide. Compliance engineering. Center for devices and radiological health, FDA.
- Stewart, Sir William (Chairman), (1999) *Mobile Phones and Health*. A report from the Independent expert group on mobile phones, Chilton, IEGMP Secretariat.
- Toledo, P. (2003) *Propuesta de un modelo de sistema de telemedicina para la atención sanitaria domiciliaria*. Tesis Doctoral, UPM.
- Toropainen, A. (2003) “Human exposure by mobile phones in enclosed areas” *Bioelectromagnetics* 24, pp 63 – 65.

- Tri, J.L.; Hayes, D.L.; Smith, T.T.; Severson, R.P. (2001) “Cellular phone interference with external cardiopulmonary monitoring devices” *Mayo Foundation for medical education and research. Mayo Clin Proc*; 76:11-15.
- Weiss, F.G. (2000) “Implications of RFICs for medical instrumentation” *Medical electronics manufacturing*.

## REFERENCIAS SOBRE NORMATIVA

- AENOR (1992) UNE 21-302-92(161) Vocabulario Electrotécnico. Compatibilidad electromagnética.
- AENOR (1995) UNE-EN 61000-4-1 Compatibilidad electromagnética (CEM) Parte 4: técnicas de ensayo y de medida. Sección 1: visión general de los ensayos de inmunidad. Norma básica de CEM.
- AENOR (1996) UNE – EN 60601-1-2 Equipos electromédicos. Parte 1: requisitos generales de seguridad. Sección 2: Norma colateral: Compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos.
- AENOR (1997) UNE 21000-1-1 IN. Informe UNE. Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 1: Generalidades. Sección 1: Aplicación e interpretación de definiciones y términos fundamentales.
- AENOR (1998) UNE – EN 61000-4-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.
- AENOR (1999a) UNE – EN 61000-4-3/A1. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-3: técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.
- AENOR (1999c) UNE-EN 55011:1999. Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos industriales, científicos y médicos (ICM) que producen energía en radiofrecuencia.
- AENOR (2000a) UNE 21302-161 Vocabulario Electrotécnico. Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética. Modificación.
- AENOR (2000b) UNE-EN 55011/A1: 2000. Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos industriales, científicos y médicos (ICM) que producen energía en radiofrecuencia. Modificación.
- AENOR (2000c) UNE-EN 60118-13 Audífonos. Parte 13: Compatibilidad Electromagnética (CEM).
- AENOR (2001a) UNE 200000-107 IN Guías electrotécnicas. Guía 107: compatibilidad electromagnética. Guía para la redacción de las normas de compatibilidad electromagnética.
- AENOR (2001b) UNE-EN 61000-4-1. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: técnicas de ensayo y medida. Sección 1: visión de conjunto de la serie CEI 61000-4.
- AENOR (2001c) UNE-EN 301489-3 V1.2.1. Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Norma de compatibilidad electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 3: condiciones específicas para los dispositivos de corto alcance (SRD) que funcionan en las frecuencias comprendidas entre 9 KHz y 40 GHz.

- AENOR (2001d) UNE-EN 50 360 Norma de producto para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (300 MHz – 3 GHz).
- AENOR (2001e) UNE – EN 300 328–2 V1.1.1. Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Sistemas de transmisión en banda ancha. Equipo de transmisión de datos que funciona en la banda ICM de 2,4 GHz y que usa técnicas de modulación de espectro ensanchado. Parte 2: EN armonizada que cubre los requisitos esenciales bajo el artículo 3.2 de la Directiva RTTE.
- AENOR (2002c) UNE – EN 60601-1-2 Equipos electromédicos. Parte 1-2: requisitos generales para la seguridad. Norma colateral: Compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos.
- AENOR (2002e) UNE –EN 55022 Equipos de tecnología de la información (ETI). Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida. Corrección.
- ANSI / IEEE (1997) ANSI C63.18-1997. American National Standard Recommended practice for an on-site, ad-hoc test method for estimating radiated electromagnetic immunity of medical devices to specific radio-frequency transmitters.
- ANSI / IEEE (1999) ANSI/IEEE Std 802.11, 1999. Information technology- Telecommunications and information exchange between systems- Local and metropolitan area networks- Specific requirements. Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications (ISO/IEC 8802-11: 1999).
- CE (1999a) Comisión Europea. Recomendación 1999/519/EC del Consejo de Europa, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).
- CE (1999b) Comisión Europea. Directiva 1999/5/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 1999 sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento de su conformidad.
- CE (2003) Comisión Europea. Recomendación (2003/203/CE) de la Comisión de 20 de marzo de 2003 relativa a la armonización del suministro de acceso público R-LAN a las redes y servicios de comunicaciones electrónicas de la Comunidad.
- CENELEC (2003) Draft prEN 50413. Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz).
- CG (1999) Ley Orgánica 15/1999 de las Cortes Generales, de 13 de diciembre, de Protección de datos de carácter personal.
- CG (2003a) Ley 16/2003 de las Cortes Generales, de 28 de mayo, de cohesión y calidad del Sistema Nacional de Salud.
- CG (2003b) Ley 32/2003 de las Cortes Generales, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.
- ETSI (2001a) ETSI EN 300 328-1, Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro radioeléctrico (EMR); sistemas de transmisión en banda ancha; equipos de transmisión de datos que operan en la banda de 2,4 GHz ICM y utilizan técnicas de modulación de espectro ensanchado. Parte 1: características técnicas y condiciones de prueba.
- ETSI (2001b) ETSI EN 300 440-1 Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro (EMR); dispositivos de corto alcance; equipos de radio utilizados en el rango de frecuencias de 1 GHz a 40 GHz. Parte 1: características técnicas y métodos de prueba.

- ICNIRP (1998) ICNIRP-98. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz).
- IEEE (2002) IEEE Std C95.3<sup>TM</sup> – 2002. C95.3. IEEE recommended practice for measurements and computations of radio frequency electromagnetic fields with respect to human exposure to such fields, 100 KHz – 300 GHz.
- OM (1996) Orden Ministerial de 26 de marzo de 1996, sobre evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicación regulados por el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, sobre compatibilidad electromagnética, modificado por el Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre.
- OM (2002) Orden Ministerial DTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.
- OM (2003) Orden Ministerial CTE/2082/2003, de 16 de julio. CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS. Se modifica la Orden CTE/630/2002, de 14 de marzo, por la que se aprueba el CNAF.
- RD (1989) Real Decreto 138/1989, de 27 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre perturbaciones radioeléctricas e interferencias.
- RD (1993) Real Decreto 634/1993, de 3 de mayo, por el que se incorpora al ordenamiento jurídico español la directiva 90/385/CE, del Consejo, de 20 de junio de 1990, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre los productos sanitarios implantables activos; modificado, en disposición adicional 6, por el Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo.
- RD (1994) Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.
- RD (1995) Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo.
- RD (1996) Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, por el que se regulan los productos sanitarios.
- RD (2000) Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones.
- RD (2001) 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 emisiones radioeléctricas.

## REFERENCIAS EN INTERNET

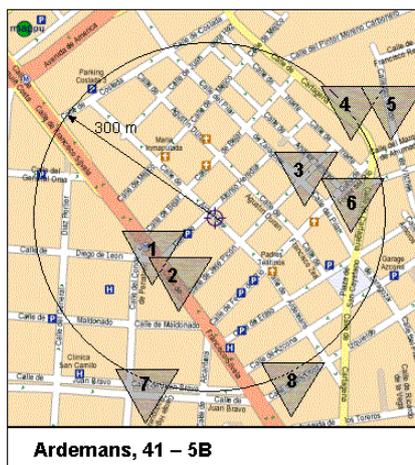
- AAMI (2004) Association for the Advancement of Medical Instrumentation.  
<http://www.aami.org>
- CENELEC (2004) European Committee for electrotechnical standardization.  
<http://www.cenelec.org>.
- COIT (2001) Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo

- inalámbrico. Regulación, políticas públicas y percepción social del impacto sobre la salud. <http://www.iies.es/teleco/emision/regulacion.html>
- FDA (2004) The FDA safety information and adverse event reporting program. <http://www.fda.gov/medwatch/>
  - MOHCA (2004) Mobile Healthcare Alliance. <http://www.mohca.org>
  - MSC (2001) Ministerio de Sanidad y Consumo. Informe del Comité de expertos independientes “Campos electromagnéticos y salud pública”, <http://www.msc.es/salud/ambiental/ondas/camposelectromag.htm>
- !!!- **Ramos (2004d) Medidas dosimetría.** <http://redtelemedicina.retics.net/medidas.html>
- SETSI (2002) Niveles de exposición. Telefonía móvil. Disponibles en la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo [http://www.setsi.mcyt.es/movil/top\\_mov.htm](http://www.setsi.mcyt.es/movil/top_mov.htm)
  - Tan, K.S.; Hinberg, I.; Wadhvani, J. (2001) “Electromagnetic Interference in Medical Devices”. <http://www.devicelink.com/mem/archive/01/09/010.html>.
  - W.H.O (1999) Organización Mundial de la Salud. World Health Organization. [http://www.who.int/inf\\_fs/en/fact183.html](http://www.who.int/inf_fs/en/fact183.html).1999



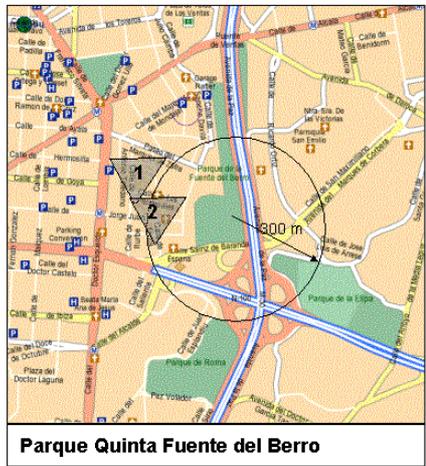
## APÉNDICE

### INSTALACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LOS DOMICILIOS, CONFORME AL RD 1066/2001

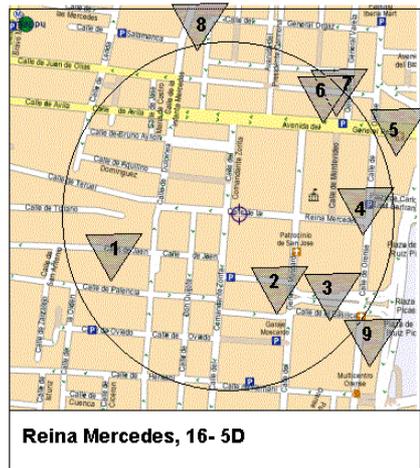


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Ardemans nº 41 – 5ºB	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	c/ Conde de Peñalver, 96
Número de visado:	PO2014398
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	c/ Francisco Silvela, 55
Número de visado:	PO2007186
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	c/ Pilar de Zaragoza, 57
Número de visado:	PO2008577
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	c/ Cartagena, 57
Número de visado:	PO2017292
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	c/ Cartagena, 62
Número de visado:	PO2006262
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	c/ Cartagena, 37
Número de visado:	PO2017293
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
Ubicación:	c/ Conde de Peñalver, 68
Número de visado:	PO2012443
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
Ubicación:	c/ Francisco Silvela, 30

Número de visado:	PO2013664
Operador:	VODAFONE

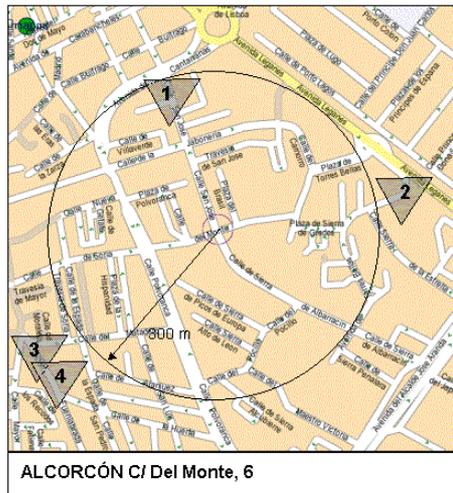


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Parque Quinta Fuente del Berro	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Jorge Juan, 120
Número de visado:	PO2006904
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Elvira, 26
Número de visado:	PO2015824
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES

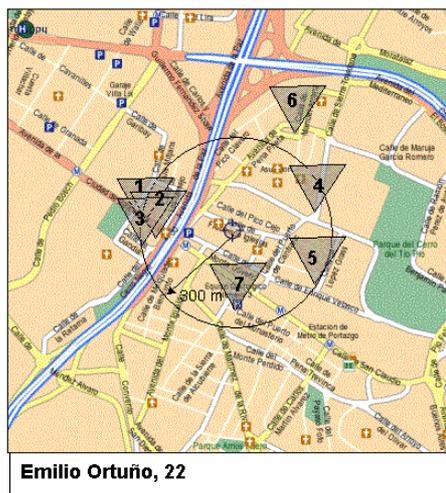


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Reina Mercedes, 16 – 5ºD	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Palencia, 37
Número de visado:	PO2021537
Operador:	AMENA

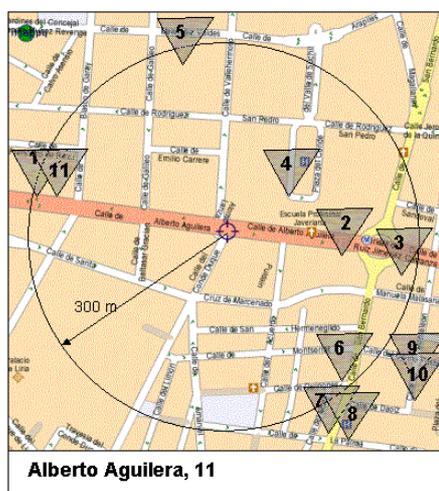




ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ del Monte, 6 (Alcorcón)	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ San José, 18
Número de visado:	PO2022114
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	Plaza Peñón, 10
Número de visado:	PO2013548
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	C/ Fuenlabrada, 6
Número de visado:	PO2025633
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Fuenlabrada, 2
Número de visado:	PO2022118
Operador:	AMENA

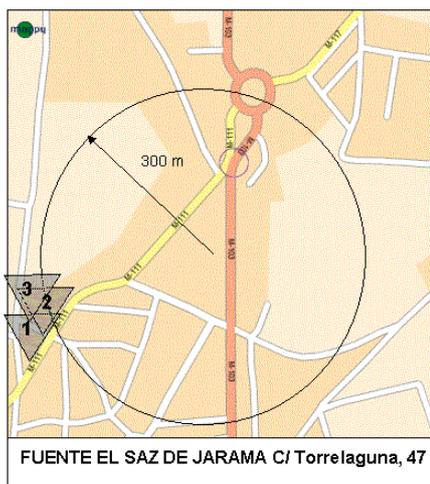


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Emilio Ortuño, 22 – 1º	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	Av. Ciudad de Barcelona, 220
Número de visado:	PO2007146
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	Av. Ciudad de Barcelona, 224
Número de visado:	PO2017320
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	Av. Ciudad de Barcelona, 224
Número de visado:	PO2007831
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Camino de Valderribas, 93
Número de visado:	PO2015816
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ López Gras, 11
Número de visado:	PO2008574
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ Sta. Marta, 23
Número de visado:	PO2010506
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
Ubicación:	C/ Puerto Pajares, 7
Número de visado:	PO2023864
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES

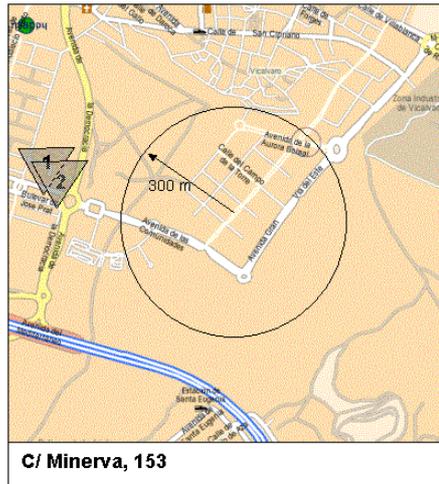


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alberto Aguilera, 11 – 1º	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 48
Número de visado:	PO2014030
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 3
Número de visado:	PO2345678
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	Gl. Ruiz Jiménez, 7
Número de visado:	PO2014014

Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	Pz. Conde del Valle Súchel, 3
Número de visado:	PO2009546
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ Meléndez Valdes, 7
Número de visado:	PO2017387
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ San Bernardo, 79
Número de visado:	PO2014412
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
Ubicación:	C/ San Bernardo, 67
Número de visado:	PO2032883
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
Ubicación:	C/ San Bernardo, 67
Número de visado:	PO202P31
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>9</b>
Ubicación:	C/ Divino Pastor, 23
Número de visado:	PO2007205
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>10</b>
Ubicación:	C/ Divino Pastor, 23
Número de visado:	PO20113509
Operador:	VODAFONE

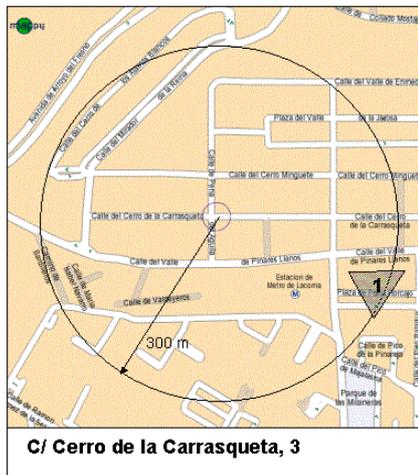


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Torrelaguna, 47 – 1ºD (Fuente el Saz del Jarama – Madrid)	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ de la Carrera, 10
Número de visado:	PO2013880
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ de la Carrera, 2
Número de visado:	PO2032774
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	C/ de la Carrera, 10
Número de visado:	PO2015786
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



**C/ Minerva, 153**

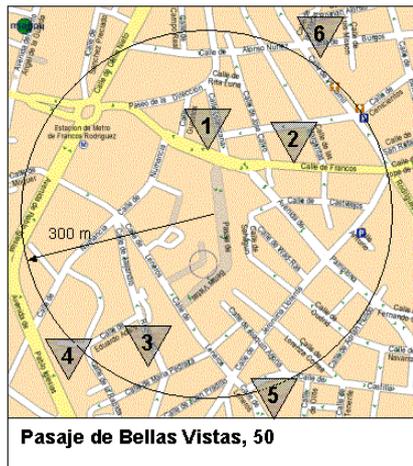
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Minerva, 153	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Bulevar José Prat, 35
Número de visado:	PO2017278
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Bulevar José Prat, 35
Número de visado:	PO2032777
Operador:	VODAFONE



**C/ Cerro de la Carrasqueta, 3**

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Cerro de la Carrasqueta, 3	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Peña Horcajo, 7
Número de visado:	PO2008941
Operador:	AMENA



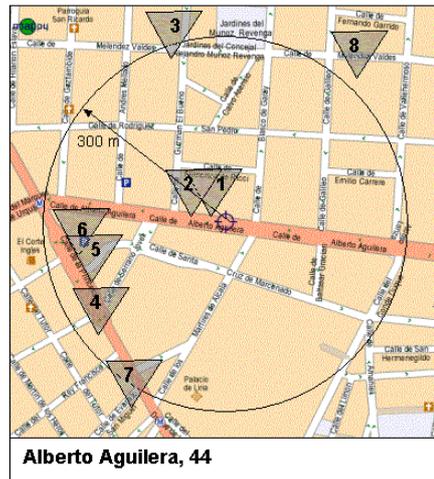


<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE Pasaje de Bellas Vistas, 50</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Francos Rodríguez, 70
Número de visado:	PO2012541
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Francos Rodríguez, 54
Número de visado:	PO2014406
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	C/ Alejandro Rodríguez, 19
Número de visado:	PO2011895
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Rábida, 19
Número de visado:	PO2006212
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ Castilla, 62
Número de visado:	PO2017016
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ Burgos, 2
Número de visado:	PO2006655
Operador:	AMENA

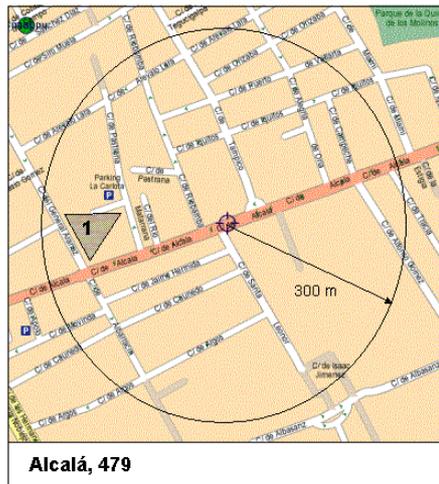




Ubicación:	C/ Bravo Murillo, 185
Número de visado:	PO2017289
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Palencia, 37
Número de visado:	PO2021537
Operador:	AMENA

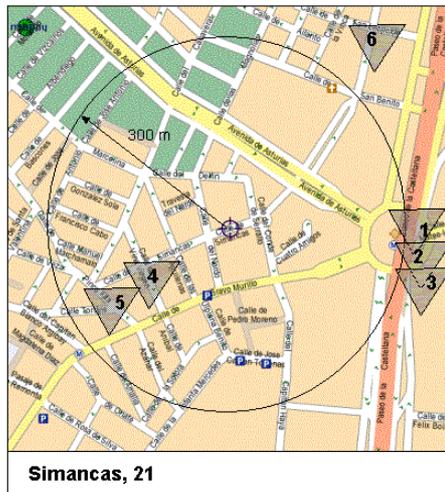


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alberto Aguilera, 44	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 48
Número de visado:	PO2014030
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 50
Número de visado:	PO2030893
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	C/ Guzmán el Bueno, 37
Número de visado:	PO2013506
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Princesa, 37
Número de visado:	PO2006237
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ Princesa
Número de visado:	PO2008519
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ Princesa, 42
Número de visado:	PO2011557
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
Ubicación:	C/ Princesa, 27
Número de visado:	PO2016258
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
Ubicación:	C/ Meléndez Valdez, 7
Número de visado:	PO2017387
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



**Alcalá, 479**

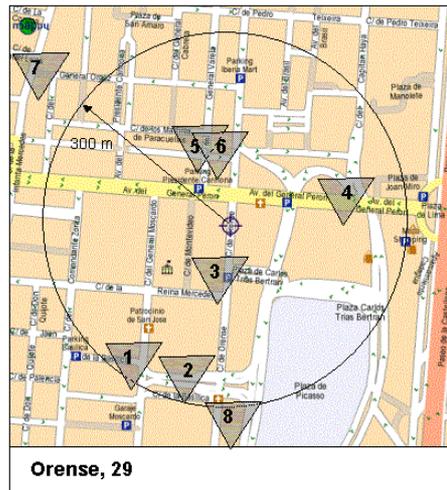
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alcalá, 479	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ General Aranzaz, 1
Número de visado:	PO2015484
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES



**Simancas, 21**

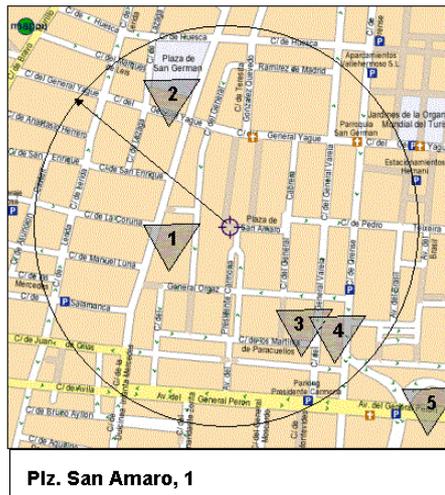
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Simancas, 21	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ General Lopez Pozas, S/N
Número de visado:	P12014825
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	Pz. De Castilla (Junto al Deposito)
Número de visado:	P02008010
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	C/ Dr. Fleming, 51
Número de visado:	P02007193

Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Bravo Murillo, 347
Número de visado:	P02021103
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ Bravo Murillo, 341
Número de visado:	P02025627
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ San Aquilino, 10
Número de visado:	P02006653
Operador:	AMENA



<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Orense, 29 – 6ºB</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ General Moscardó, 23
Número de visado:	PO2008468
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Basílica, 19
Número de visado:	PO2008940
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	Farola c/ Orense Esquina c/ Reina Mercedes (quiosco)
Número de visado:	PO2035957
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	Av. Gral. Perón. Edificio Master Telfo 1
Número de visado:	PO2015814
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ General Varela, 1
Número de visado:	PO2009507
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	C/ General Perón, 19
Número de visado:	PO211672
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
Ubicación:	C/ General Orgaz, 9
Número de visado:	PO2021583
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
Ubicación:	C/ Orense, 8
Número de visado:	PO2008534
Operador:	VODAFONE

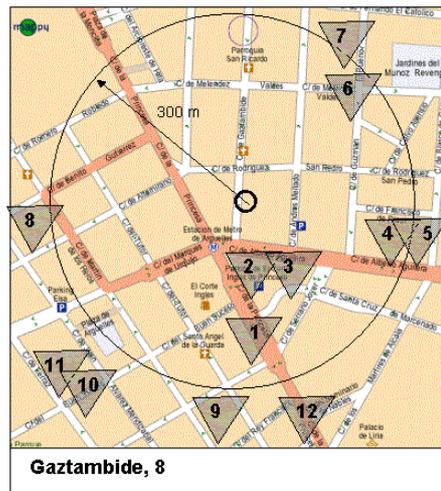




ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Plaza. San Amaro, 1	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ General Orgaz, 9
Número de visado:	P02021583
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ General Yagüe, 31
Número de visado:	P02017330
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ General Varela, 1
Número de visado:	PO2009507
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ General Perón, 19
Número de visado:	PO211672
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
<b>Ubicación:</b>	Av. Gral. Perón. Edificio Master Telfo 1
Número de visado:	PO2015814
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



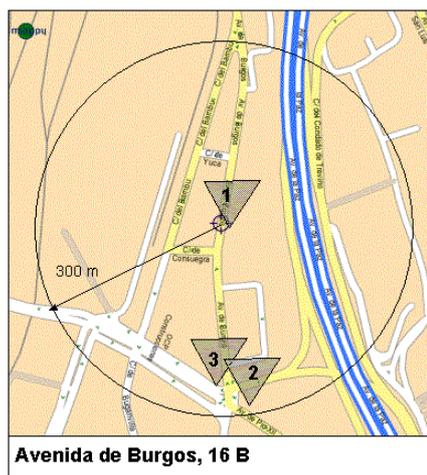
<b>Ubicación:</b>	C/ Basílica, 19
Número de visado:	PO2008940
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
Ubicación:	C/ Orense, 8
Número de visado:	PO2008534
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
Ubicación:	C/ Raimundo Fernández Villaverde, 79
Número de visado:	PO2006230
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
Ubicación:	Paseo de la Castellana
Número de visado:	PO2008544
Operador:	VODAFONE



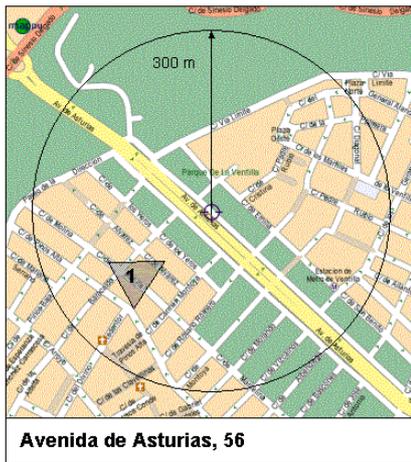
<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Gaztambide, 8</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Princesa, 42
Número de visado:	PO2011557
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Princesa
Número de visado:	PO2008519
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Princesa, 37
Número de visado:	PO2006237
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Alberto Aguilera, 48
Número de visado:	PO2014030
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Alberto Aguilera, 50
Número de visado:	PO2030893
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Guzmán el Bueno, 37
Número de visado:	PO2013506
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Guzmán el Bueno, 31
Número de visado:	PO2008503
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Juan Alvarez Mendizábal,80

Número de visado:	P02030892
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>9</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Rey Francisco, 9
Número de visado:	P02017296
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>10</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Ferraz, 33
Número de visado:	P02013504
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>11</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Ferraz, 33
Número de visado:	P02017052
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES

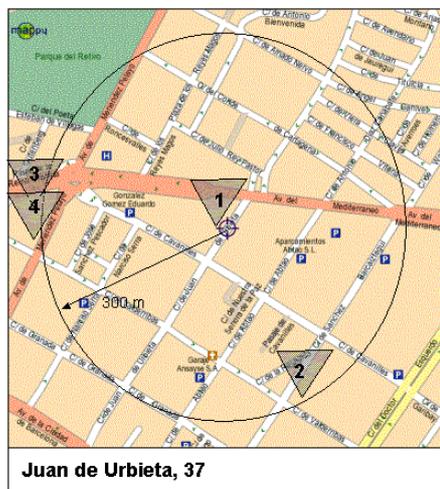
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>12</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Princesa, 27
Número de visado:	P02016258
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES



ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Avda. de Burgos, 16 B	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	Avda. Burgos, 16
Número de visado:	P02017350
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	Avda. Pio XII, 92
Número de visado:	P02032789
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
Ubicación:	Avda. De Pio XII, 94
Número de visado:	P02017267
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES

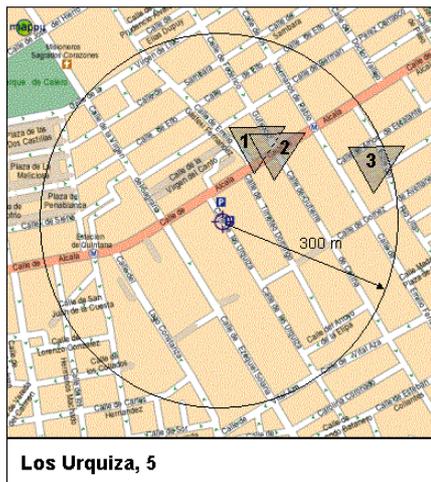


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Avda. de Asturias, 56	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Pinos Alta, 94
Número de visado:	P02036442
Operador:	VODAFONE

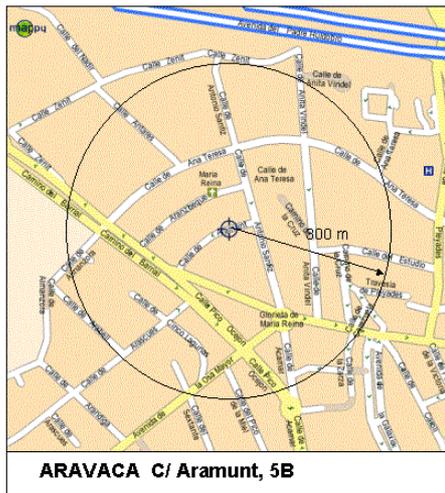


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Juan de Urbieto, 37	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
Ubicación:	C/ Juan de Urbieto, 37
Número de visado:	P02023939
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
Ubicación:	C/ Sánchez Barcaiztegui, 20
Número de visado:	P02007840
Operador:	AMENA

<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Reina Cristina, 34
Número de visado:	P02012319
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Menéndez Pelayo, 22
Número de visado:	P02032776
Operador:	VODAFONE



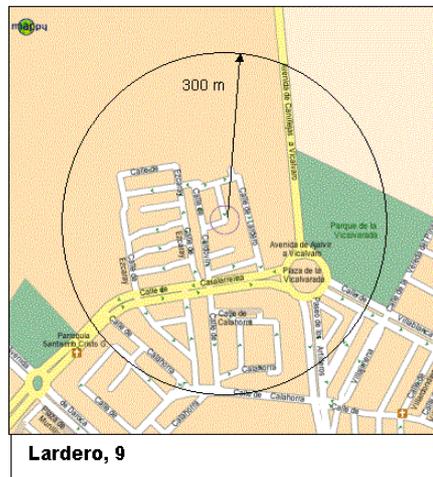
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Los Urquiza, 5	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Alcalá, 346
Número de visado:	P02009572
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Alcalá, 348
Número de visado:	P02013820
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Río Ulla, 10
Número de visado:	P02016343
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES

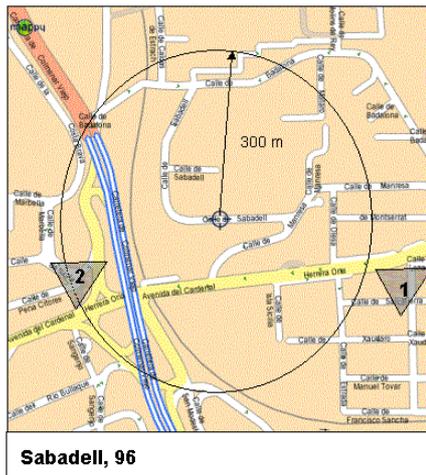


<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Cádiz, 16 – Rincón de la Victoria - Málaga</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Pz. de la Laguna, 1
<b>Número de visado:</b>	P02025922
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	Carretera Málaga-Almería Km 93
<b>Número de visado:</b>	P02025439
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	Vp. Solar junto a la cementera
<b>Número de visado:</b>	P02015188
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES

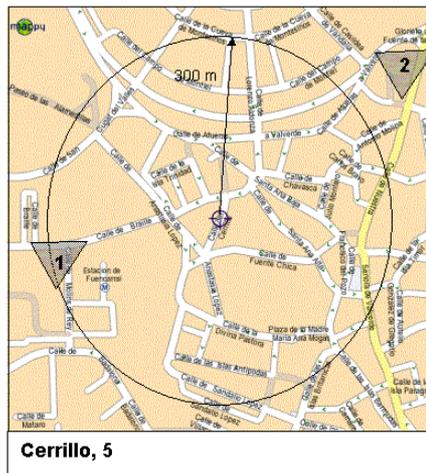


ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE Paseo de Blas Infante, 126 – Rincón de la Victoria - Málaga	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Pz. de la Laguna, 1
<b>Número de visado:</b>	P02025922
<b>Operador:</b>	VODAFONE

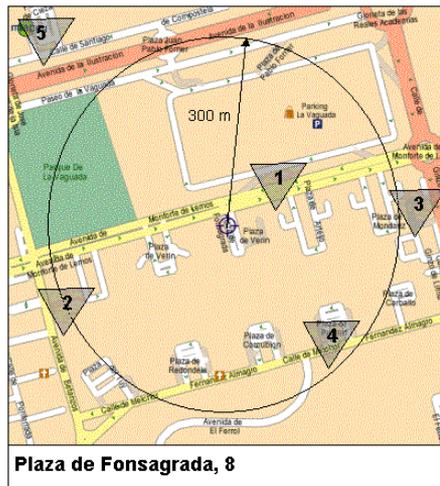




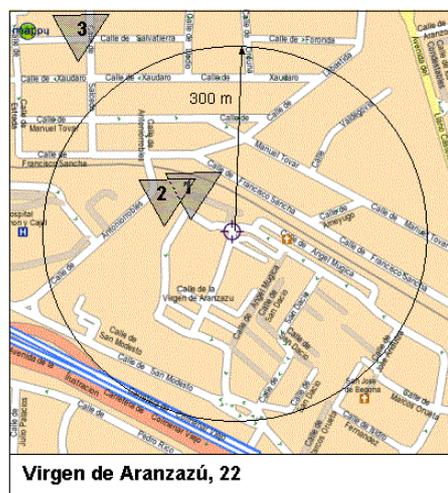
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Sabadell, 96	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Salcedo, 11
<b>Número de visado:</b>	P02006933
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	Cardenal Herrera Oria, 130
<b>Número de visado:</b>	P02015382
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES



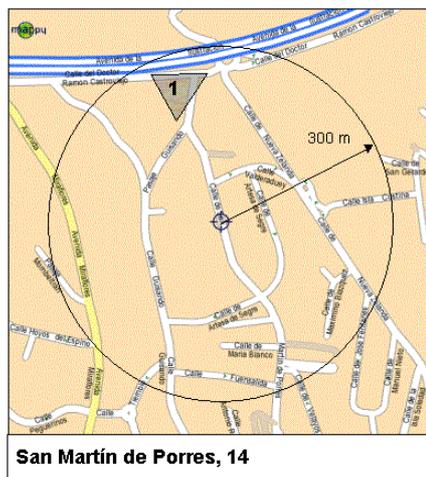
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Cerrillo, 5	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Molins del Rey, 5
<b>Número de visado:</b>	P02009552
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	Vistas a la Moraleja, 1
<b>Número de visado:</b>	P02009991
<b>Operador:</b>	AMENA



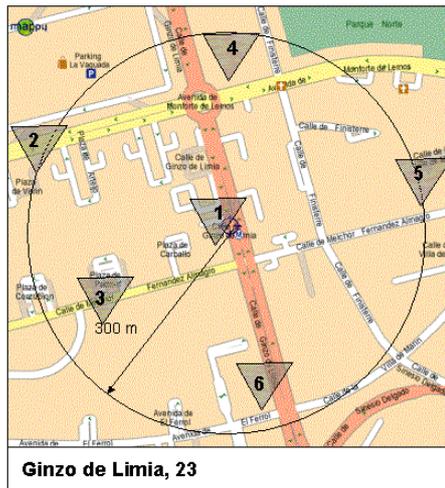
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Plaza de Fonsagrada, 8	
<b>ESTACION BASE: 1</b>	
<b>Ubicación:</b>	Monforte de Lemos, 111
<b>Número de visado:</b>	P02029216
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE: 2</b>	
<b>Ubicación:</b>	Betanzos, 54
<b>Número de visado:</b>	P02007189
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE: 3</b>	
<b>Ubicación:</b>	Ginzo de Limia, 23
<b>Número de visado:</b>	P02012118
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE: 4</b>	
<b>Ubicación:</b>	Melchor Fernández Almagro, 105
<b>Número de visado:</b>	P02017071
<b>Operador:</b>	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE: 5</b>	
<b>Ubicación:</b>	Islas de Arosa, 2
<b>Número de visado:</b>	P02007767
<b>Operador:</b>	AMENA



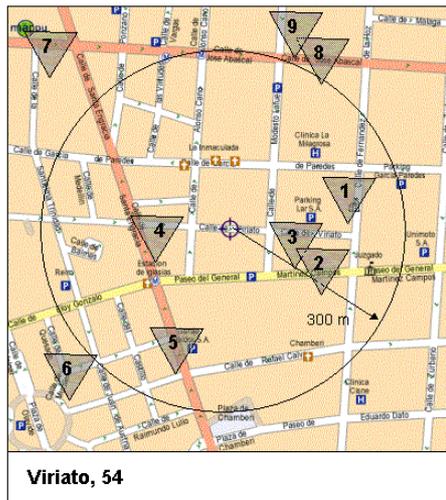
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Virgen de Aranzazu, 22	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Virgen de Aranzazu, 22
Número de visado:	P02009589
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	C/ Virgen de Aranzazu, 39
Número de visado:	P02010489
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	Salcedo, 11
Número de visado:	P02006933
Operador:	AMENA



ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ San Martín de Porres, 14	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	San Martín de Porres, 26
Número de visado:	P02009998
Operador:	AMENA



ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Ginzo de Limia, 23	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Ginzo de Limia, 23
<b>Número de visado:</b>	P02012118
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	Monforte de Lemos, 111
<b>Número de visado:</b>	P02029216
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	Melchor Fernández Almagro, 105
<b>Número de visado:</b>	P02017071
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	Monforte de Lemos s/n
<b>Número de visado:</b>	PO2015794
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
<b>Ubicación:</b>	Melchor Fernández Almagro, 16
<b>Número de visado:</b>	PO2007766
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
<b>Ubicación:</b>	Ferrol, 1
<b>Número de visado:</b>	PO2006793
<b>Operador:</b>	AMENA

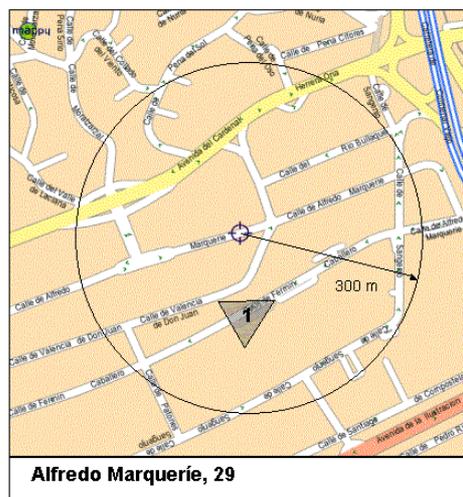


**Viriato, 54**

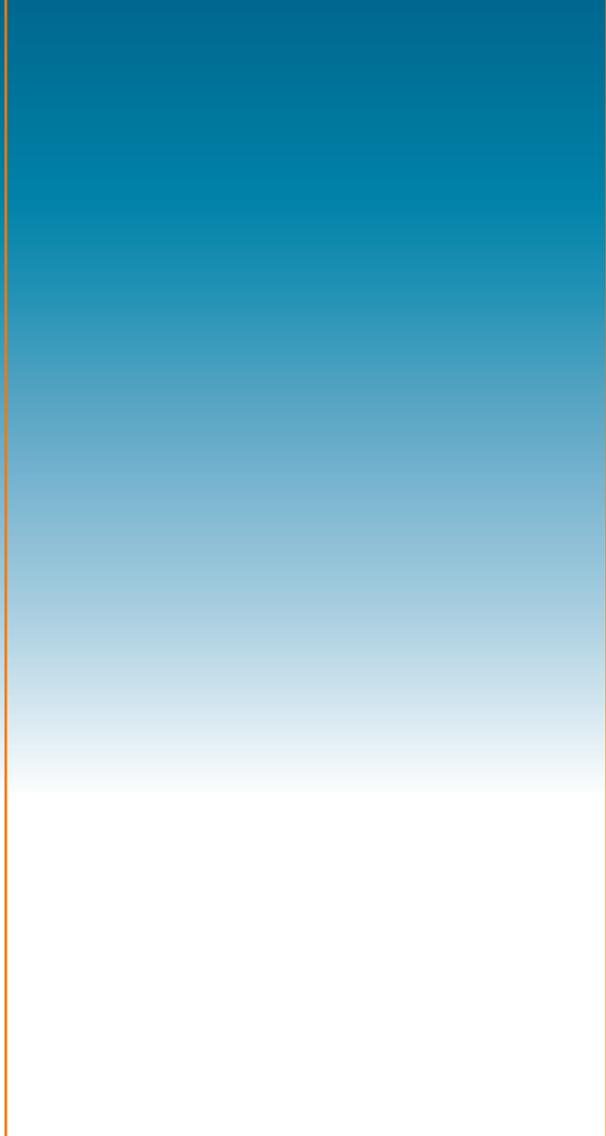
<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Viriato, 54</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Fernández de la Hoz, 33
<b>Número de visado:</b>	PO2011614
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	General Martínez Campos, 20
<b>Número de visado:</b>	PO2010517
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	General Martínez Campos, 19
<b>Número de visado:</b>	PO2017268
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	Santa Engracia, 60
<b>Número de visado:</b>	PO2009496
<b>Operador:</b>	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
<b>Ubicación:</b>	Santa Feliciana, 20
<b>Número de visado:</b>	PO2017017
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
<b>Ubicación:</b>	Plz. Olavide, 20
<b>Número de visado:</b>	PO2035953
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
<b>Ubicación:</b>	José Abascal, 8
<b>Número de visado:</b>	PO2006778
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
<b>Ubicación:</b>	José Abascal, 38
<b>Número de visado:</b>	PO2036530
<b>Operador:</b>	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>9</b>
<b>Ubicación:</b>	José Abascal, 41
<b>Número de visado:</b>	PO2023802
<b>Operador:</b>	TELEFÓNICA MÓVILES



<b>ESTACION BASE:</b>	<b>2</b>
<b>Ubicación:</b>	c/ Francisco Silvela, 55
Número de visado:	PO2007186
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>3</b>
<b>Ubicación:</b>	c/ Pilar de Zaragoza, 57
Número de visado:	PO2008577
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación:</b>	c/ Cartagena, 37
Número de visado:	PO2017293
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>5</b>
<b>Ubicación:</b>	Conde de Peñalver, 68
Número de visado:	PO2012443
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>6</b>
<b>Ubicación:</b>	Francisco Silvela, 30
Número de visado:	PO2013664
Operador:	VODAFONE
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>7</b>
<b>Ubicación:</b>	General Díaz Porlier, 59
Número de visado:	PO2032882
Operador:	AMENA
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>8</b>
<b>Ubicación:</b>	Conde de Peñalver, 64
Número de visado:	PO2017062
Operador:	TELFÓNICA MÓVILES



<b>ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alfredo Marquerie, 29</b>	
<b>ESTACION BASE:</b>	<b>1</b>
<b>Ubicación:</b>	Fermín Caballero, 19
Número de visado:	P02035972
Operador:	VODAFONE



MINISTERIO  
DE SANIDAD  
Y CONSUMO



Instituto  
de Salud  
Carlos III