UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

FACULTAD DE MEDICINA

DEPARTAMENTO DE ESPECIALIDADES MÉDICAS

COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y SEGURIDAD EN APLICACIONES DE REDES PERSONALES SIN HILOS PARA BIOTELEMETRÍA

TESIS DOCTORAL

VICTORIA RAMOS GONZÁLEZ

Directores: Dr. JOSÉ LUÍS BARDASANO RUBIO
Dr. JOSÉ LUÍS MONTEAGUDO PEÑA

2004

Facultad de Medicina
Campus Universitario
Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.600
28871 Alcalá de Henares (Madrid)
Telf. 91 885 4536 - Fax 91 885 4594 - 91 885 4544
e-mail: pilar.alonso@uah.es

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

DEPARTAMENTO DE ESPECIALIDADES MEDICAS

D. José Luis Bardasano Rubio, Profesor Titular y Director del Departamento de Especialidades Médicas de la Universidad de Alcalá

INFORMA

Que la Tesis Doctoral titulada *"Compatibilidad electromagnética y seguridad en aplicaciones de redes personales sin hilos para la biotelemetría"*, presentada por D.ª Victoria Ramos González, cumple con todos los requisitos científicos y metodológicos para ser defendida ante un Tribunal.

Alcalá de Henares, 3 de mayo de 2004

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
DPTO. DE ESPECIALIDADES MEDICAS
FACULTAD DE MEDICINA

José Luis Bardasano Rubio

Facultad de Medicina
Campus Universitario
Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.600
28871 Alcalá de Henares (Madrid)
Telf. 91 885 4536 - Fax 91 885 4594 - 91 885 4544
e-mail: pilar.alonso@uah.es

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

DEPARTAMENTO DE ESPECIALIDADES MEDICAS

D. José Luis Bardasano Rubio, Profesor Titular de la Universidad de Alcalá

INFORMA

Que la Tesis Doctoral titulada "Compatibilidad electromagnética y seguridad en aplicaciones de redes personales sin hilos para biotelemetría", presentada por Dª Victoria Ramos González, realizada bajo mi dirección, reúne los méritos de calidad y originalidad dentro del campo de la Ingeniería Biomédica y Telemedicina, así como los requisitos científicos y metodológicos para optar al grado de doctor.

Alcalá de Henares, 3 de mayo de 2004

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
DPTO. DE ESPECIALIDADES MEDICAS
FACULTAD DE MEDICINA

Dr. D. José Luis Bardasano

Ministerio de Sanidad y Consumo

Instituto de Salud Carlos III

Dirección

D. José Luis Monteagudo Peña, Jefe del Área de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información

INFORMA

Que la Tesis Doctoral titulada "Compatibilidad electromagnética y seguridad en aplicaciones de redes personales sin hilos para biotelemetría", presentada por Dª Victoria Ramos González, realizada bajo mi dirección, reúne los méritos de calidad y originalidad dentro del campo de investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones para la Salud, así como los requisitos científicos y metodológicos idóneos para optar al grado de Doctor.

Madrid, 2 de julio de 2004

MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO
INSTITUTO DE SALUD CARLOS III
Unidad de Coordinación de Informática Sanitaria
Area de Investigación en Telemedicina y
Sociedad de la Información.

Dr. D. José Luis Monteagudo Peña

Sinesio Delgado, 6
28029 Madrid
ESPAÑA

Teléfonos 91 387 78 33/34
Fax 91 387 78 32
e-mail: direccion@isciii.es

Agradecimientos

A mis directores, José Luís Monteagudo por crear las condiciones necesarias para realizar esta tesis, así como con su colaboración, apoyo y estímulo, y José Luís Bardasano por su enseñanza y apoyo prestado en el desarrollo de esta tesis.

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, así como a la Fundación Europea de Bioelectromagnetismo y Ciencias de la Salud.

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: 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. Así mismo, al Instituto de Salud Carlos III por darme acceso a la Guardería Infantil Infanta Cristina para mis hijos, que con el cariño y la profesionalidad insuperable de todas sus trabajadoras, me han proporcionado la tranquilidad necesaria.

La introducción de mi padre desde mi infancia en los campos electromagnéticos y, posteriormente, en sus aplicaciones sanitarias, el sentido crítico, las sugerencias, el cariño y la compañía de Paco y la ayuda de Irene, Paula y Marcos a organizar el tiempo y a templar mi carácter, han sido fundamentales a la hora de desarrollar este trabajo.

Reconocimiento

Los trabajos desarrollados en esta Tesis han sido soportados por el Instituto de Salud Carlos III mediante la beca BISCIII, con número de Expediente 00/0011, así como por el Proyecto AIRMED 2 en colaboración con la Fundación Vodafone, 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.

a mi familia

INDICE

RESUMEN

Esta tesis 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.

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.

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 conforme a la norma ICNIRP-98 y 56 registros en un mismo domicilio durante un largo período de tiempo. 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

SUMMARY

This Ph.D. dissertation 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.

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.

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 Radiofrecuency 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

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

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 (Pozo, 2002). 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 (Hernández, 2002). 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 (Toledo, 2003). 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 utilizaciones 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 en 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 biotelemetría 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 (AENOR, 2002c). La compatibilidad electromagnética difiere de otros aspectos de seguridad debido 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

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo

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.

2.1.2. 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 y Reig, 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, AmI) 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 (FDA, 2004) y (Silberberg, 1996).

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).

2.1.3. 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 (SETSI, 2002).

Se analizan los niveles de radiación en condiciones de campo cercano procedentes de electrodomésticos frecuentemente disponibles en los hogares. En concreto, se han obtenido los diagramas de radiación y niveles de potencia emitidos por los teléfonos inalámbricos DECT, constituidos por terminal y estación base, ya que se trata de una configuración de red inalámbrica que utiliza un transmisor-receptor de 1880 MHz, de mayor potencia que las otras configuraciones de redes inalámbricas (máximo de 250mW, 24 dBm por portadora tanto el terminal como la estación base) y por su frecuente utilización en los hogares.

2.2. LA 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, esta 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 cardiacas 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. (Toledo, 2003) 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 cardiacos 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.

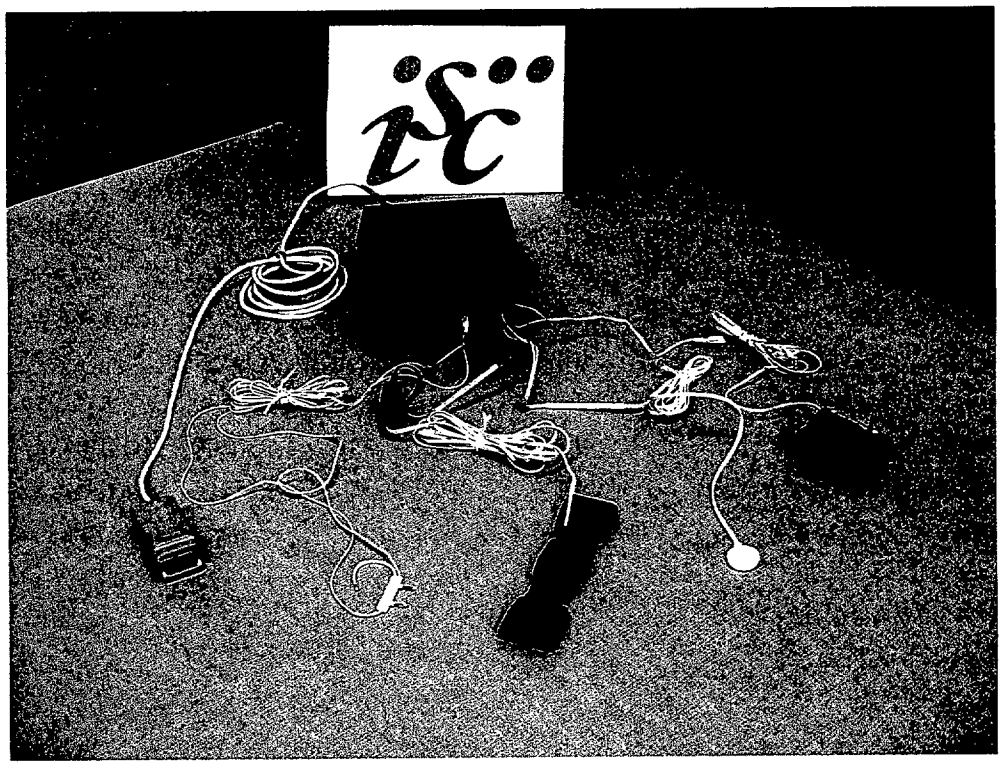


Figura 2.1. Distintos tipos de sensores

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 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.

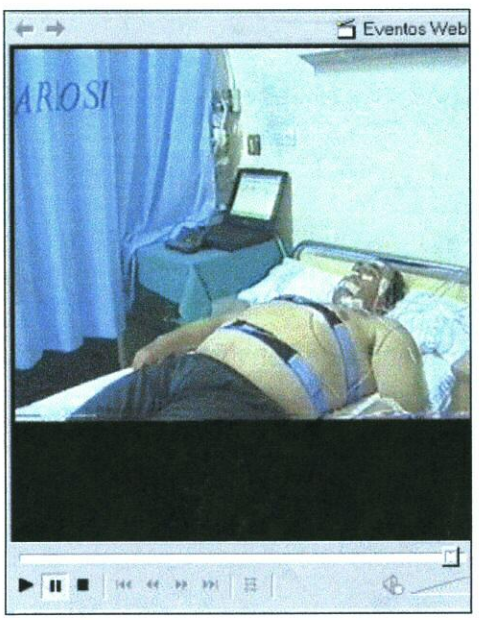


Figura 2.2. Paciente sometido a monitorización

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 (Boric-Lubecke y Lubecke, 2002).

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.

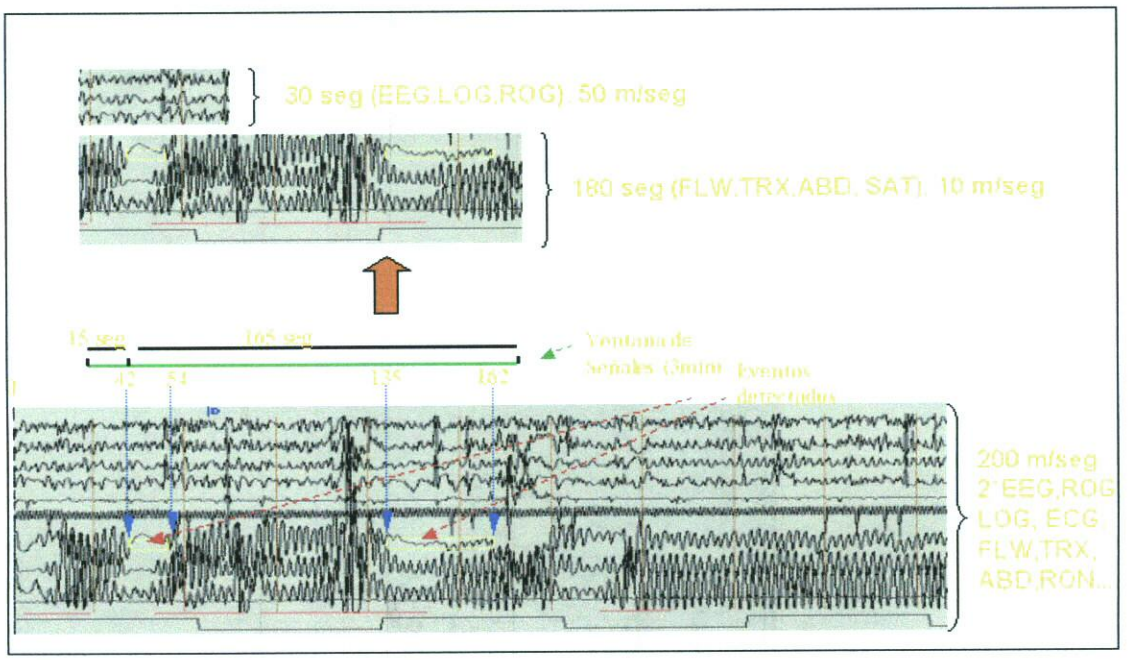


Figura 2.3. Señales procedentes de sensores

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

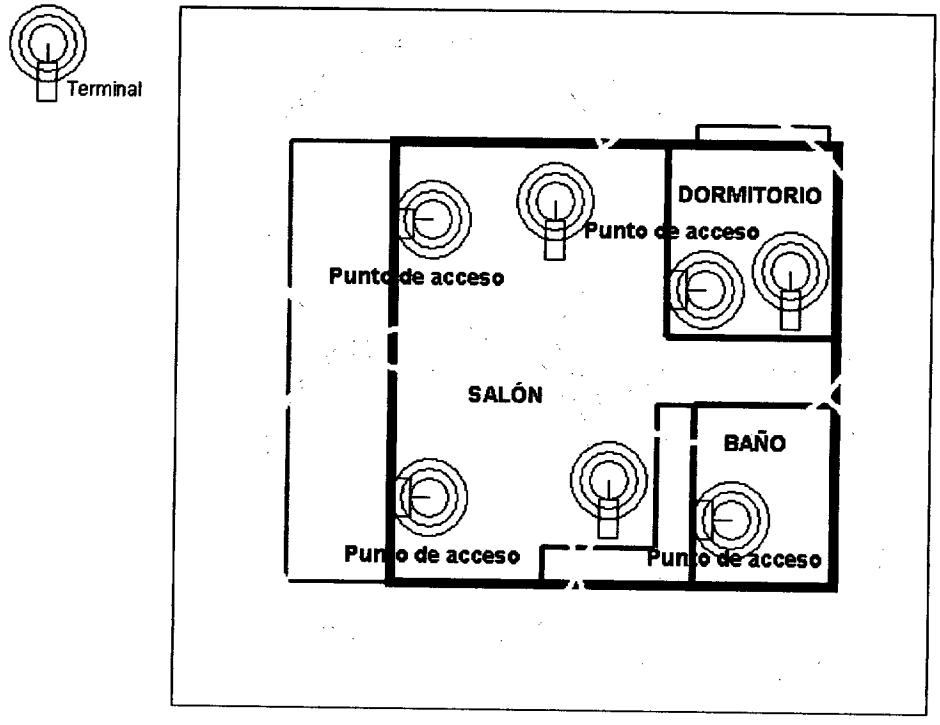


Figura 2.4. Red Local Inalámbrica

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 añada 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.

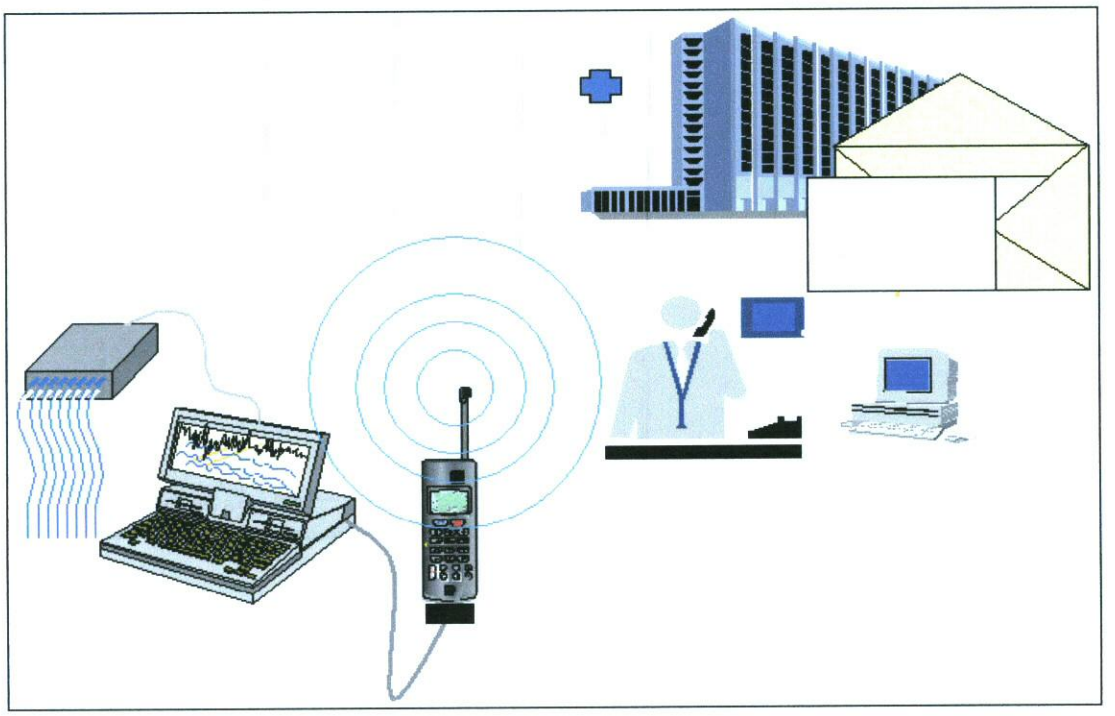


Figura 2.5. Sistema de Telemetría (García y col., 2001)

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 y 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

Las opciones de tecnologías inalámbricas disponibles y las que previsiblemente estén operativas en un futuro próximo se encuentran resumidas en el Apartado 5.1.

2.3. 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 (FDA, 2004). 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) (Tan y col, 2001).

2.3.1. 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.

2.3.2. 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 (FDA, 2004).

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

2.3.2.1. 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.

2.3.2.2. 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 electrobisturíes 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.

2.3.2.3. E.C.G. (Electrocardiograma)

Se ha estudiado la vulnerabilidad de Electrocardiógrafos frente a interferencias electromagnéticas (Tri y col, 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.

2.3.2.4. 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 y col, 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 citado norma puede no garantizar totalmente la inmunidad frente a un teléfono móvil en su proximidad emitiendo su máxima potencia.

2.3.2.5. 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 (FDA, 2004).

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.

2.3.2.6. Otros casos registrados

- Fallos en análisis hematológicos debidos al sistema de "buscas" 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.

2.4. ACTIVIDADES REGULADORAS Y NORMATIVA

El desarrollo intensivo de redes inalámbricas (WLAN) para voz y datos así como para biotelemetría, 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.

2.4.1. Normativa relativa a la exposición a campos electromagnéticos del público en general

2.4.1.1. Evolución de la normativa. Origen. Primeras normas sobre tiempo de exposición y densidad de potencia S (mW/cm^2)

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^2 con un margen de seguridad recomendado de 30 dB y una recomendación de 0,1 mW/cm^2 en la propia compañía.

b. En 1954, el General Electric Health Services de los Estados Unidos recomendó un límite superior de 1mW/cm^2 para la exposición de sus empleados a las microondas y en 1958, General Electric adoptó el límite a 10 mW/cm^2, igual que la Marina estadounidense.

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^2.

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

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

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

$$T = 6000/S^2$$

siendo:

S: densidad de potencia (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 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 Nº 67 (1981). Radiofrequency Electromagnetic Fields Properties, Quantities and Units, Biophysical Interaction and Measurements. Introduce el término SAR
- Report Nº 119 (1993). A Practical guide to the Determination of human exposure to Radiofrequency fields
- Report Nº 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 4W/Kg, con un factor de seguridad para profesionales de 10 (0,4W/Kg) y con un factor de seguridad para público general de 50 (0,08 W/Kg).

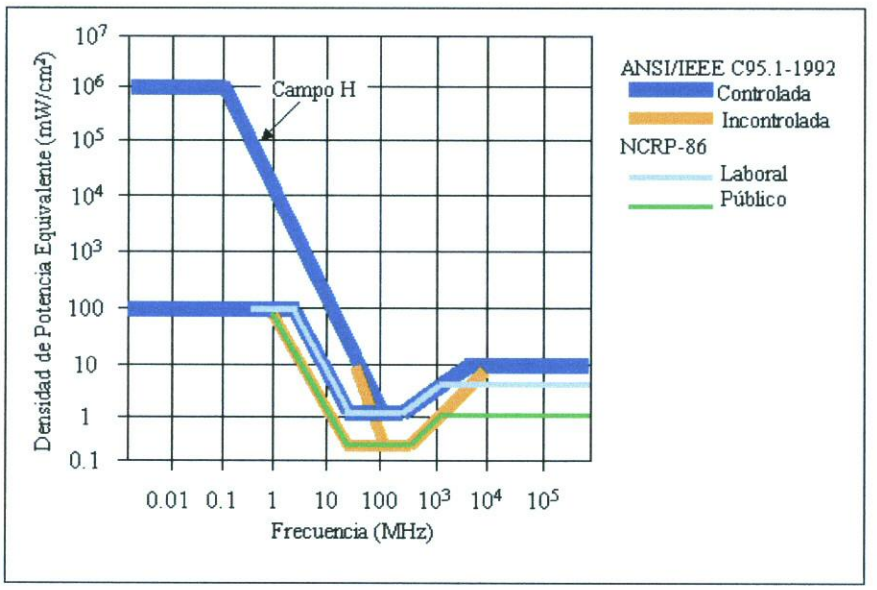


Figura 2.6. Norma NCRP comparada con los límites ANSI-92 (Kuster, 1997)

2.4.1.2. 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

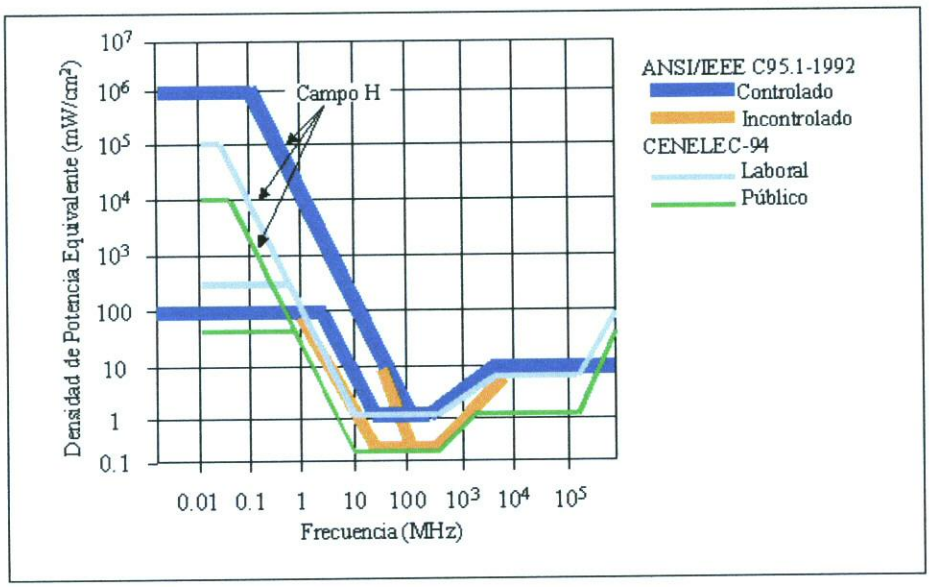


Figura 2.7. Límites de exposición de CENELEC-94 e IEEE C95.1-1992

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 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 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 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 W/Kg, con un factor de seguridad limitado a 0,4 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 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 mW/cm^2 para exposiciones de duración continua, independiente de la frecuencia.

En 1970, se creó el National Radiological Protecion 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 restrigidas 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 de los Estados Unidos

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 mW/cm^2 en vez de $1mW/cm^2$) 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.

2.4.1.3. 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, 1989) (RD, 1993), (RD, 1996)

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 el 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. Se encuentra descrita en detalle en el Apartado 8.4.2. 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 NRBP 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 a su propia legislación añadiendo ciertas modificaciones algunos de ellos. A continuación se presenta un resumen de las medidas tomadas por los diferentes países miembros de la Unión Europea. En el apartado 8.4.1. se describe en detalle la citada Recomendación.

PAIS	NORMA	OBSERVACIONES
AUSTRIA	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
BÉLGICA	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 ½ de la recomendación del ICNIRP.
DINAMARCA	Sin legislación propia	Se aplica la Recomendación ICNIRP 98
FINLANDIA	Decreto sobre control de radiaciones no-ionizantes 1306/93 Legislación en revisión	Se aplica la Recomendación IRPA/ICNIRP
FRANCIA	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
ALEMANIA	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
GRECIA	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
IRLANDA	Niveles permitidos por el ICNIRP	Acumulación de dosis por exposición a emisiones de multifrecuencia
ITALIA	Ley nº 36, de 22 de febrero de 2001	Además de límites de exposición, incorpora niveles de alerta y objetivos de calidad
LUXEMBURGO	ITM-CL 179.2 Circular Nº 1644 (ref. 26/94)	Límites más estrictos relacionados con el principio de prudencia
HOLANDA	Recomendación 1999/519/EC	Incremento de requerimientos de seguridad
PORTUGAL	Legislación en redacción	
ESPAÑA	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
SUECIA	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
REINO UNIDO	Niveles permitidos por el ICNIRP NRPB, 4(5). 1993 NRPB, 10(2), 5-59, 1999 NRPB-R301	Consideraciones sobre compatibilidad electromagnética
ESTONIA	Regulación en vigor el 1 de mayo de 2002	Armonizada con Recomendación 1999/519/EC
LETONIA	LVS ENV 50166-2:1995	En proceso de implantación de la Recomendación 1999/519/EC
MALTA	Niveles permitidos por el ICNIRP	Incluye niveles ambientales o

PAIS	NORMA	OBSERVACIONES
		"electro-smog"
POLONIA	Ley de 27-7-2001	Restricciones similares a la Recomendación 1999/519/EC con valores ligeramente diferentes
RUMANÍA	Recomendación 1999/519/EC	
ENV 50166	Comprobaciones de acuerdo con la norma CIII/833/1985	
ESLOVAKIA	Recomendación 1999/519/EC	Diferentes rangos de frecuencias
ESLOVENIA	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"
REPÚBLICA CHECA	Decreto Gubernamental Nº 480/2000	Sigue la directiva ICNIRP de 1998
LITUANIA	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"
SUIZA	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 Commissión 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. En el Apartado 8.4.2. se encuentra descrita en detalle.

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

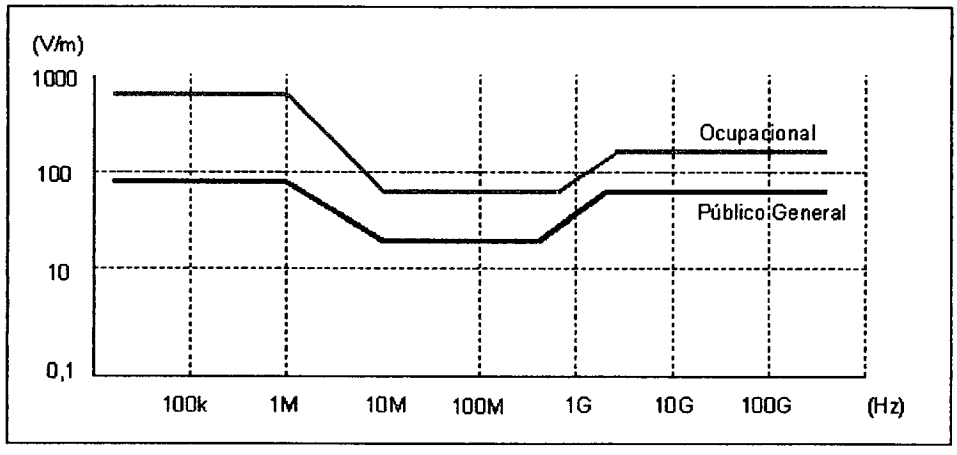


Figura 2.8. Límites de la intensidad de campo eléctrico para áreas accesibles al público en general y para zonas de exposición ocupacional

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).

2.4.2. 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.

2.4.2.1. 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, 2001a).

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.

2.4.2.2. 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, 2001b)

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

Clase de receptor	Prestaciones del receptor. Riesgo asociado
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.

2.4.2.3. 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.

2.4.2.4. 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.

Descripciones detalladas de la norma y de las pruebas de verificación, están desarrolladas en el Apartado 5.2.

2.4.2.5. Tabla Resumen

TABLA 2.2.
NORMAS ETSI

Norma	Título	Objeto
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 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
ETS 300 440	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
ETS 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	Emisión de espúreos: definición de los límites específicos y de inmunidad entre 9 KHz y 300 GHz
ETS 300 175	Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT) Interfaz común	Capa física y de control de acceso al medio. Pruebas de verificación

2.4.3. 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.

2.4.3.1. 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), (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 anticolisión, ICM.

TABLA 2.3.
BANDAS DE FRECUENCIAS PARA ICM

Frecuencia central (MHz)	Rango de frecuencias (MHz)	Límite máximo de radiación
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.

2.4.3.2. 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 de esta sección 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.

2.4.3.3. 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 espureas 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

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

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 $\lambda/2\pi$)

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.

2.4.3.4. 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 2.4. siguiente

TABLA 2.4.
CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Clase de equipo SRD	Resultado del comportamiento demasiado pobre
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 2.5. 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 2.5.
CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO

Equipo SRD de clase 1		
Criterios	**Durante los ensayos**	**Después de los ensayos**
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
Equipo SRD de clase 2		
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

Equipo SRD de clase 3		
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

Clase	Aplicaciones para Telemando / telecontrol
3	Telecontrol por radiofrecuencia de televisiones, sonido, etc
3	Control de niños
Aplicaciones de Telemedida	
1	Identificación de personas
2	Telemedida en interiores
1	Telemedida en vehículos
Aplicaciones para alarmas	
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
Aplicaciones de otros usos	
2	Terminales de vídeo sin hilos
2	Redes locales sin hilos
2	Transmisión de sonido e imágenes en interiores
1	Telemedicina

2.4.3.5. 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.

2.4.3.6. 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.

2.4.3.7. 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, 2001e)

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.

2.4.3.8. 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). Una breve presentación de esta norma se encuentra en el apartado 2.3.1. y en el Apartado 8.3.6. se encuentra detallada.
- Recomendación de Consejo 1999/519/EC, de 12 de julio de 19999, 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 8.4.2.
- 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.

2.4.3.9. 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.

Límites de las perturbaciones radiadas para una distancia de medida de 10 m para los E.T.I. de Clase B	
Banda de frecuencias (MHz)	**Límites cuasipico dB (μV/m)**
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.

2.4.3.10. Tabla resumen

TABLA 2.6.
NORMAS AENOR

Norma	Título	Objeto
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

2.4.4. Normativa relativa a productos sanitarios

Los sistemas de biotelemetría 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 construidos 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.

2.4.4.1. 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 ***P:*** máxima potencia de salida asignada del transmisor (W) conforme al fabricante del transmisor y ***d:*** distancia de separación recomendada (m)[a] Las intensidades del campo desde el transmisor fijo de RF, según se determina por un estudio electromagnético del lugar[b], 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. 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.			
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 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.			

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 ***P:*** máxima potencia de salida asignada del transmisor (W) conforme al fabricante del transmisor y ***d***: distancia de separación recomendada (m)[a] Las intensidades del campo desde el transmisor fijo de RF, según se determina por un estudio electromagnético del lugar[b], 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 2.7. se presentan los distintos entornos electromagnéticos y sus características

TABLA 2.7.
ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS

Entorno	Localizaciones	Características generales
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

2.4.4.2. 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.

2.4.4.3. Tabla resumen

TABLA 2.8.
NORMAS RELATIVAS A PRODUCTOS SANITARIOS

Norma	Título	Objeto
Real Decreto 1950/1995	Reglamente 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

2.4.5. Disposiciones internacionales sobre biotelemetría

Las disposiciones relativas a biotelemetría 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 Meted 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 teles 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.

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 μV/m a 3m (equivalente a una PIRE de 0,7 μW), 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 biotelemetría 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

2.4.6. Normativa sobre seguridad y emisiones radioeléctricas de algunos electrodomésticos

2.4.6.1. 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 Absortion 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.

2.4.6.2. 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: $H \leq 200$ nT, medidos a 30 cm en el frente del monitor y a 50 cm alrededor del mismo
- Banda II: 2 KHz a 400 KHz: $H \leq 25$ nT, medidos a 50 cm alrededor del mismo

2.4.7. 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

CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.1.1. 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.

3.1.2. 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.

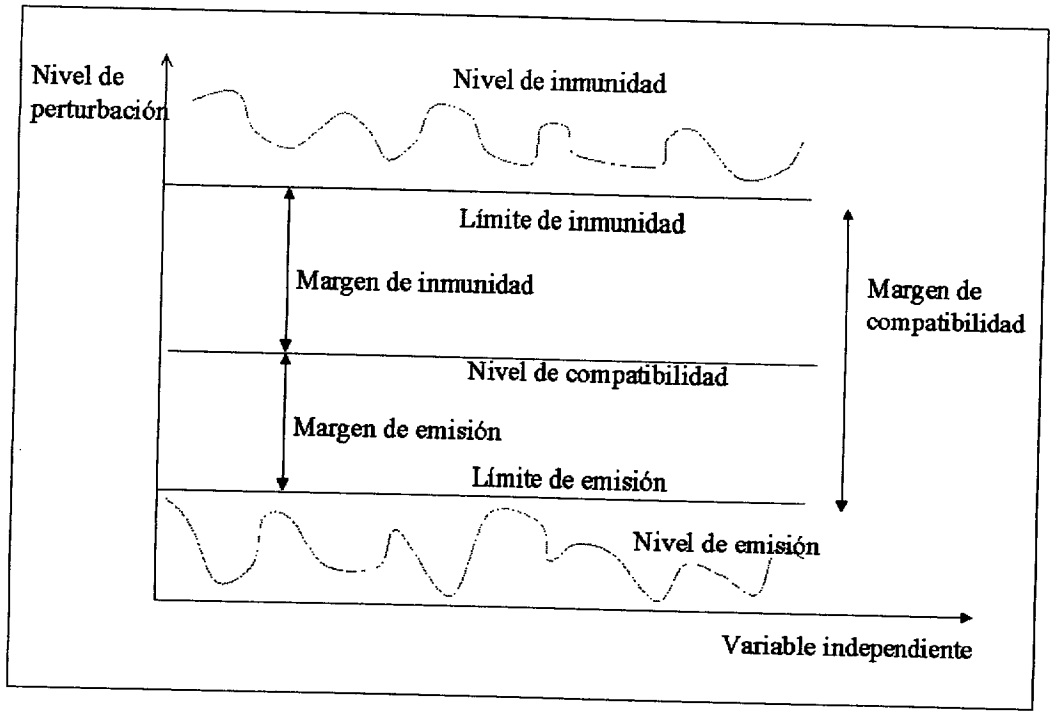


Figura 3.1. Niveles de emisión e inmunidad

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.

3.1.3. 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 Absortion 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.

3.1.4. 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

3.2. 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.

Una descripción sobre medidas selectivas en frecuencia con analizador de espectro y antena directiva se encuentra en el Apartado 8.5.

3.2.1. 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.

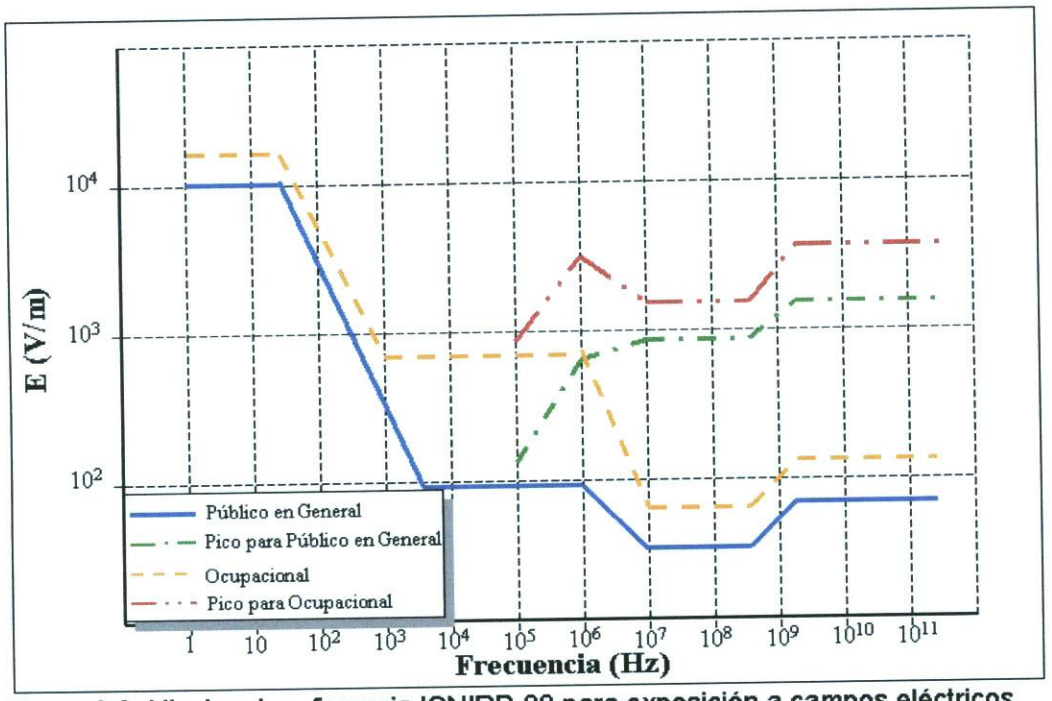


Figura 3.3. Niveles de referencia ICNIRP-98 para exposición a campos eléctricos variables en el tiempo

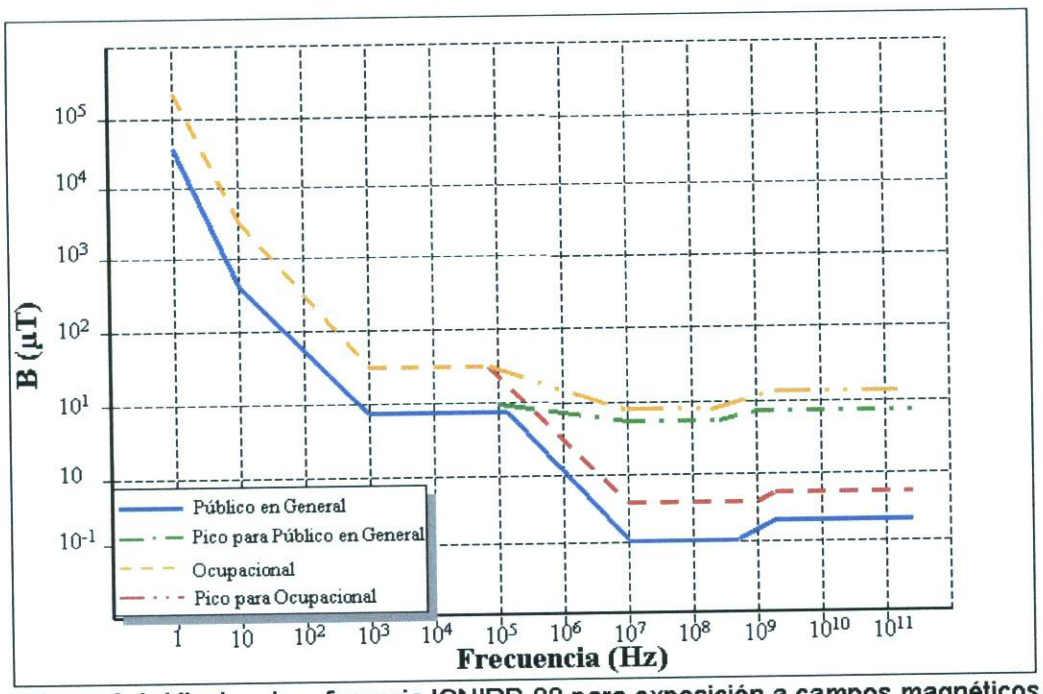


Figura 3.4. Niveles de referencia ICNIRP-98 para exposición a campos magnéticos variables en el tiempo

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.

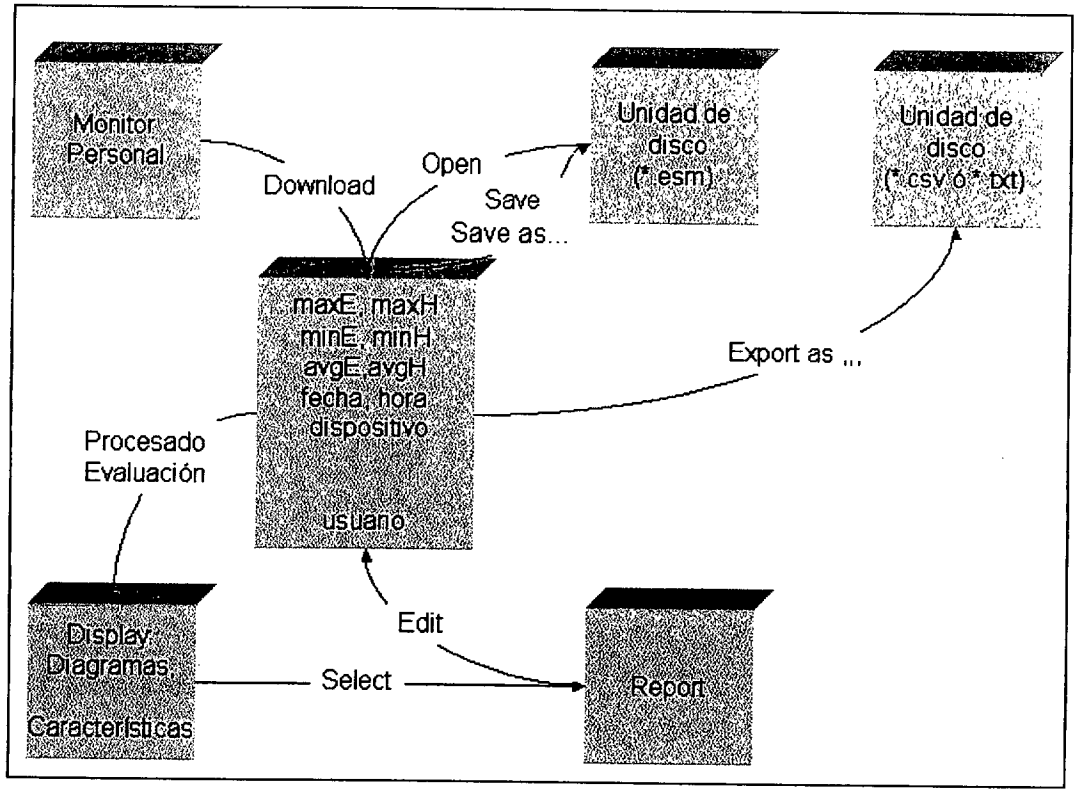


Figura 3.5. Diagrama de flujo de datos del monitor Rad-Man XT (Narda, 2002)

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.

3.3. 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.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS A REALIZAR

3.4.1. 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 ($\mu W/cm^2$), 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 (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.

En el Apartado 4.1.1. se presentan los mapas de las localizaciones con los resultados de los niveles de campo obtenidos más significativos. En el Apartado 4.1.2. se presentan los diferentes tipos de gráficas con los niveles de campo en la C/ Ardemans, 41 junto con una representación del espectro electromagnético existente. En el Apartado 4.3. se presentan 4 mapas con las localizaciones de los domicilios. En el Apéndice 8.6. se presenta la dirección de cada estación radioeléctrica, su número de visado y su operador.

3.4.2. 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

REGISTRO	LOCALIZACIÓN	FECHAS	DISPOSITIVOS
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. moviles
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.

TABLA 3.1.
DOMICILIOS DE MEDIDAS

REGISTRO	LOCALIZACIÓN	FECHAS	DISPOSITIVOS
			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
S21	Simancas, 21	25 – 28 diciembre - 2003	TV, teléf móvil, horno microondas, PC
O29	Orense, 29-6	4 - 8 enero – 2004	TV, teléf. Móvil, Pc portátil, horno microondas
CB43	Cea Bermúdez, 43-4	10 - 13 enero - 2004	TV, Teléf móvil, PC
A479	Alcalá, 479	9 - 12 enero - 2004	TV, teléf.móvil, PC portátil, horno microondas
GA3	General Ampudia, 3	13 - 16 enero - 2004	TV, teléf. móvil, horno microondas, PC
FP11	Fernando Poo, 11	22 – 26 enero - 2004	TV, teléf.móvil, PC portátil, horno microondas
SA1	Plaza de S. Amaro, 1	29 - 2 febrero - 2004	TV, PC con teclado y ratón inalámbrico, teléf.móvil, horno microondas
M8	Mesena, 8	3 - 6 febrero - 2004	TV, teléf.móvil, horno microondas
G8	Gaztambide, 8	7 - 9 febrero - 2004	TV, teléf.móvil, horno microondas, PC
H73	Hernani, 73-2	13 - 16 febrero - 2004	TV, teléf.móvil, PC portátil, horno microondas
LR1	La Raya, 1	17 - 19 febrero - 2004	TV, teléf.móvil, PC con ratón y teclado inalámbrico, WLAN
B16B	Avda.Burgos, 16B	23 - 26 febrero - 2004	TV, teléf.móvil, PC,
A56	Avda.Asturias, 56	5 - 9 marzo - 2004	TV, teléf móvil
JU37	Juan Urbieta, 37-6	6 - 9 marzo - 2004	TV, teléf.móvil, horno microondas
LU5	Los Urquiza, 5	21 - 24 marzo - 2004	TV, teléf.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

TABLA 3.1.
DOMICILIOS DE MEDIDAS

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

3.4.3. 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.

DISPOSITIVOS
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

En concreto, se han obtenido los diagramas de radiación y niveles de potencia emitidos por los teléfonos inalámbricos DECT, presentados en el Apartado 5.2.

RESULTADOS

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. 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 encuentran disponibles en la base de datos alojada en la dirección de Internet siguiente: http://telemedicina.retics.net/medidas.html (Ramos, 2004d) y en el Apéndice 8.7. contenido en el CD-ROM adjunto, clasificados 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.

4.1.1. 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 en el apartado 3.4.2. 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.

Todos los resultados obtenidos en los distintos domicilios se encuentran disponibles en la base de datos alojada en la dirección de Internet siguiente: http://telemedicina.retics.net/medidas.html (Ramos, 2004d), y en el Apéndice 8.7. en el apartado Domicilios, con los siguientes ficheros:

- Gráficas medidas
- Gráficas medidas s-p
- Domicilios E
- Domicilios H

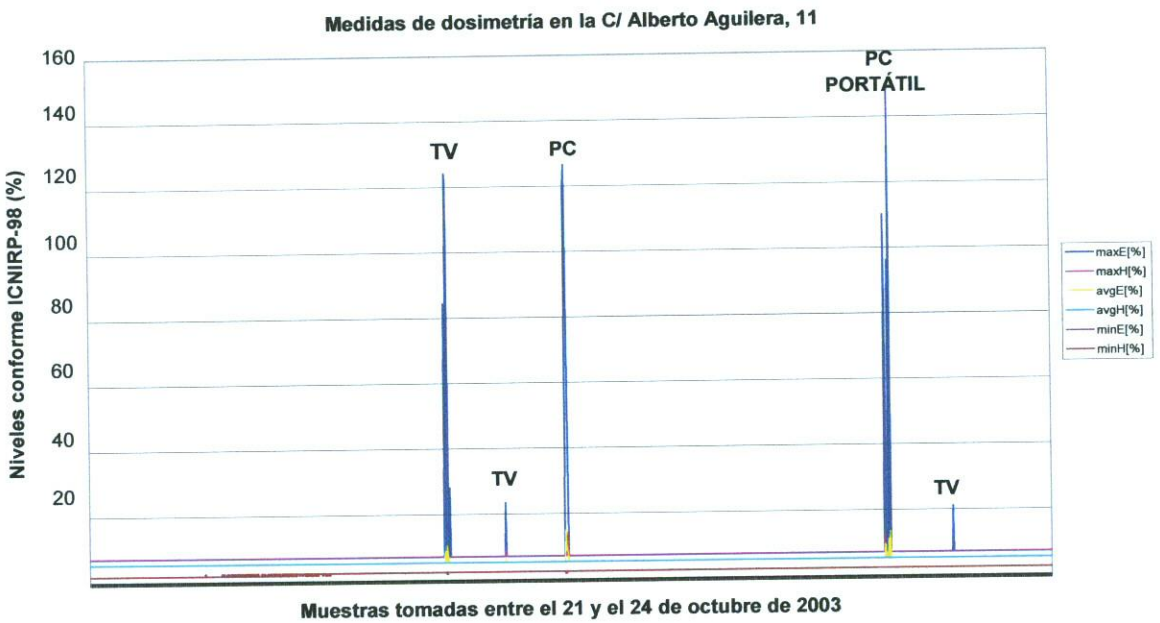
El fichero denominado "Gráficas medidas" contiene los datos obtenidos directamente del dosímetro. El fichero denominado "Gráficas medidas s-p" contiene los mismos datos obtenidos sin los picos o ráfagas correspondientes a niveles en campo cercano. Los ficheros denominados "Domicilios E" y "Domicilios H" contienen los datos de campos E y H con las líneas de Average ± e(95%).

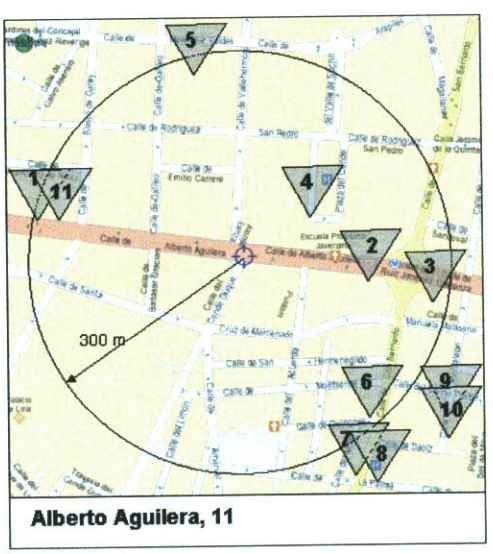
En los registros en los que aparecieron valores de pico o ráfagas correspondientes a porcentajes sobre la norma superiores al 10 %, se ha analizado el origen de estos valores llegando a la conclusión de que todos ellos proceden de fuentes emisoras en condiciones de campo cercano. Por lo tanto, para el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

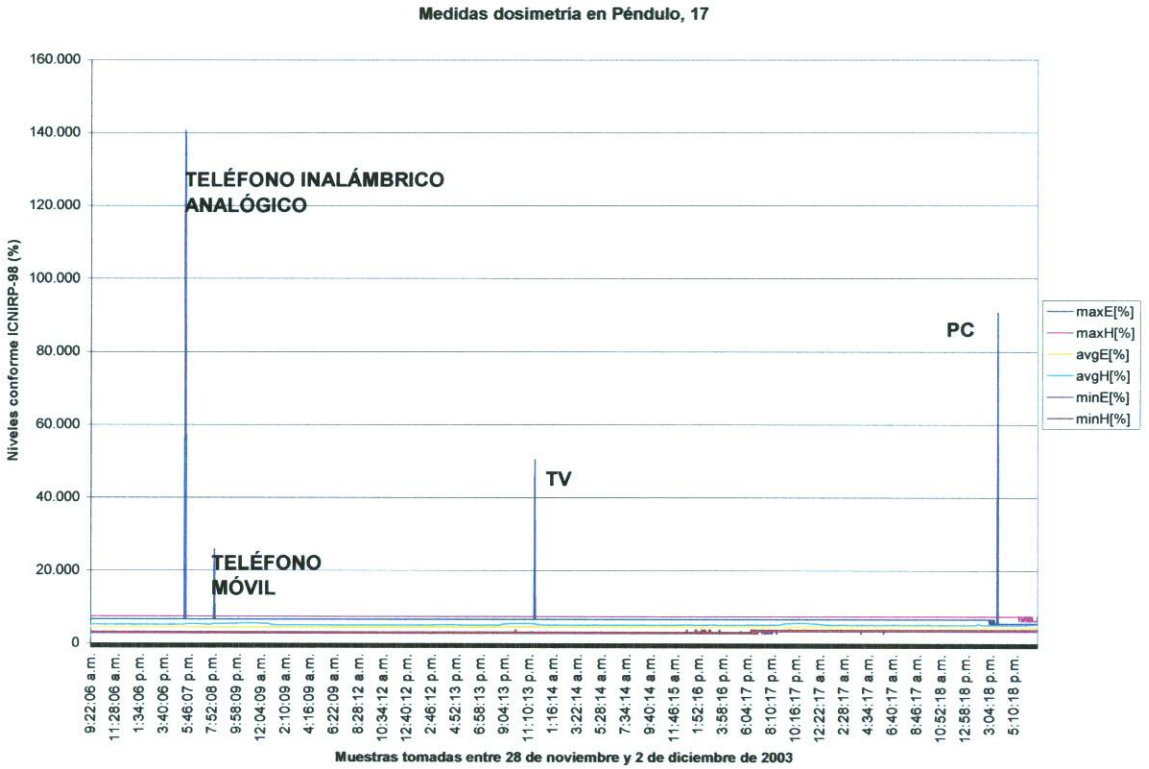
Las representaciones con niveles o ráfagas de valores significativos han sido 14 (un 30,5 % de los domicilios) y son del tipo siguiente en las que se ha identificado la fuente.

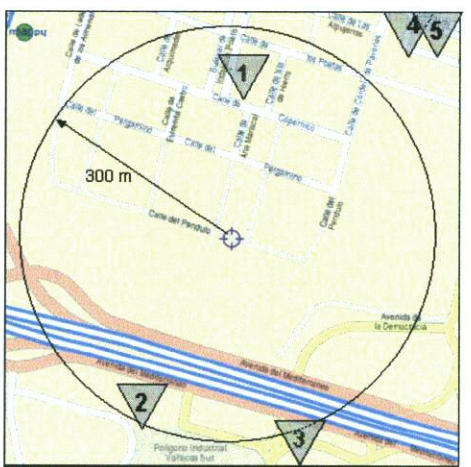
También se incluye el mapa de la localización de estaciones Base de telefonía móvil en un radio de 300 m.

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





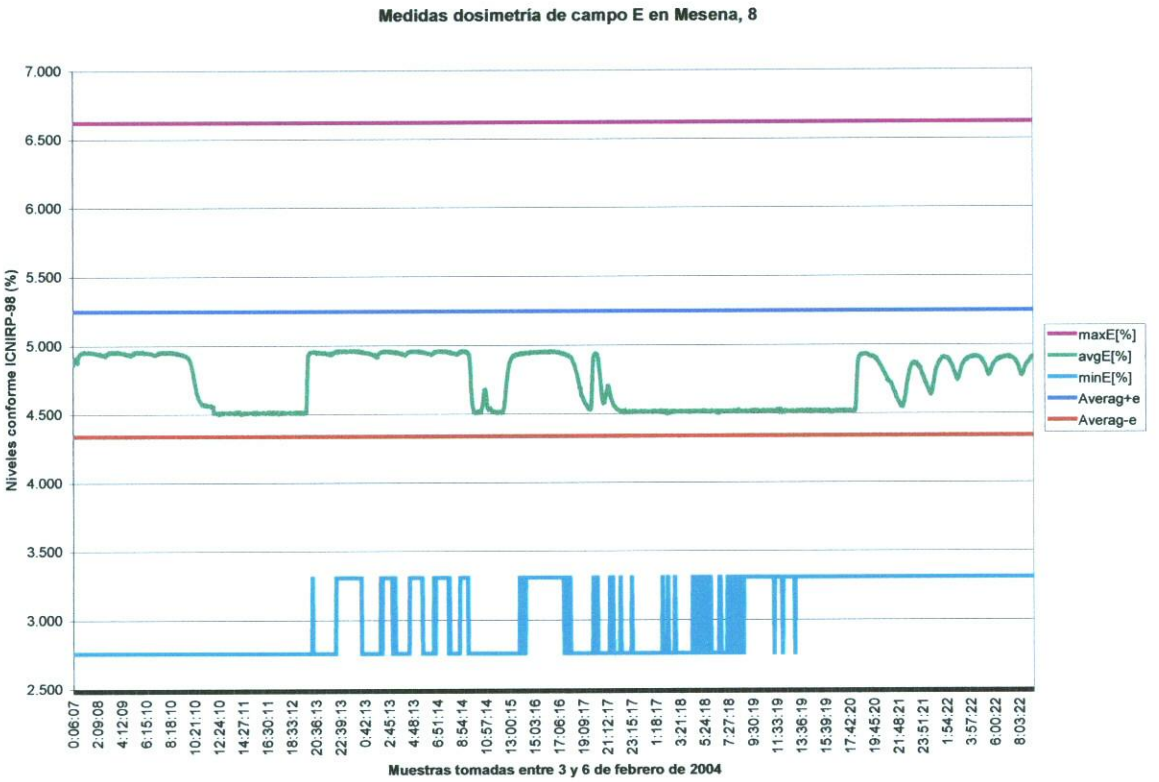


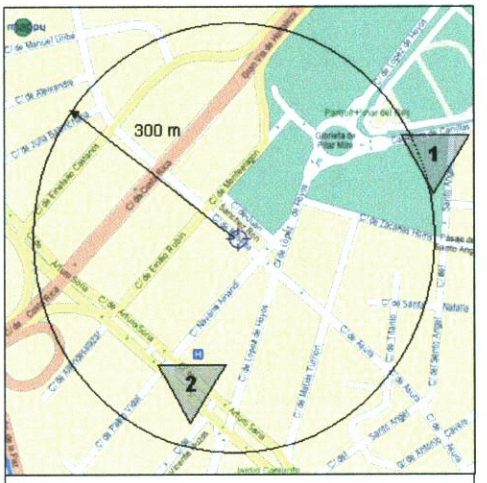


Péndulo, 17

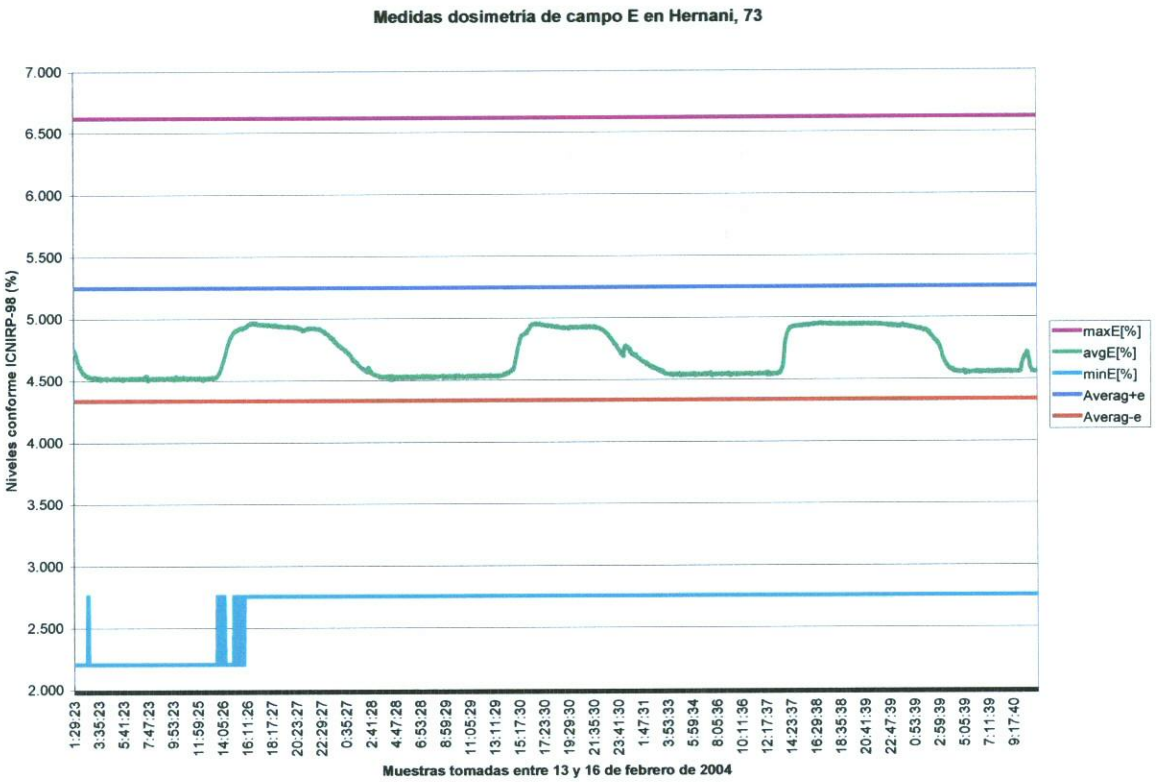
Tras la eliminación de los niveles correspondientes a situación de campo cercano, se han separado las curvas de campo E y de campo H y se han representado las líneas que determinan el intervalo de confianza del 95 %. En 27 curvas de campo E (el 58,7 % de los domicilios), el valor medio de E (expresado en %) fluctúa entre dos valores

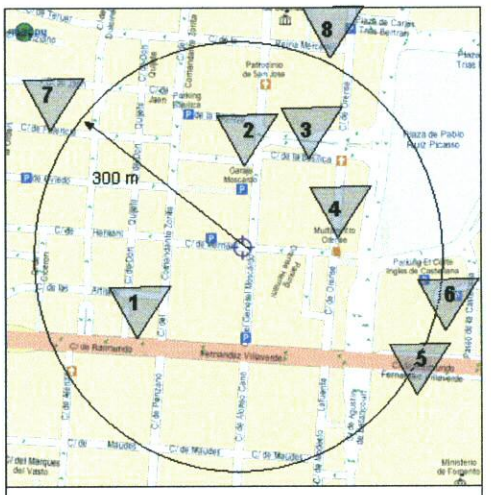
alrededor de la media dentro del intervalo de confianza. Se presentan a continuación algunos ejemplos.



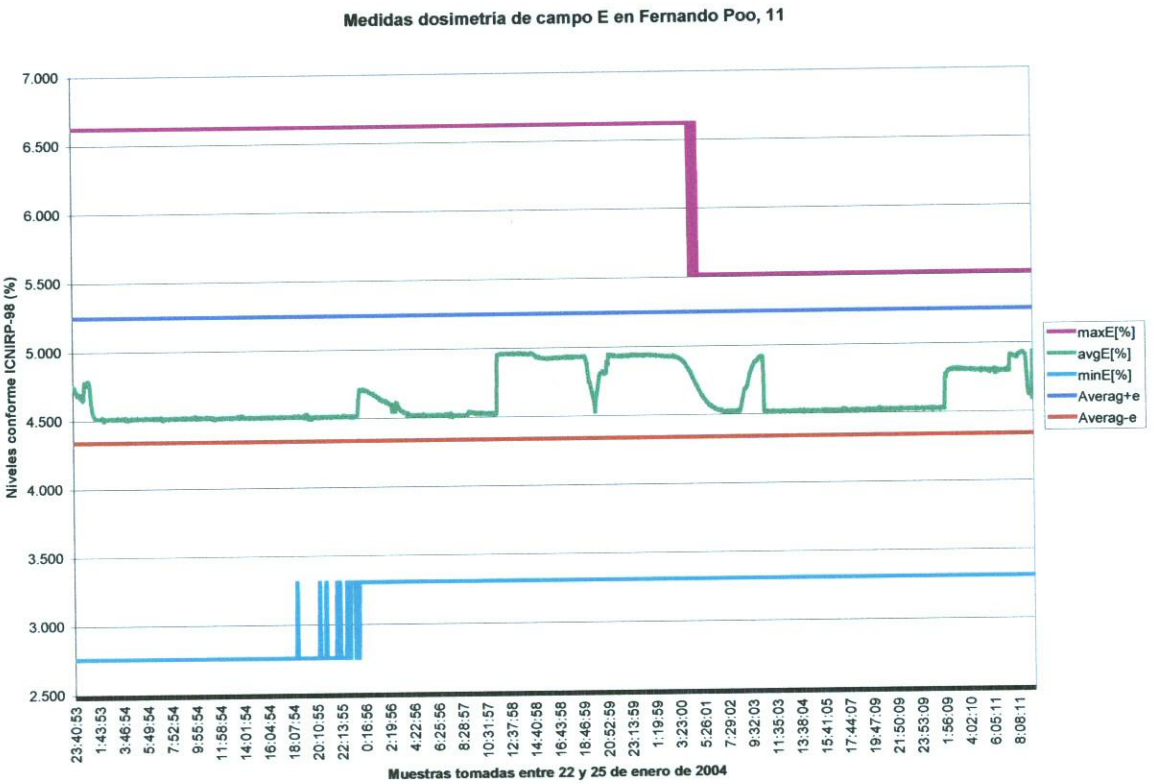


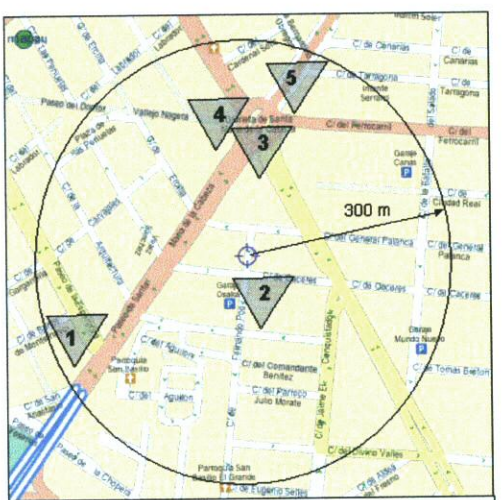
Mesena, 8


Medidas dosimetria de campo E en Hernani, 73
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
2.500
2.000
1:29:23
3:35:23
5:41:23
7:47:23
9:53:23
11:59:25
14:05:26
16:11:26
18:17:27
20:23:27
22:29:27
0:35:27
2:41:28
4:47:28
6:53:28
8:59:29
11:05:29
13:11:29
15:17:30
17:23:30
19:29:30
21:35:30
23:41:30
1:47:31
3:53:33
5:59:34
8:05:36
10:11:36
12:17:37
14:23:37
16:29:38
18:35:38
20:41:39
22:47:39
0:53:39
2:59:39
5:05:39
7:11:39
9:17:40
Muestras tomadas entre 13 y 16 de febrero de 2004
maxE[%]
avgE[%]
minE[%]
Averag+e
Averag-e


300 m
1
2
3
4
5
6
7
8

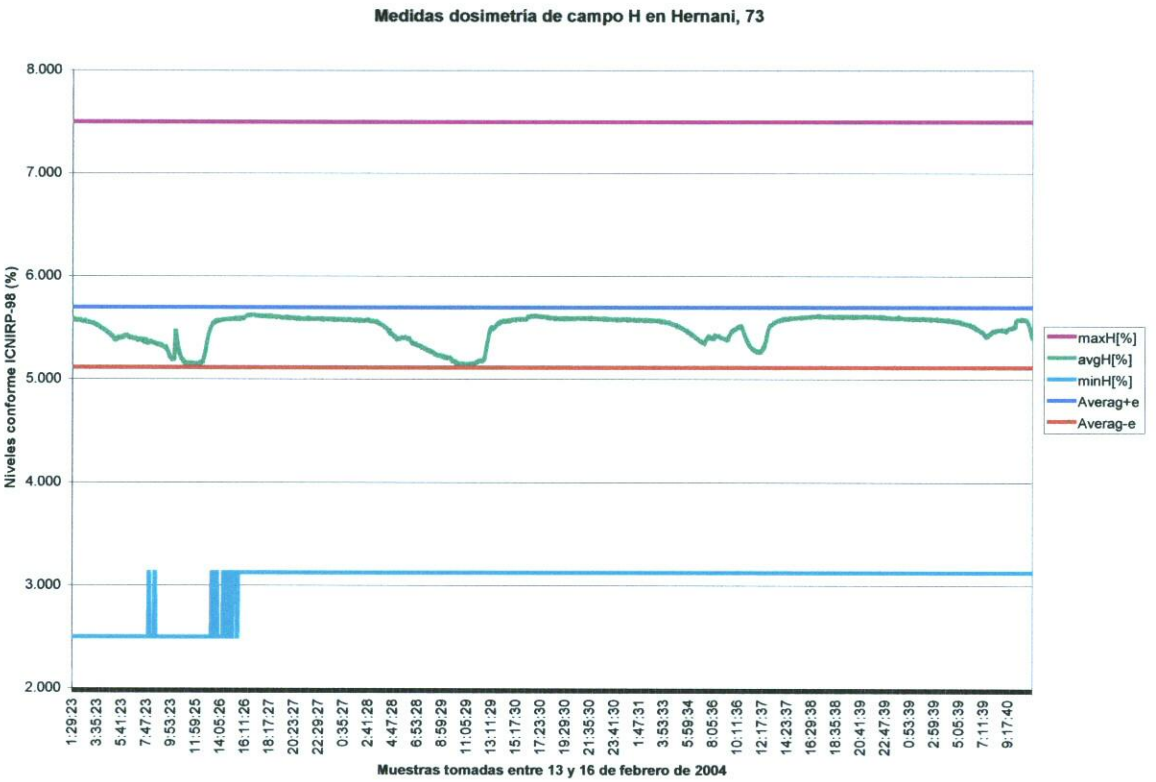
Hernani, 73

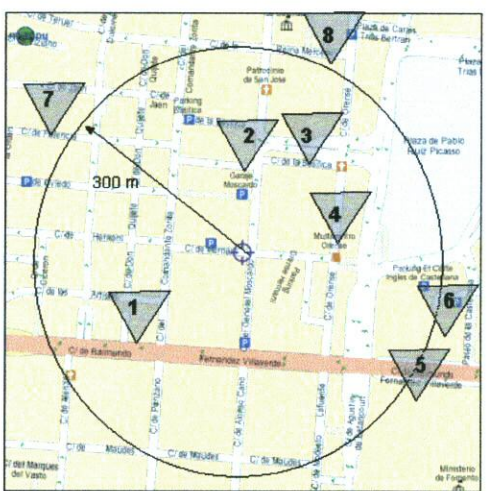




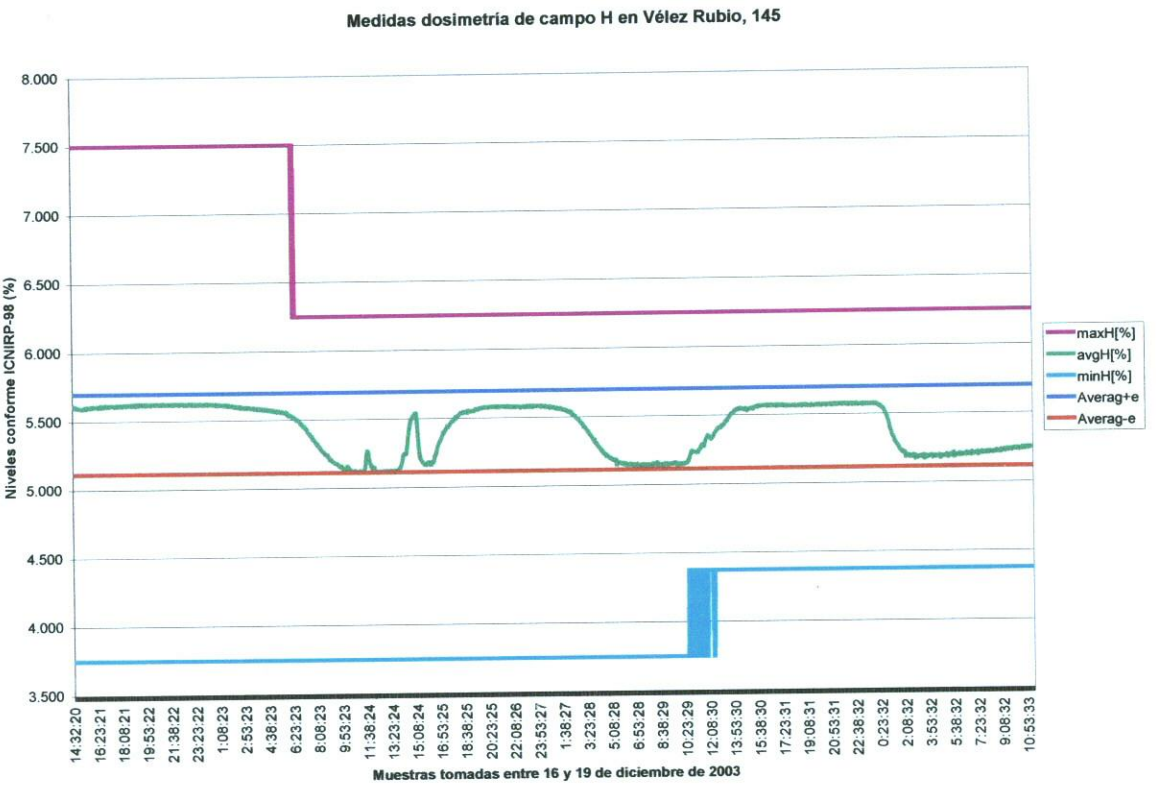
Fernando Poo, 11

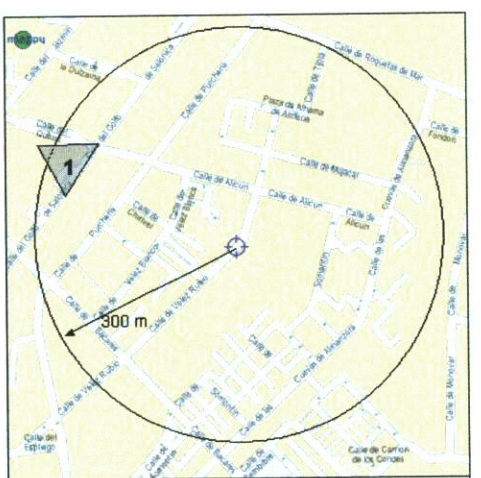
Respecto a las curvas de campo H, en 25 de ellas, (el 54,3 % de los domicilios), el valor medio de H (expresado en %) fluctúa entre dos valores alrededor de la media dentro del intervalo de confianza. Se presentan a continuación algunos ejemplos.


Medidas dosimetría de campo H en Hernani, 73
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
maxH[%]
avgH[%]
minH[%]
Averag+e
Averag-e
1:29:23
3:35:23
5:41:23
7:47:23
9:53:23
11:59:25
14:05:26
16:11:26
18:17:27
20:23:27
22:29:27
0:35:27
2:41:28
4:47:28
6:53:28
8:59:29
11:05:29
13:11:29
15:17:30
17:23:30
19:29:30
21:35:30
23:41:30
1:47:31
3:53:33
5:59:34
8:05:36
10:11:36
12:17:37
14:23:37
16:29:38
18:35:38
20:41:39
22:47:39
0:53:39
2:59:39
5:05:39
7:11:39
9:17:40
Muestras tomadas entre 13 y 16 de febrero de 2004

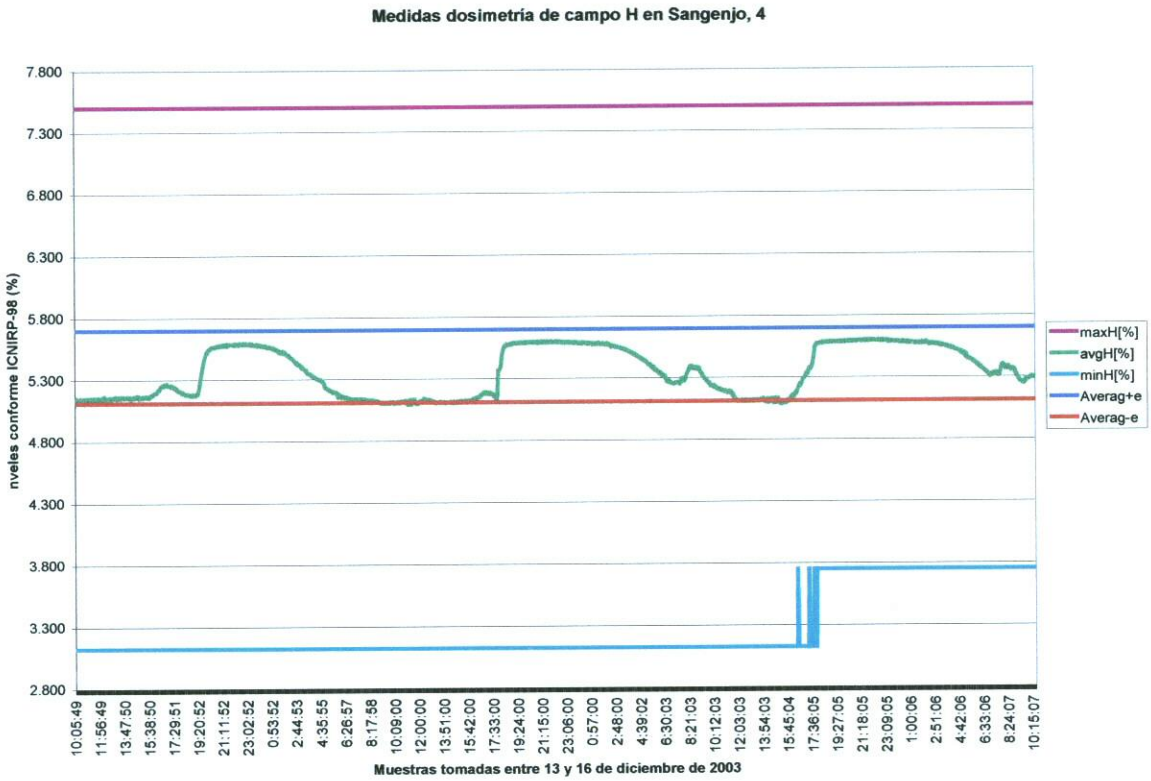

1
2
3
4
5
6
7
8
300 m

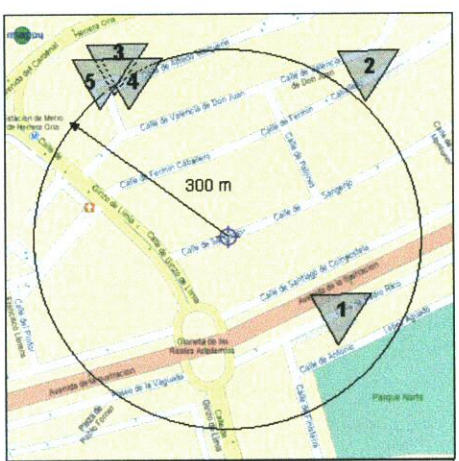
Hernani, 73





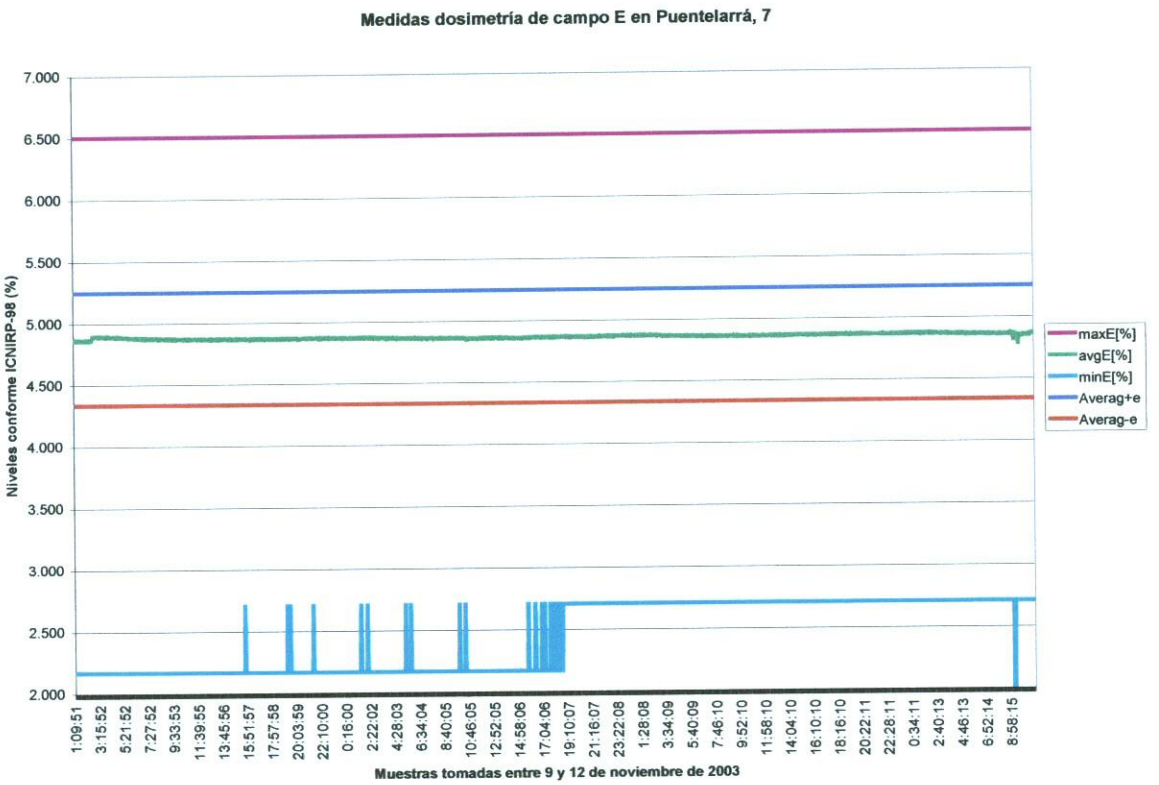
Vélez Rubio, 145

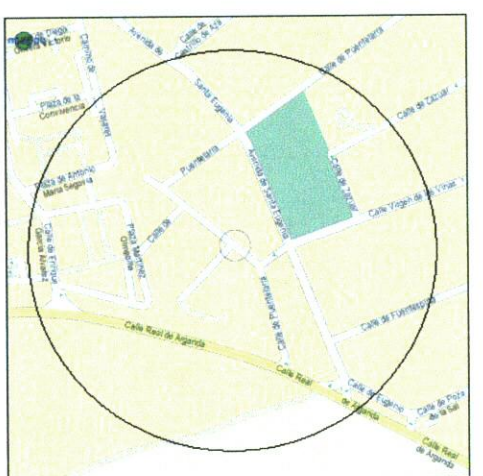




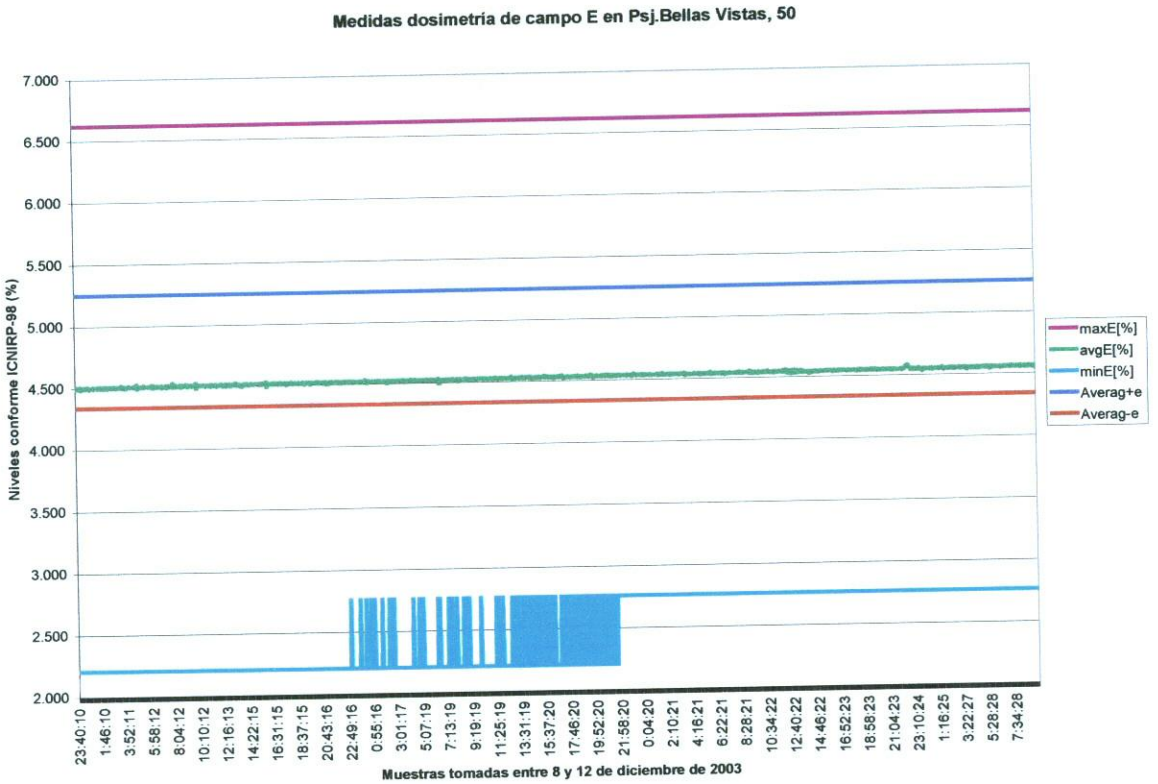
Sangenjo, 4

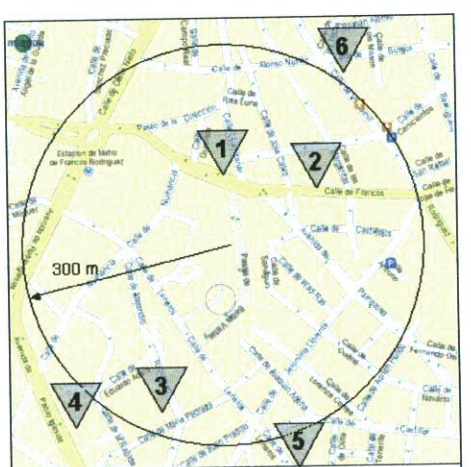
En el resto de las curvas obtenidas, los valores medios de campos E y H apenas presentan variaciones, como se puede observar en los ejemplos de ambos campos que se presentan a continuación:



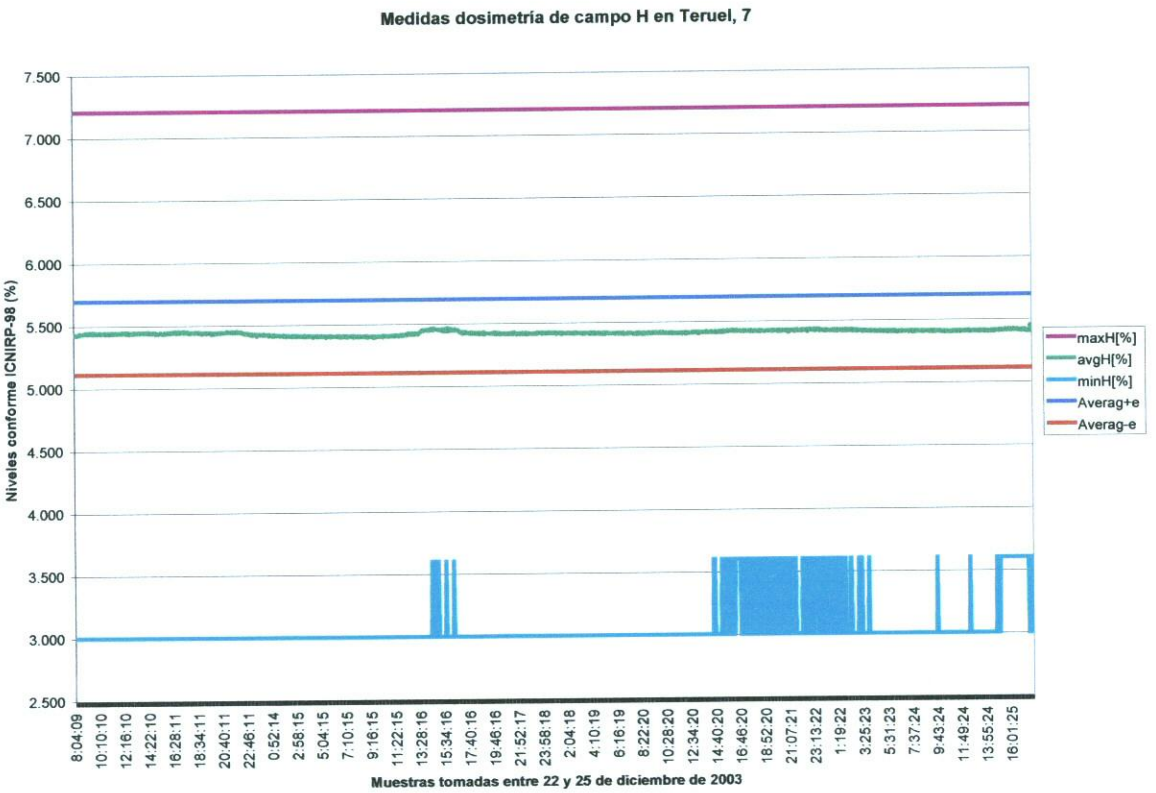


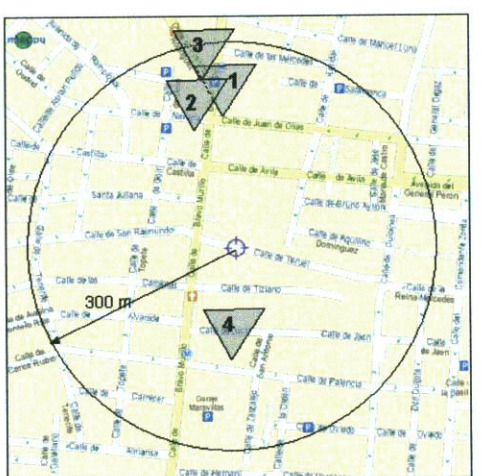
Puentelarrá, 7



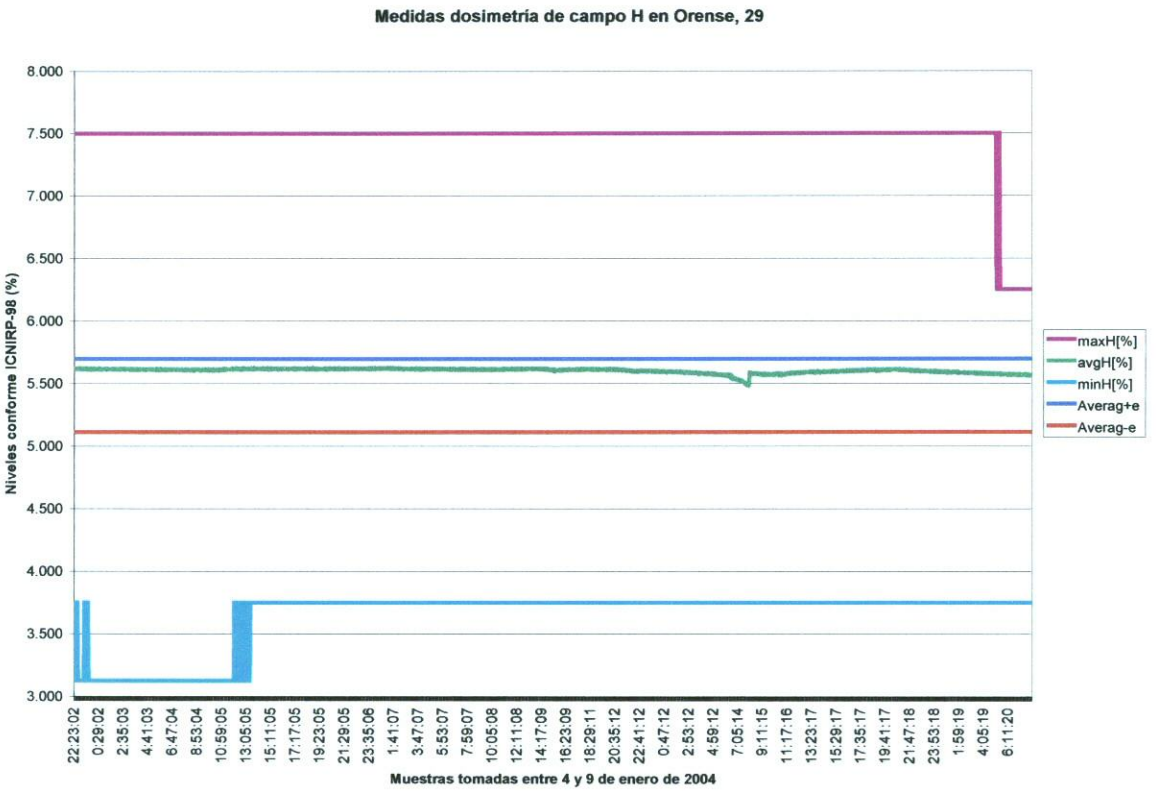


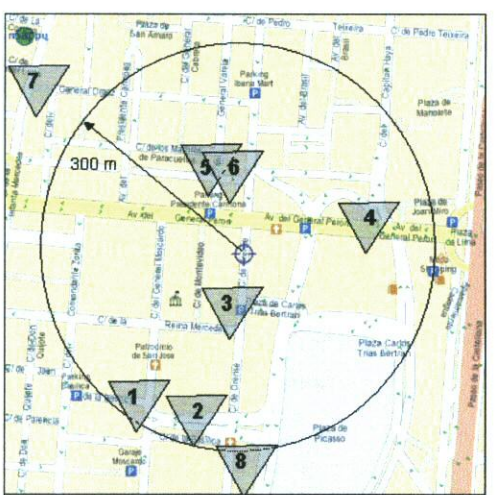
Pasaje de Bellas Vistas, 50


Medidas dosimetría de campo H en Teruel, 7
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.500
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
2.500
8:04:09
10:10:10
12:16:10
14:22:10
16:28:11
18:34:11
20:40:11
22:46:11
0:52:14
2:58:15
5:04:15
7:10:15
9:16:15
11:22:15
13:28:16
15:34:16
17:40:16
19:46:16
21:52:17
23:58:18
2:04:18
4:10:19
6:16:19
8:22:20
10:28:20
12:34:20
14:40:20
16:46:20
18:52:20
21:07:21
23:13:22
1:19:22
3:25:23
5:31:23
7:37:24
9:43:24
11:49:24
13:55:24
16:01:25
Muestras tomadas entre 22 y 25 de diciembre de 2003
maxH[%]
avgH[%]
minH[%]
Averag+e
Averag-e


1
2
3
4
300 m

Teruel, 7


Medidas dosimetría de campo H en Orense, 29
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
8.000
7.500
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
22:23:02
0:29:02
2:35:03
4:41:03
6:47:04
8:53:04
10:59:05
13:05:05
15:11:05
17:17:05
19:23:05
21:29:05
23:35:06
1:41:07
3:47:07
5:53:07
7:59:07
10:05:08
12:11:08
14:17:09
16:23:09
18:29:11
20:35:12
22:41:12
0:47:12
2:53:12
4:59:12
7:05:14
9:11:15
11:17:16
13:23:17
15:29:17
17:35:17
19:41:17
21:47:18
23:53:18
1:59:19
4:05:19
6:11:20
Muestras tomadas entre 4 y 9 de enero de 2004
maxH[%]
avgH[%]
minH[%]
Averag+e
Averag-e


300 m
1
2
3
4
5
6
7
8

Orense, 29

4.1.2. Resultados obtenidos en Ardemans, 41 – 5B

Las mismas medidas descritas en el apartado 3.4.2. se han llevado a cabo durante un largo período de tiempo en la C/ Ardemans, 41 en distintas habitaciones. De los 56 registros obtenidos con los dosímetros, se han realizado las representaciones gráficas de los valores de campos E y H: máximo, mínimo y promedio de ambos.

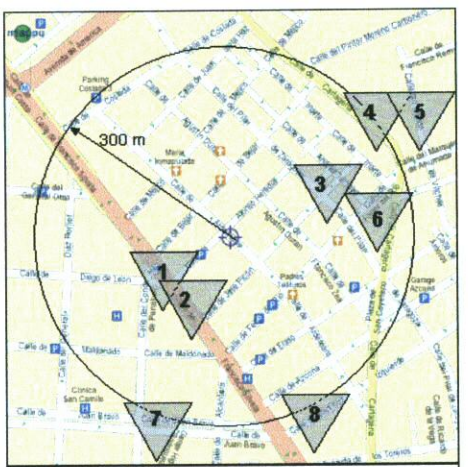
Todos los resultados obtenidos en los distintos domicilios se encuentran disponibles en la base de datos alojada en la dirección de Internet siguiente: http://telemedicina.retics.net/medidas.html (Ramos, 2004d) y en el Apéndice 8.7., en el apartado Ardemans, 41, con los siguientes ficheros:

- MedidasARDEMANS
- MedidasARDEMANS s-p
- MedidasARDEMANS-E
- MediasARDEMANS-H

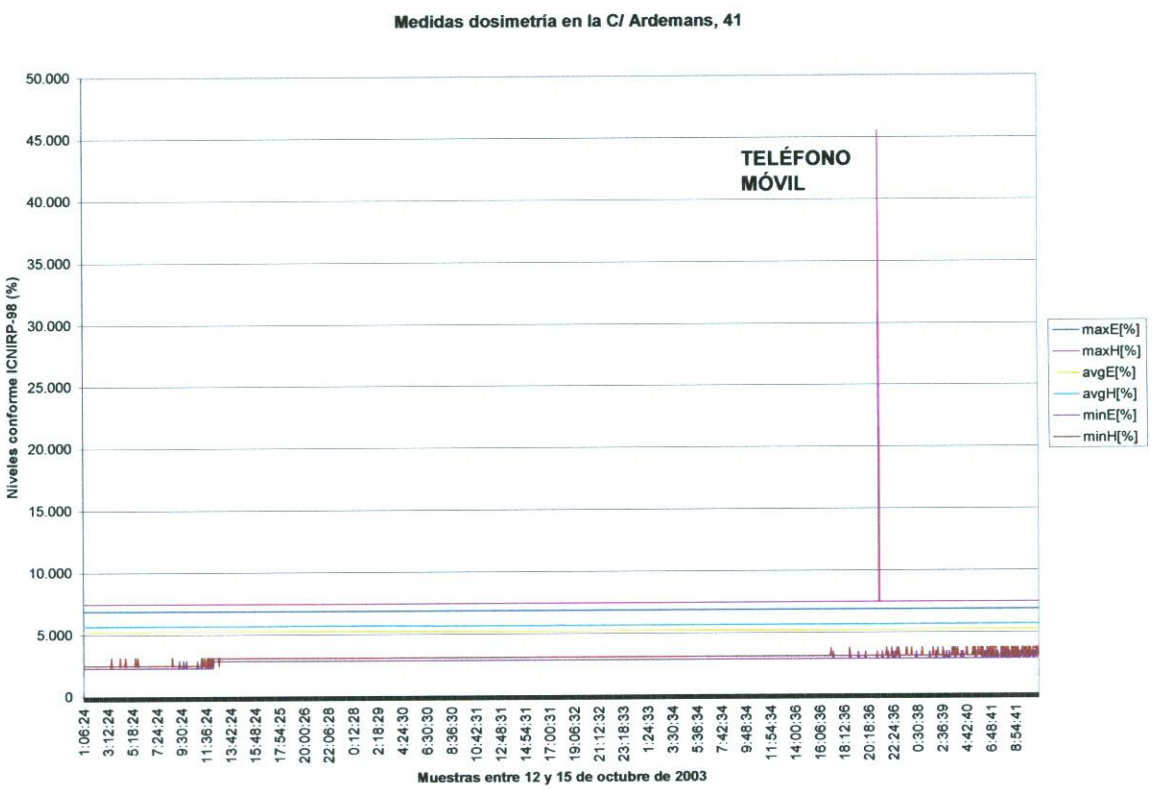
El fichero denominado "MedidasARDEMANS" contiene los datos obtenidos directamente del dosímetro. El fichero denominado "MedidasARDEMANS s-p" contiene los mismos datos obtenidos sin los picos o ráfagas correspondientes a niveles en condiciones de campo cercano. Los ficheros denominados "MedidasARDEMANS-E" y "MedidasARDEMANS-H" contienen los datos de campos E y H con las líneas de Average ± e(95%).

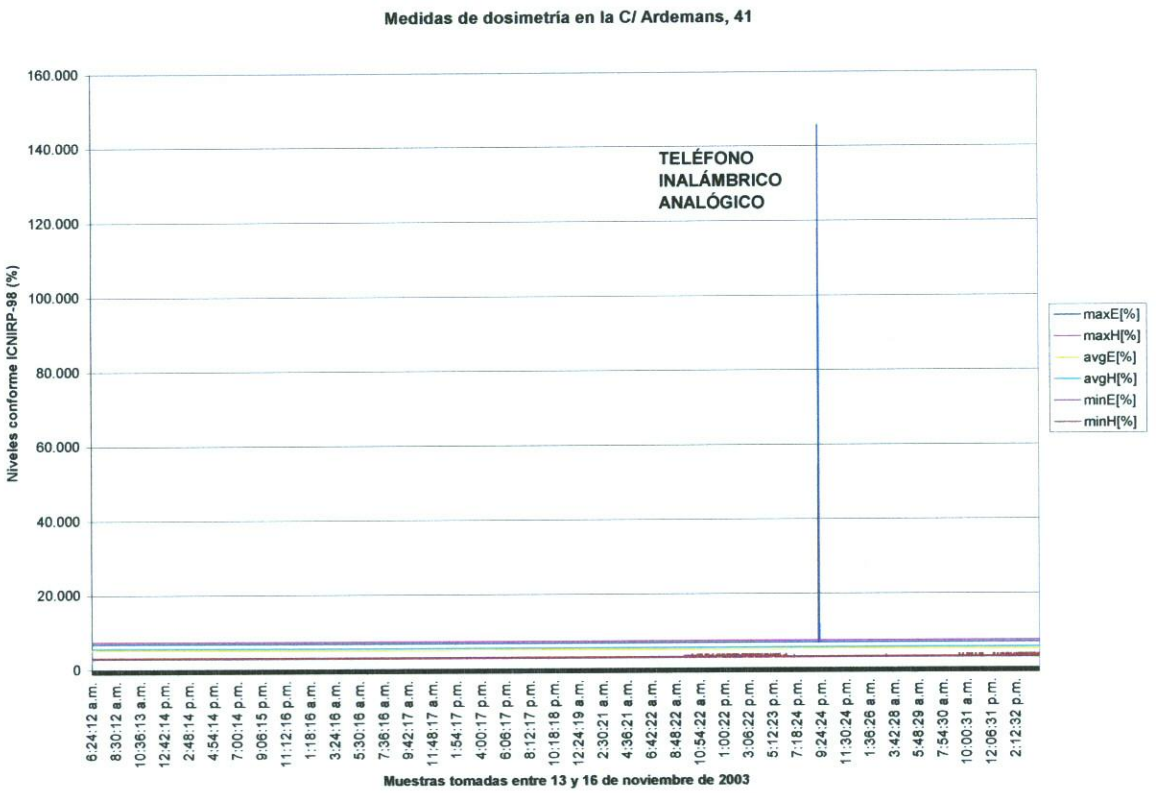
De la misma manera que el los resultados obtenidos en los domicilios, en los registros en los que aparecieron valores de pico o ráfagas correspondientes a porcentajes sobre la norma superiores al 10 %, se ha identificado el origen de estos valores llegando a la conclusión de que todos ellos proceden 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 de campos E y H superiores al 10 %.

Las representaciones con niveles o ráfagas de valores significativos han sido 10 (un 17,86 % de los registros) y son del tipo siguiente, en las que se ha identificado la fuente. Las estaciones base de telefonía móvil existentes en un radio de 300 m se presentan a continuación

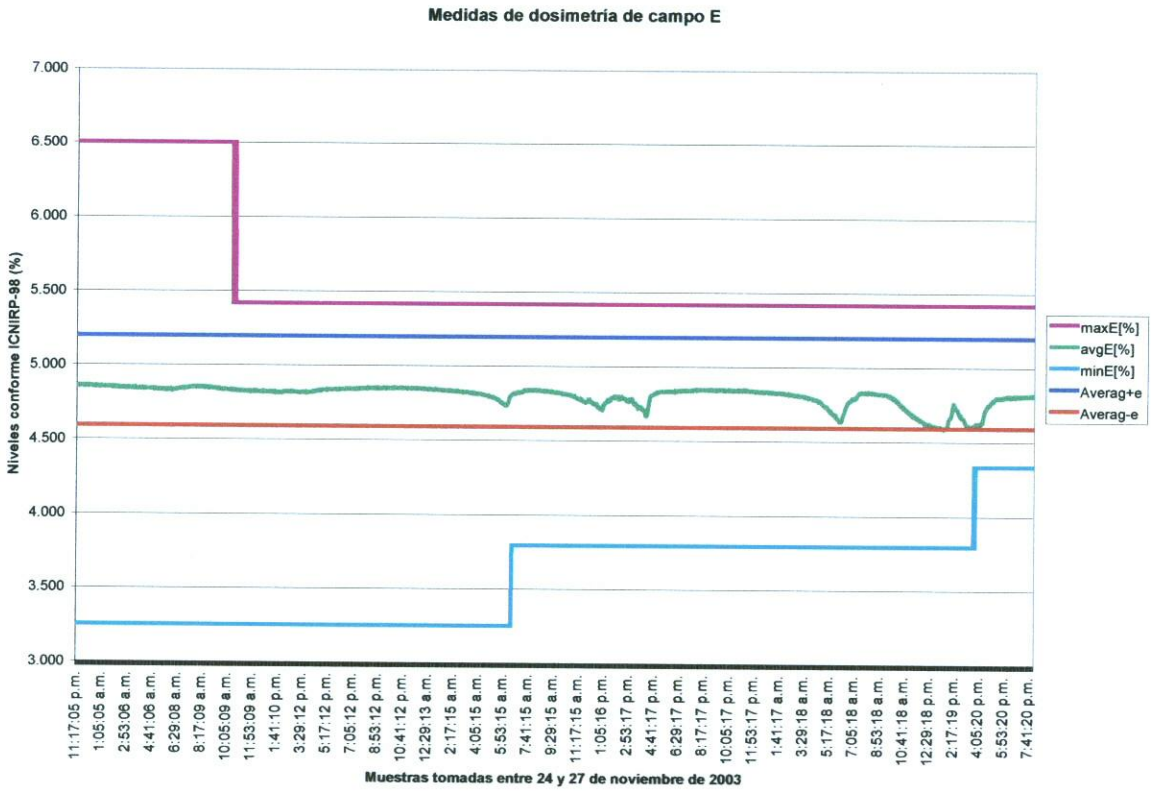


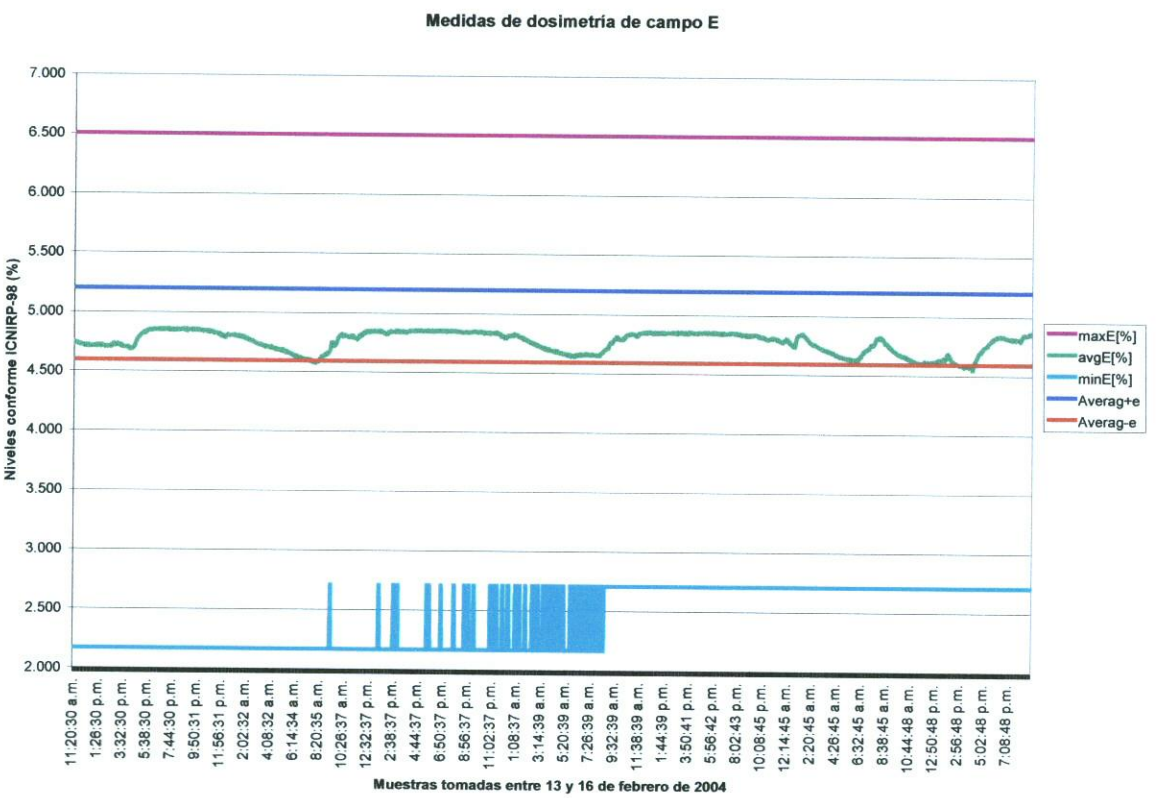
Ardemans, 41 – 5B



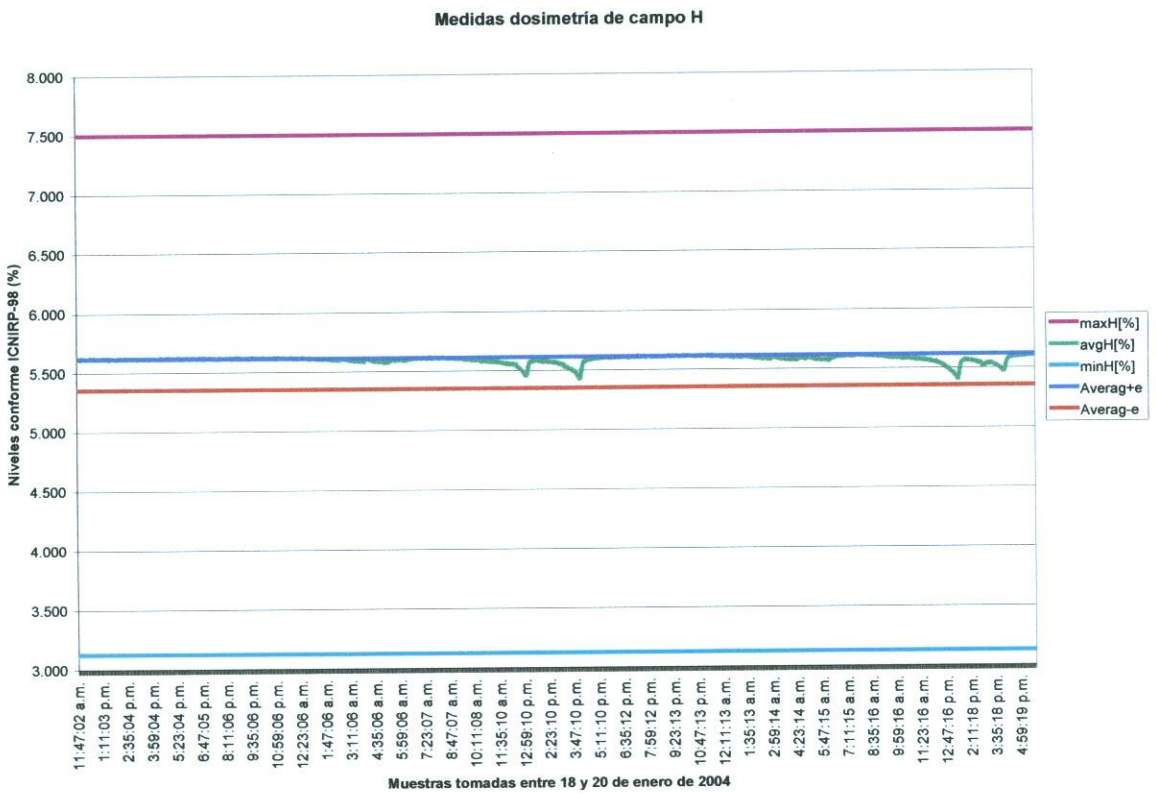


Tras la eliminación de los niveles correspondientes a situaciones de campo cercano, se han obtenido las curvas de campo E y de campo H y se han representado las líneas del intervalo de confianza del 95 %. En 15 curvas de campo E (el 26,79 % de los domicilios), el valor medio de E (expresado en %) fluctúa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

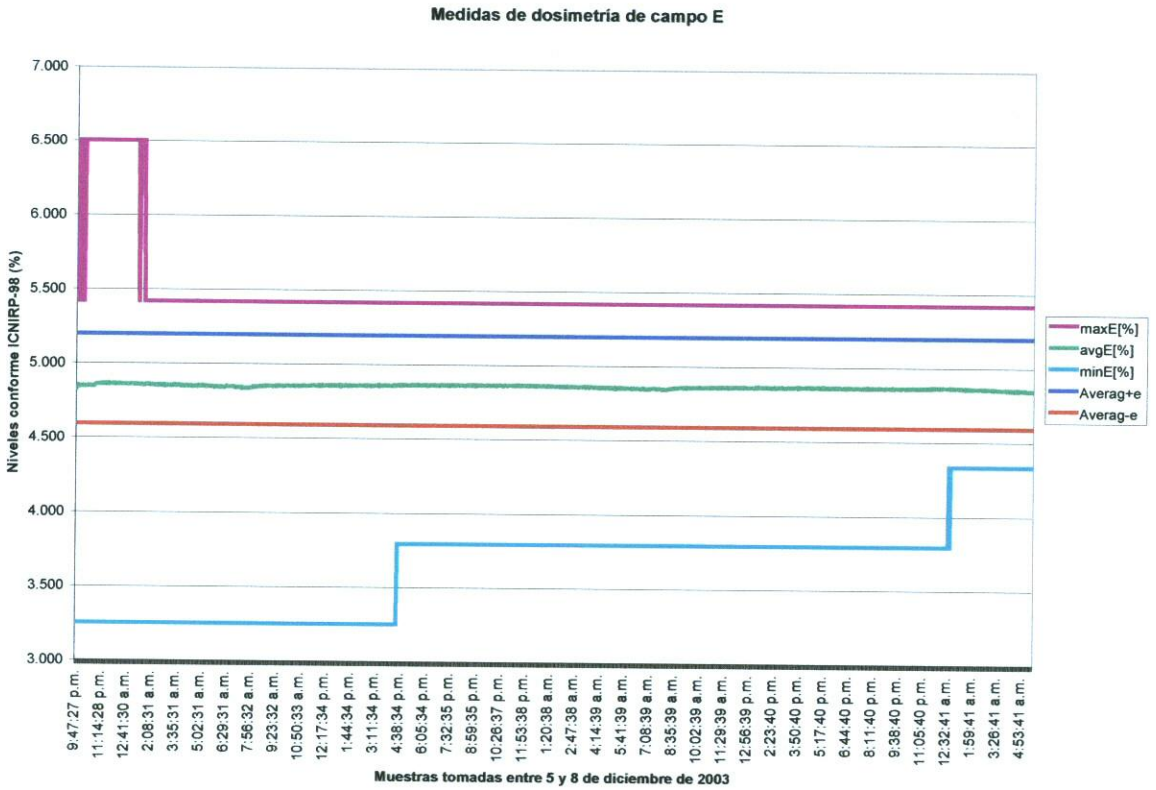

Medidas de dosimetría de campo E
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
maxE[%]
avgE[%]
minE[%]
Averag+e
Averag-e
11:17:05 p.m.
1:05:05 a.m.
2:53:06 a.m.
4:41:06 a.m.
6:29:08 a.m.
8:17:09 a.m.
10:05:09 a.m.
11:53:09 a.m.
1:41:10 p.m.
3:29:12 p.m.
5:17:12 p.m.
7:05:12 p.m.
8:53:12 p.m.
10:41:12 p.m.
12:29:13 a.m.
2:17:15 a.m.
4:05:15 a.m.
5:53:15 a.m.
7:41:15 a.m.
9:29:15 a.m.
11:17:15 a.m.
1:05:16 p.m.
2:53:17 p.m.
4:41:17 p.m.
6:29:17 p.m.
8:17:17 p.m.
10:05:17 p.m.
11:53:17 p.m.
1:41:17 a.m.
3:29:18 a.m.
5:17:18 a.m.
7:05:18 a.m.
8:53:18 a.m.
10:41:18 a.m.
12:29:18 p.m.
2:17:19 p.m.
4:05:20 p.m.
5:53:20 p.m.
7:41:20 p.m.
Muestras tomadas entre 24 y 27 de noviembre de 2003

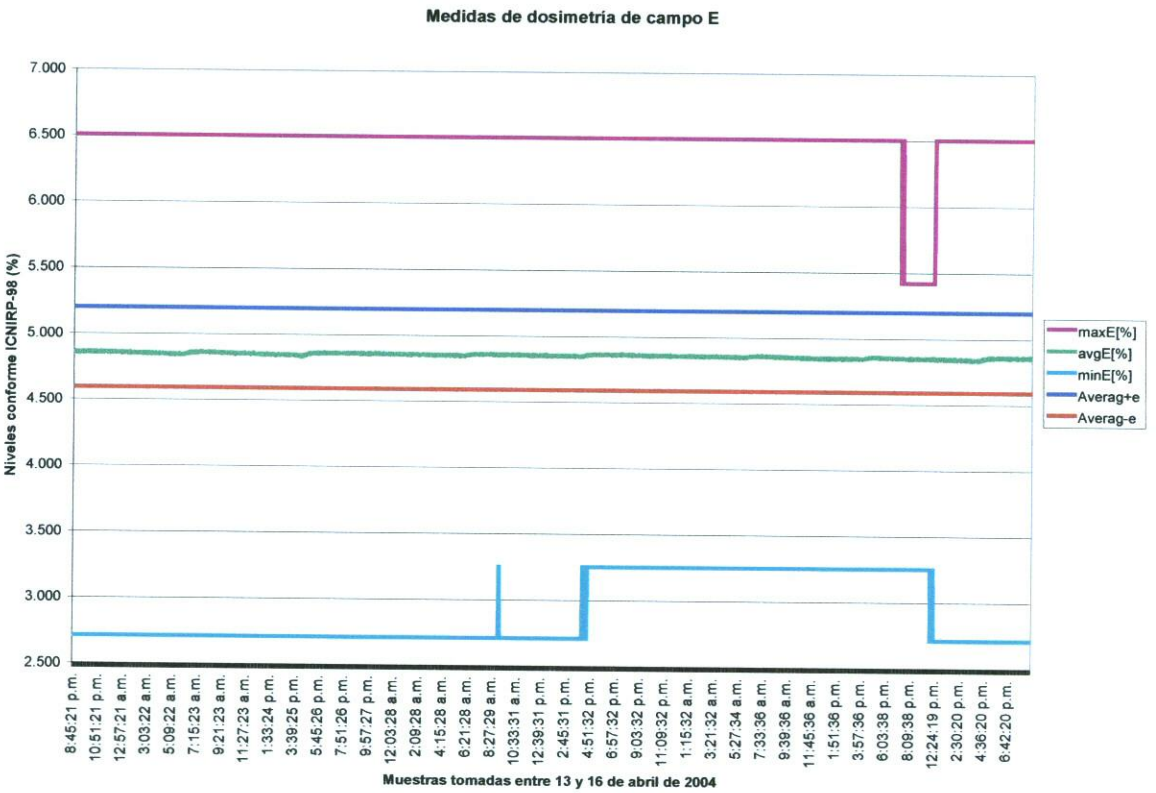

Medidas de dosimetría de campo E
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
2.500
2.000
maxE[%]
avgE[%]
minE[%]
Averag+e
Averag-e
11:20:30 a.m.
1:28:30 p.m.
3:32:30 p.m.
5:38:30 p.m.
7:44:30 p.m.
9:50:31 p.m.
11:56:31 p.m.
2:02:32 a.m.
4:08:32 a.m.
6:14:34 a.m.
8:20:35 a.m.
10:26:37 a.m.
12:32:37 p.m.
2:38:37 p.m.
4:44:37 p.m.
6:50:37 p.m.
8:56:37 p.m.
11:02:37 p.m.
1:08:37 a.m.
3:14:39 a.m.
5:20:39 a.m.
7:26:39 a.m.
9:32:39 a.m.
11:38:39 a.m.
1:44:39 p.m.
3:50:41 p.m.
5:56:42 p.m.
8:02:43 p.m.
10:08:45 p.m.
12:14:45 a.m.
2:20:45 a.m.
4:26:45 a.m.
6:32:45 a.m.
8:38:45 a.m.
10:44:48 a.m.
12:50:48 p.m.
2:56:48 p.m.
5:02:48 p.m.
7:08:48 p.m.
Muestras tomadas entre 13 y 16 de febrero de 2004

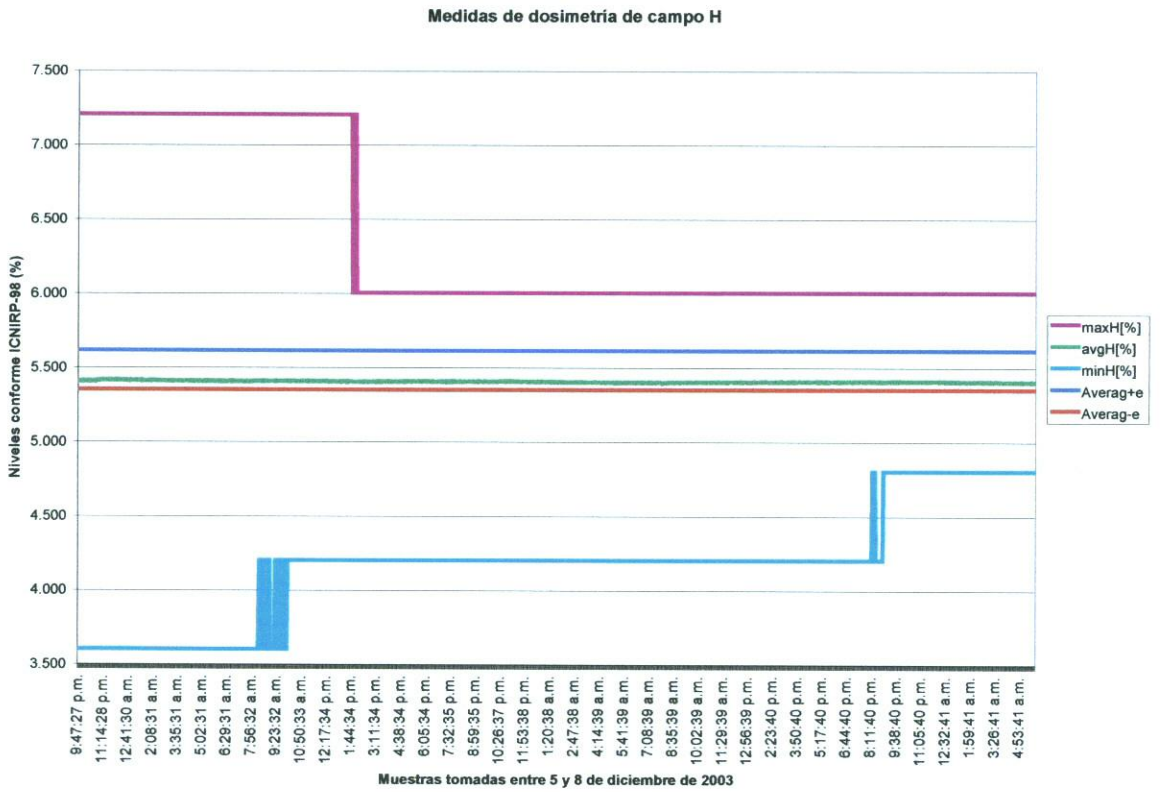
Respecto a las curvas de campo H, solamente en una de ellas, (el 1,79 % de los domicilios), el valor medio de H (expresado en %) fluctúa entre dos valores alrededor de la media dentro del intervalo de confianza con se presenta a continuación

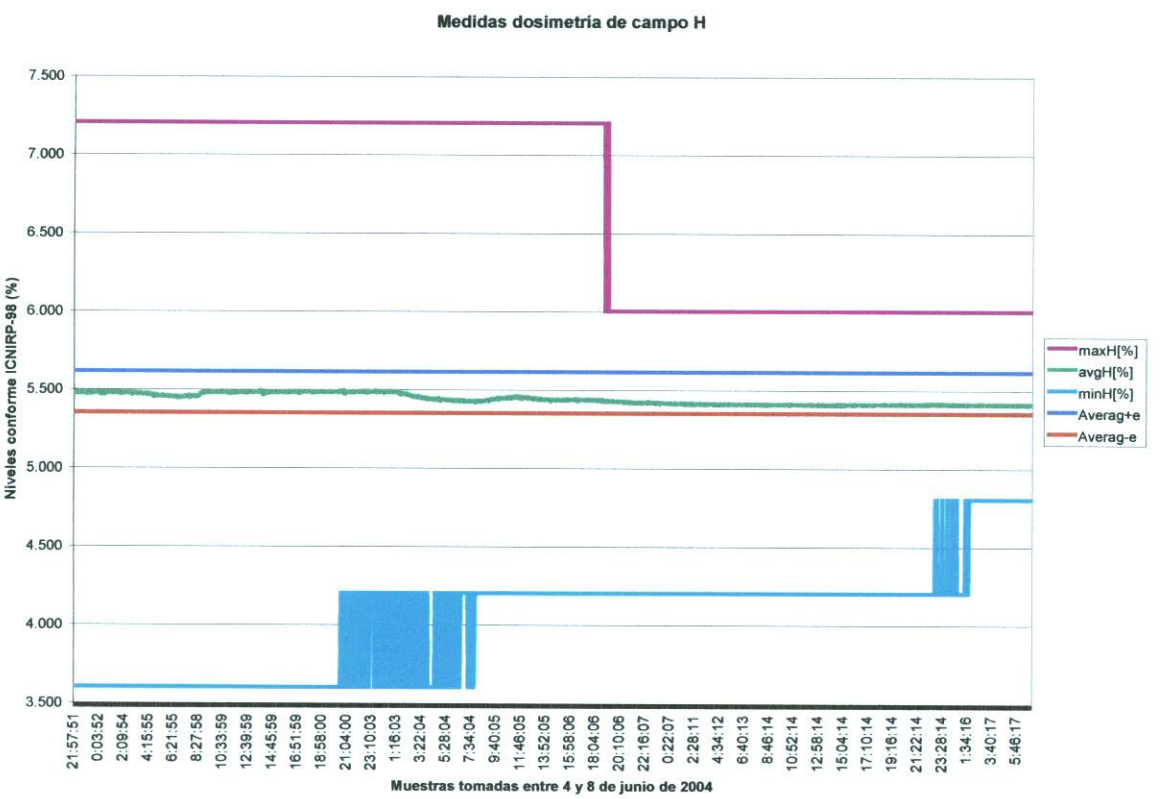


En el resto de las curvas obtenidas, los valores medios de campos E y H apenas presentan variaciones, como se puede observar en los ejemplos de ambos campos que se presentan a continuación


Medidas de dosimetría de campo E
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
9:47:27 p.m.
11:14:28 p.m.
12:41:30 a.m.
2:08:31 a.m.
3:35:31 a.m.
5:02:31 a.m.
6:29:31 a.m.
7:56:32 a.m.
9:23:32 a.m.
10:50:33 a.m.
12:17:34 p.m.
1:44:34 p.m.
3:11:34 p.m.
4:38:34 p.m.
6:05:34 p.m.
7:32:35 p.m.
8:59:35 p.m.
10:26:37 p.m.
11:53:38 p.m.
1:20:38 a.m.
2:47:38 a.m.
4:14:39 a.m.
5:41:39 a.m.
7:08:39 a.m.
8:35:39 a.m.
10:02:39 a.m.
11:29:39 a.m.
12:56:39 p.m.
2:23:40 p.m.
3:50:40 p.m.
5:17:40 p.m.
6:44:40 p.m.
8:11:40 p.m.
9:38:40 p.m.
11:05:40 p.m.
12:32:41 a.m.
1:59:41 a.m.
3:26:41 a.m.
4:53:41 a.m.
Muestras tomadas entre 5 y 8 de diciembre de 2003
maxE[%]
avgE[%]
minE[%]
Averag+e
Averag-e


Medidas de dosimetría de campo E
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
3.000
2.500
8:45:21 p.m.
10:51:21 p.m.
12:57:21 a.m.
3:03:22 a.m.
5:09:22 a.m.
7:15:23 a.m.
9:21:23 a.m.
11:27:23 a.m.
1:33:24 p.m.
3:39:25 p.m.
5:45:26 p.m.
7:51:26 p.m.
9:57:27 p.m.
12:03:28 a.m.
2:09:28 a.m.
4:15:28 a.m.
6:21:28 a.m.
8:27:29 a.m.
10:33:31 a.m.
12:39:31 p.m.
2:45:31 p.m.
4:51:32 p.m.
6:57:32 p.m.
9:03:32 p.m.
11:09:32 p.m.
1:15:32 a.m.
3:21:32 a.m.
5:27:34 a.m.
7:33:36 a.m.
9:39:36 a.m.
11:45:36 a.m.
1:51:36 p.m.
3:57:36 p.m.
6:03:38 p.m.
8:09:38 p.m.
12:24:19 p.m.
2:30:20 p.m.
4:36:20 p.m.
6:42:20 p.m.
Muestras tomadas entre 13 y 16 de abril de 2004
maxE[%]
avgE[%]
minE[%]
Averag+e
Averag-e


Medidas de dosimetría de campo H
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.500
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
maxH[%]
avgH[%]
minH[%]
Averag+e
Averag-e
9:47:27 p.m.
11:14:28 p.m.
12:41:30 a.m.
2:08:31 a.m.
3:35:31 a.m.
5:02:31 a.m.
6:29:31 a.m.
7:56:32 a.m.
9:23:32 a.m.
10:50:33 a.m.
12:17:34 p.m.
1:44:34 p.m.
3:11:34 p.m.
4:38:34 p.m.
6:05:34 p.m.
7:32:35 p.m.
8:59:35 p.m.
10:26:37 p.m.
11:53:38 p.m.
1:20:38 a.m.
2:47:38 a.m.
4:14:39 a.m.
5:41:39 a.m.
7:08:39 a.m.
8:35:39 a.m.
10:02:39 a.m.
11:29:39 a.m.
12:56:39 p.m.
2:23:40 p.m.
3:50:40 p.m.
5:17:40 p.m.
6:44:40 p.m.
8:11:40 p.m.
9:38:40 p.m.
11:05:40 p.m.
12:32:41 a.m.
1:59:41 a.m.
3:26:41 a.m.
4:53:41 a.m.
Muestras tomadas entre 5 y 8 de diciembre de 2003


Medidas dosimetría de campo H
Niveles conforme ICNIRP-98 (%)
7.500
7.000
6.500
6.000
5.500
5.000
4.500
4.000
3.500
maxH[%]
avgH[%]
minH[%]
Averag+e
Averag-e
21:57:51
0:03:52
2:09:54
4:15:55
6:21:55
8:27:58
10:33:59
12:39:59
14:45:59
16:51:59
18:58:00
21:04:00
23:10:03
1:16:03
3:22:04
5:28:04
7:34:04
9:40:05
11:46:05
13:52:05
15:58:06
18:04:06
20:10:06
22:16:07
0:22:07
2:28:11
4:34:12
6:40:13
8:46:14
10:52:14
12:58:14
15:04:14
17:10:14
19:16:14
21:22:14
23:28:14
1:34:16
3:40:17
5:46:17
Muestras tomadas entre 4 y 8 de junio de 2004

4.1.3. Resultados originados en los dispositivos domésticos.

Los resultados originados por los distintos dispositivos electrónicos se encuentran disponibles en la base de datos alojada en la dirección de internet siguiente: http://telemedicina.retics.net/medidas.html (Ramos, 2004d) y en el Apéndice 8.7. en el apartado Dispositivos, con el siguiente fichero:

- Dispositivos

DISPOSITIVO	Nº de muestras	E/H máx (%)	E/H med	E/H mín
Receptor TV	25	140,60	64,38	6,00
Horno Microondas	12	7	6,01	6
Teléfono móvil	25	159,4	71,43	6
Teléfono inalámbrico analóg.	6	145,6	83,13	6
Teléfono inalámbrico dig (DECT)	3	6	6	6
Monitor PC	16	145	78,5	6
Monitor PC TFT	3	6	6	6
PC portátil	5	158	118,8	6
Teclado y ratón inalámbrico	3	6	6	6
Cadena de música	3	6	6	6
WLAN	1	6	6	6
Radio/despertador eléctrico	2	6	6	6
Cocina vitrocerámica	4	6	6	6
Foco halógeno	1	20,4	6	6

TOTAL	**110**

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1. 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.

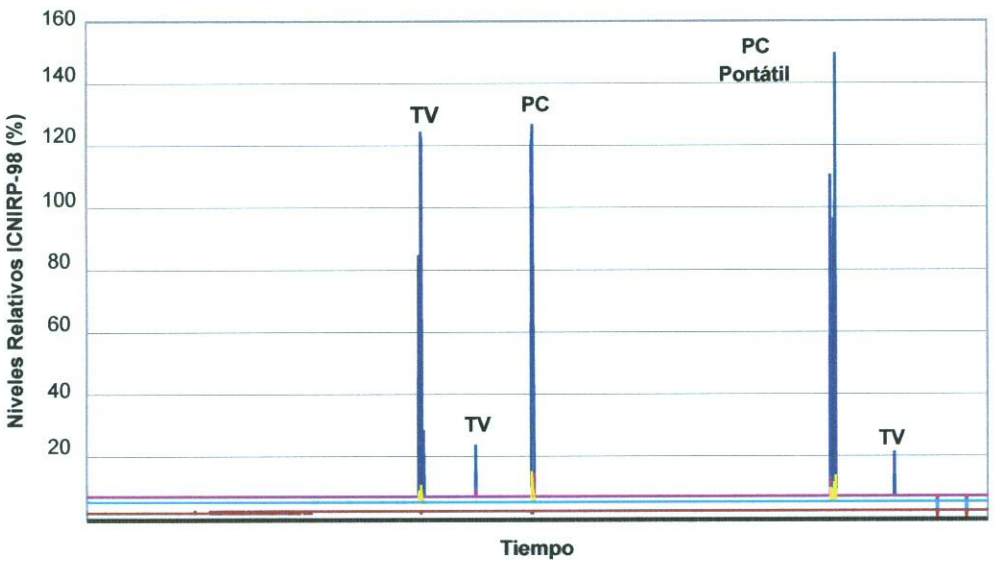


Figura 4.1: Ejemplo de niveles de campo E/H medidos en la localización AA11.

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 Urbieta, 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 EN LOS 46 DOMICILIOS.

N= 46	Total			
	Avg	**Max**	**Min**	**S_d**
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_d 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:

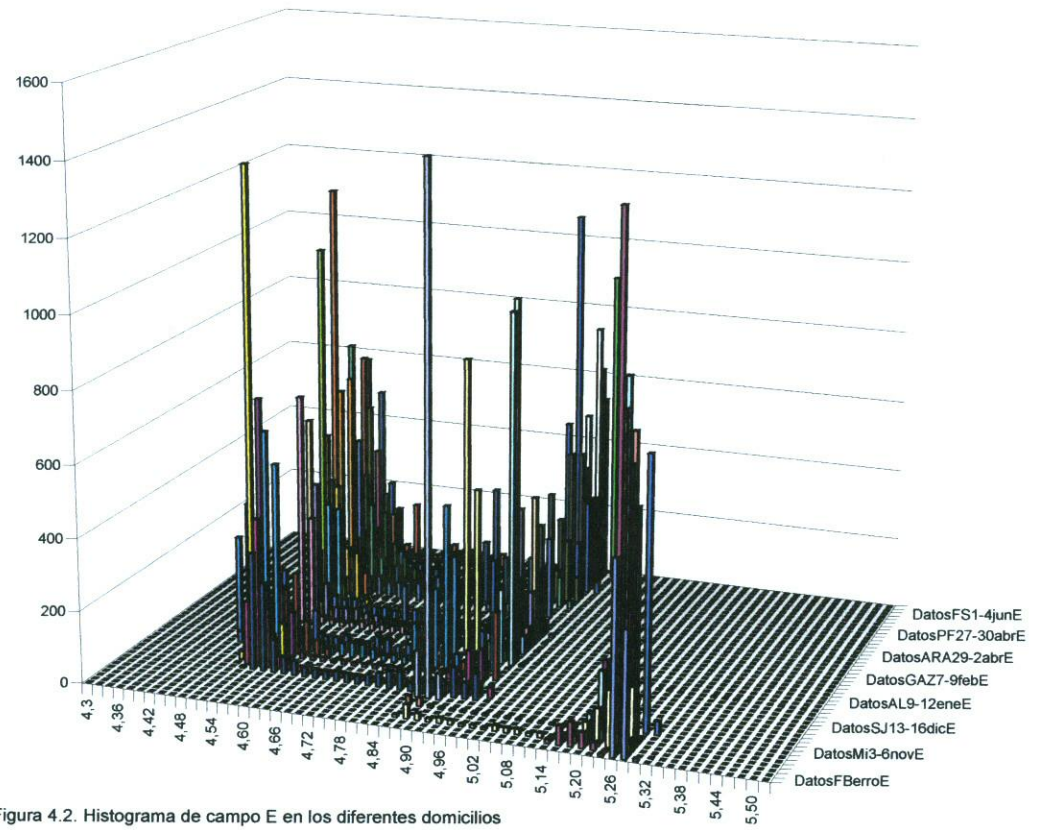


Figura 4.2. Histograma de campo E en los diferentes domicilios

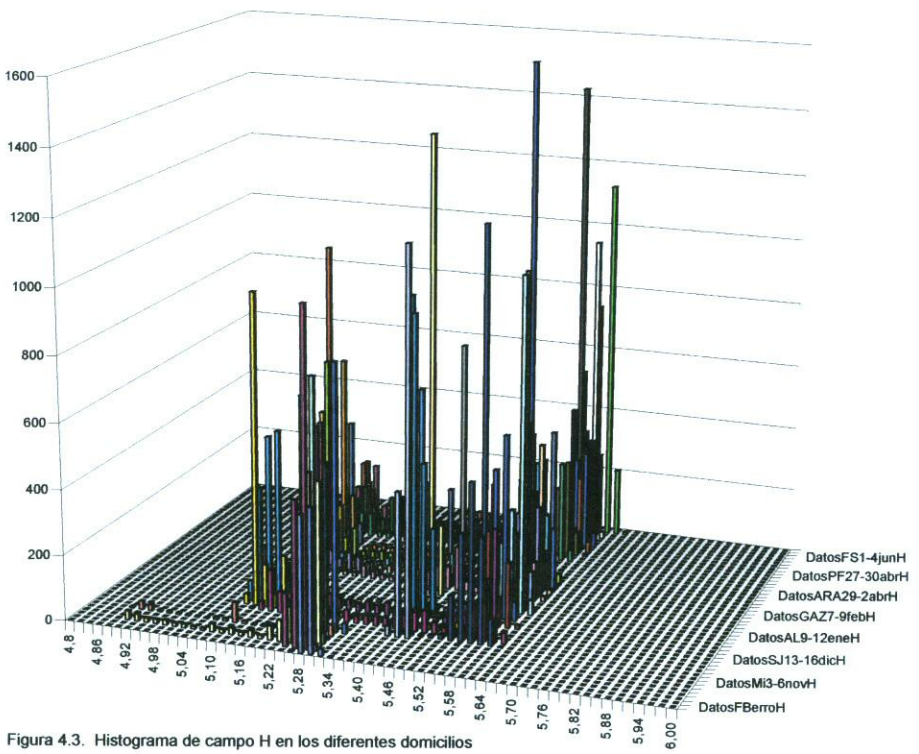


Figura 4.3. Histograma de campo H en los diferentes domicilios

4.2.2. Análisis de los resultados obtenidos en Ardemans, 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

Registro	Sd E	MaxE [%]	MaxH [%]	AvgE [%]	AvgH [%]	MinE [%]	MinH [%]	Sd H	Pico Máx [%]	Localización
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
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_d
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:

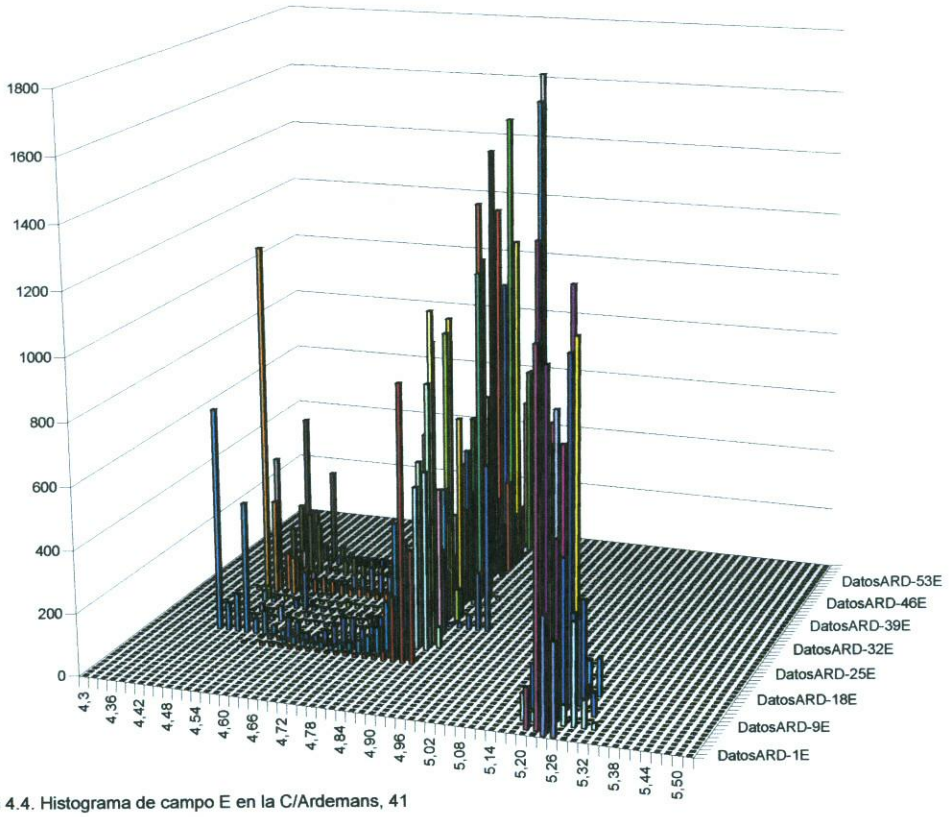


Figura 4.4. Histograma de campo E en la C/Ardemans, 41

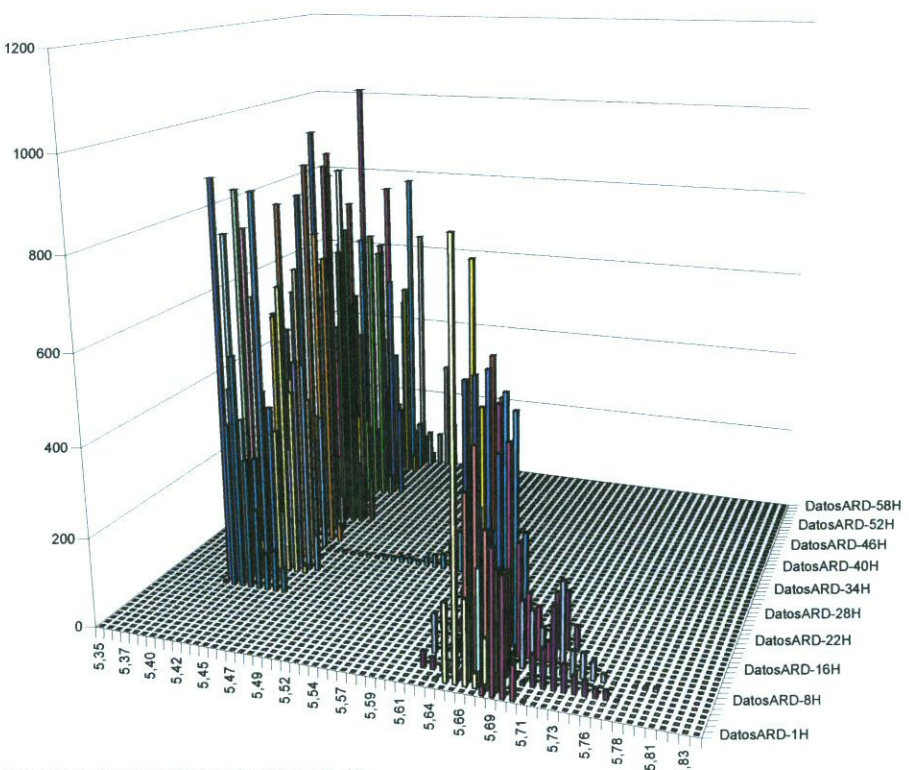


Figura 4.5. Histograma de campo H en la C/ Ardemans, 41

4.2.3. 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%

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.

4.3. MAPAS

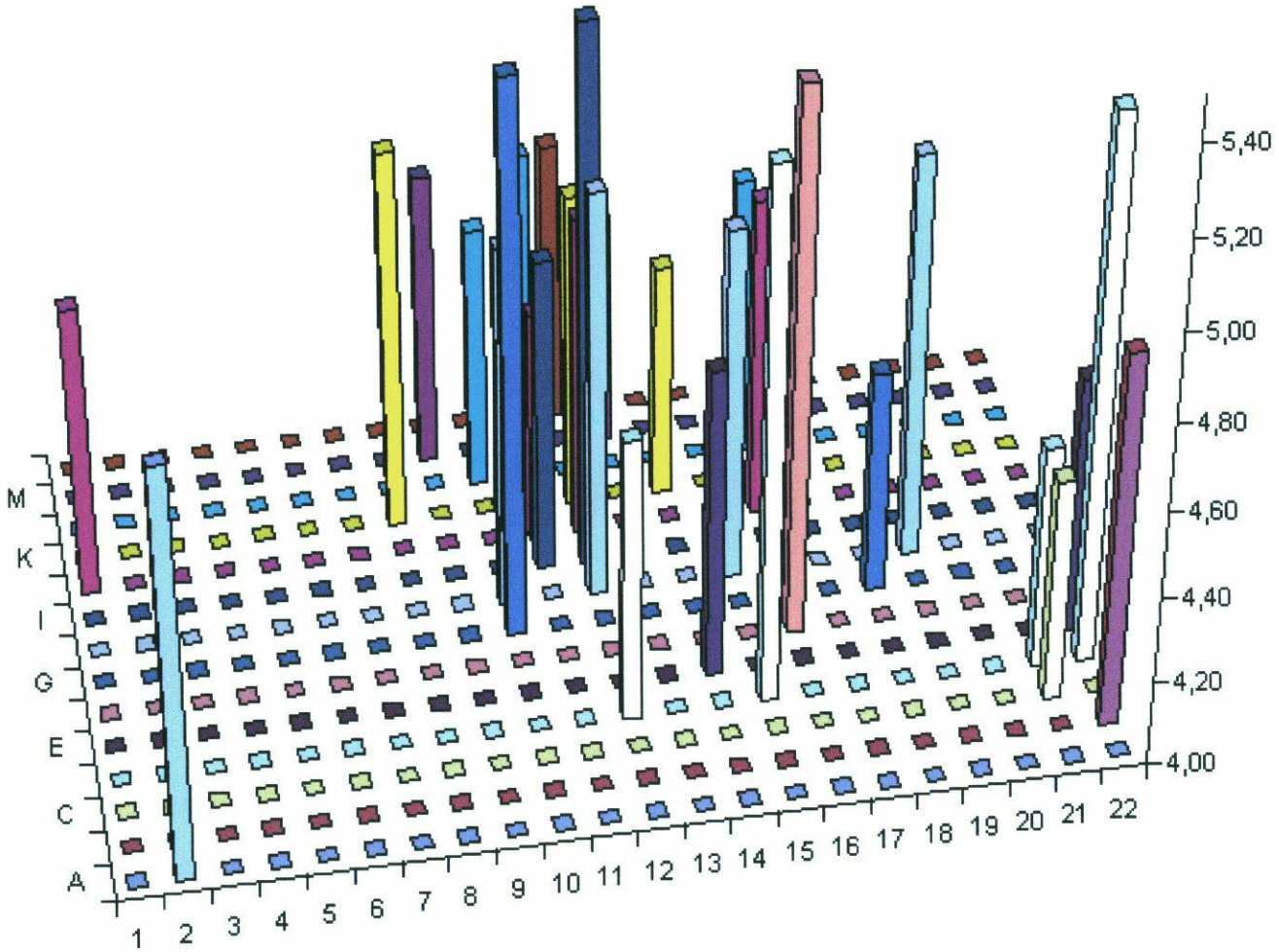
A cada uno de los domicilios se ha asignado una coordenadas y a partir de los valores medios de los campos E y H obtenidos en cada domicilio, se ha realizado la siguiente Tabla 4.6. y se han elaborado sendos diagramas de barras que se presentan a continuación.

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 superiores al 10 %.

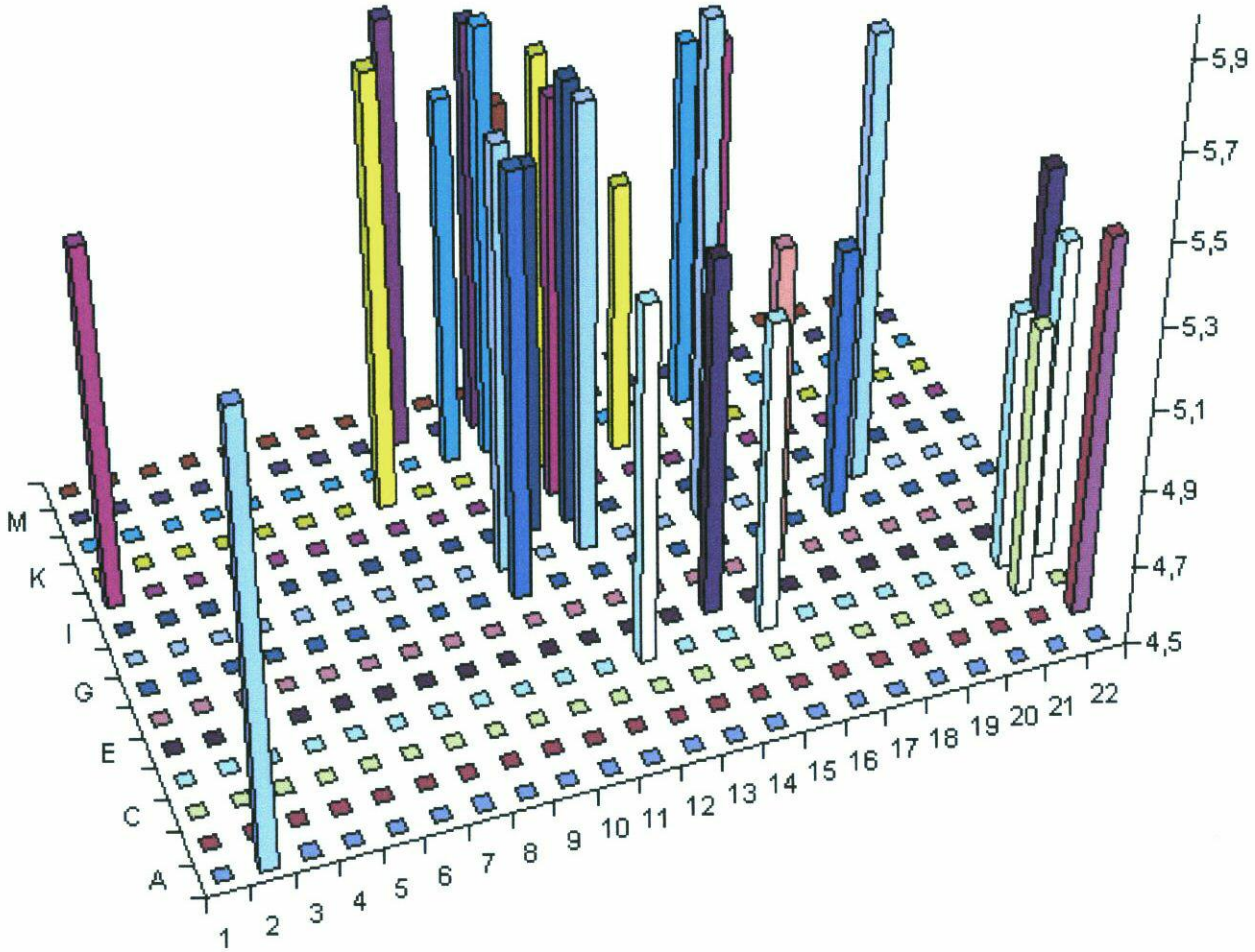
TABLA 4.6.
VALORES MEDIOS DE CAMPOS E Y H EN CADA DOMICILIO

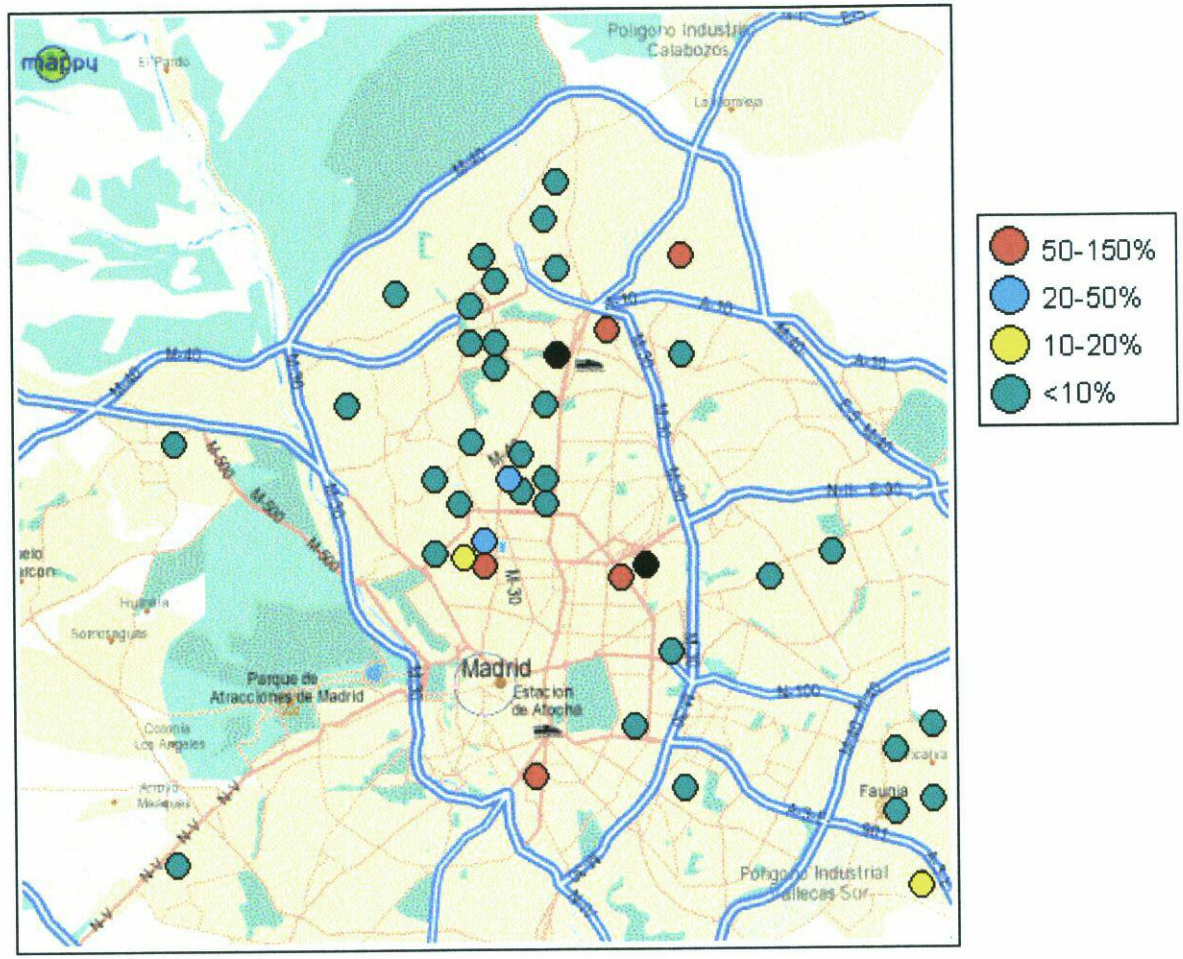
Código	Cuadro	Eje X	Eje Y	avgE[%]	avgH[%]	Localización
AA11	218	10	G	5,28	5,27	C/ Alberto Aguilera, 11
AA44	218	10	G	4,66	5,40	C/ Alberto Aguilera, 44
A479	251	19	H	4,94	5,61	C/ Alcalá 479
AM29	397	11	M	4,89	5,45	C/ Alfredo Marquerie, 29
A56	342	12	K	4,54	5,14	Avda. Asturias, 56
AB16B	344	14	K	4,54	5,18	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 Urbieta, 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

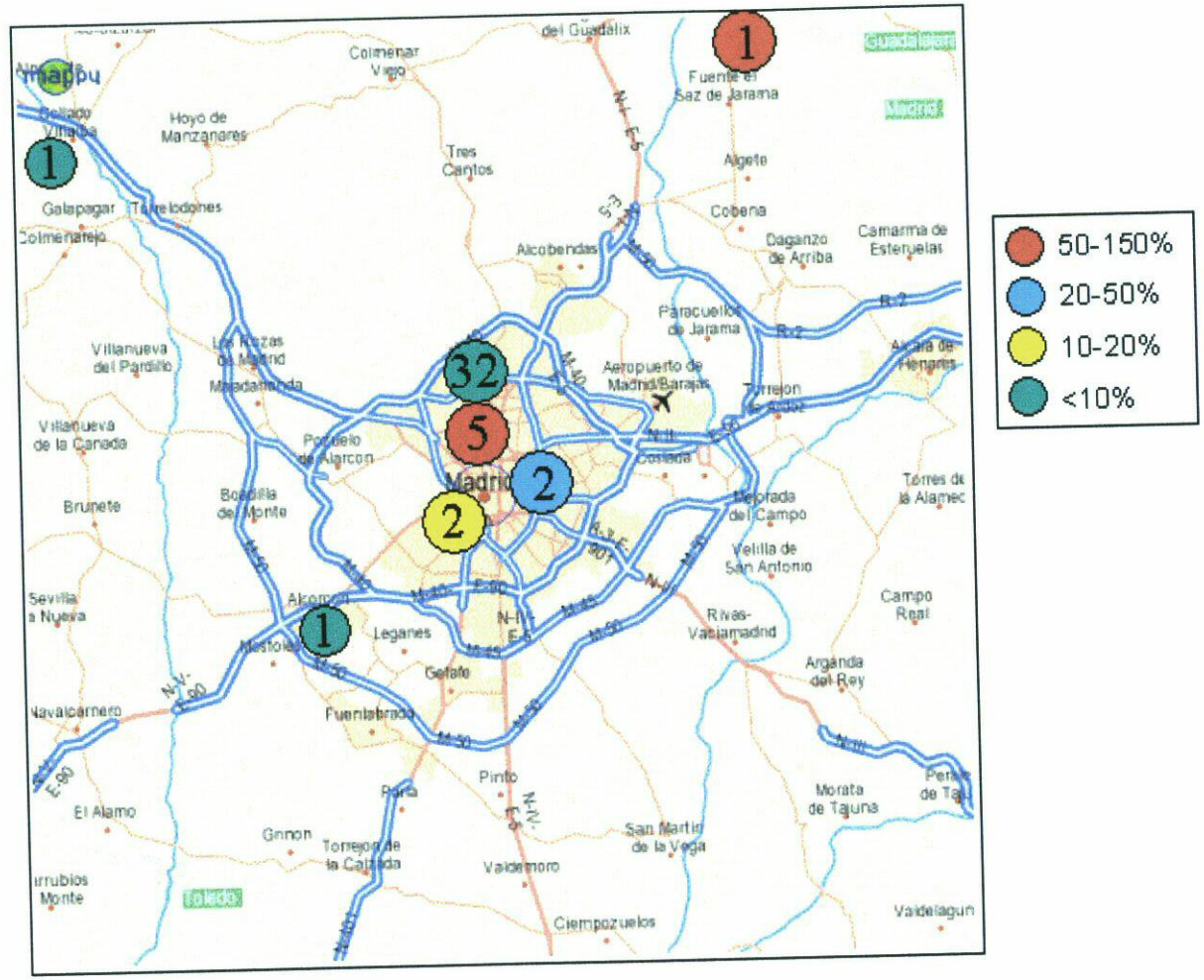
MAPA DE CAMPO E



MAPA DE CAMPO H




mappy
El Pardo
Polígono Industrial
Calabozos
Huelga
Somosaguas
Parque de
Atracciones de Madrid
Madrid
Estación
de Atocha
Coslada
Los Angeles
Arroyo
Meaques
Fauna
Polígono Industrial
Vallecas Sur
50-150%
20-50%
10-20%
<10%


50-150%
20-50%
10-20%
<10%
Madrid
Guadalajara
Toledo
Fuente el Saz de Jarama
Algete
Cobena
Daganzo de Arriba
Camarma de Esteruelas
Alcobendas
Paracuellos de Jarama
Aeropuerto de Madrid/Barajas
Torrejon de Ardoz
Coslada
Mejorada del Campo
Velilla de San Antonio
Rivas-Vaciamadrid
Arganda del Rey
Campo Real
Torres de la Alameda
Tres Cantos
Colmenar Viejo
Hoyo de Manzanares
Galapagar
Colmenarejo
Villanueva del Pardillo
Villanueva de la Canada
Brunete
Boadilla del Monte
Pozuelo de Alarcon
Alcorcon
Leganes
Getafe
Fuenlabrada
Pinto
Parla
Ciempozuelos
Valdemoro
San Martin de la Vega
Morata de Tajuna
Valdelaguna
Navalcarnero
El Alamo
Ginnon
Torrejon de la Calzada
Sevilla la Nueva
Mostoles
32
5
2
2
1
1
1

4.4. RESULTADOS ADICIONALES

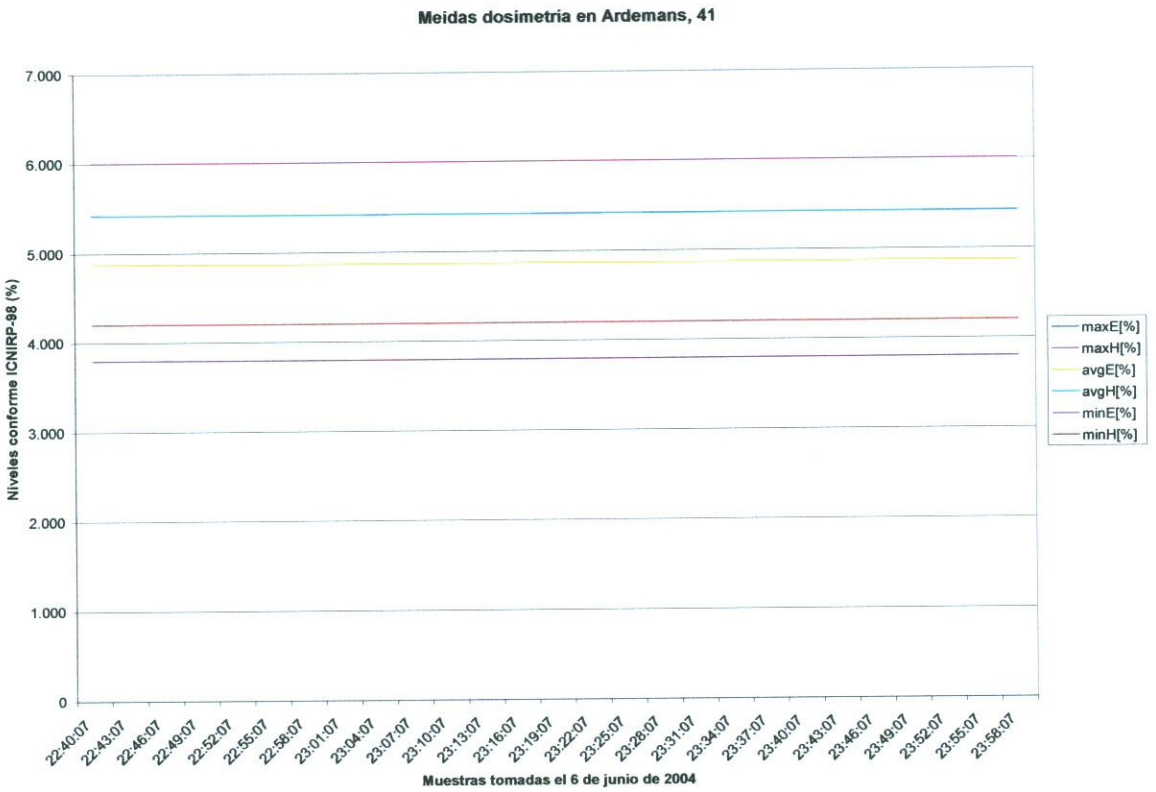
Posteriormente a la serie de medidas llevadas a cabo en los domicilios particulares citados mediante el dosímetro RadMan XT ESM-30, se ha caracterizado con más precisión alguno de los domicilios por medio del Medidor Selectivo de Emisiones radioeléctricas SRM-3000, también fabricado por Narda Safety 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

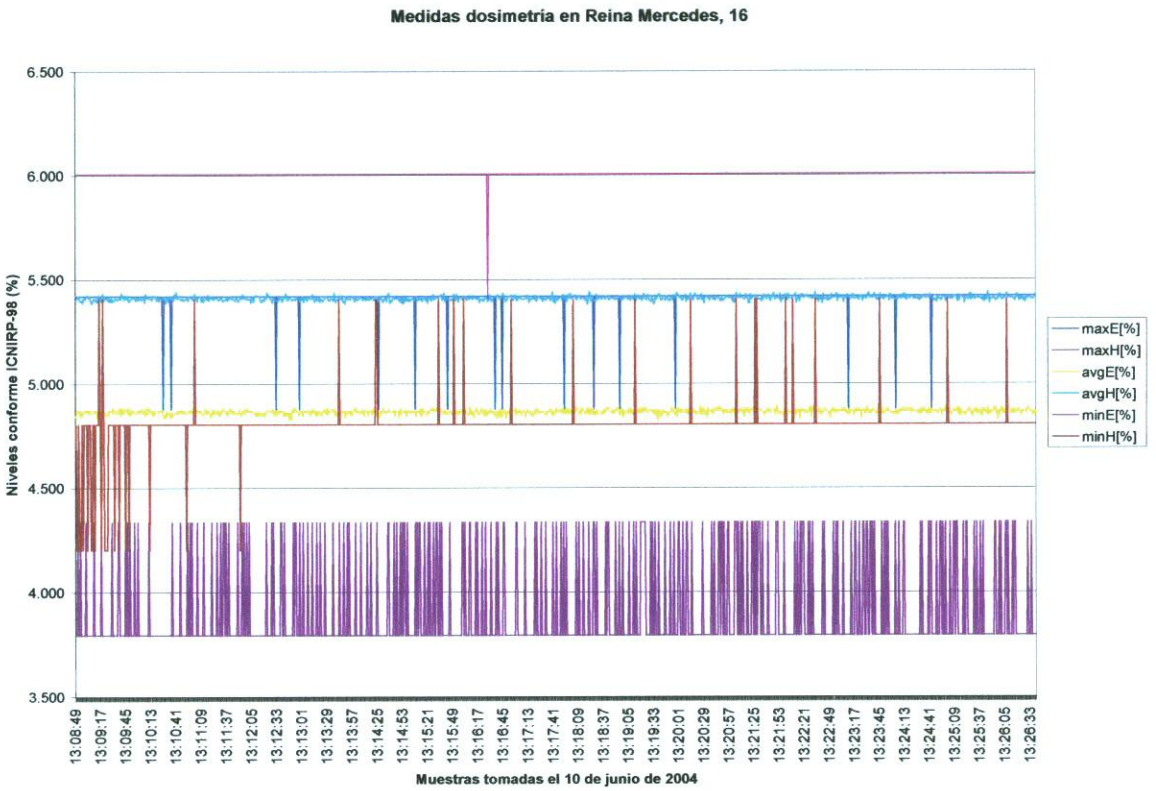
Se han realizado medidas simultáneas con los dos instrumentos en el domicilio en el que se han llevado a cabo las medidas de larga duración en la C/ Ardemans, 41 y se han obtenido los resultados siguientes

Ardemans, 41 6-junio-2004 23:00h			
SERVICIO	**VALOR**		**FRECUENCIA (MHz)**
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



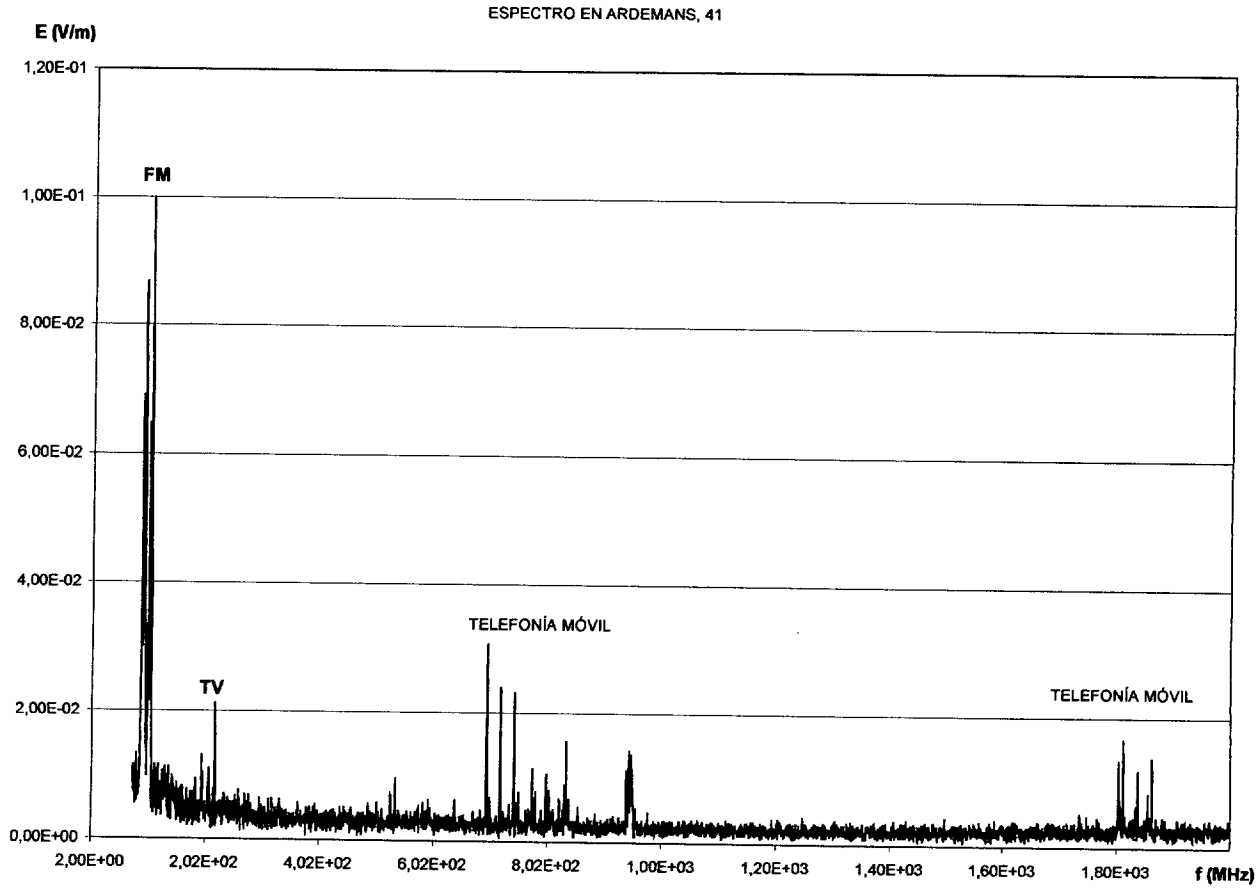
También se han llevado a cabo estas medidas en uno de los domicilios evaluados anteriormente, en la C/ Reina Mercedes, 16 y se han obtenido estos resultados

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



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
E (V/m)
1,20E-01
1,00E-01
8,00E-02
6,00E-02
4,00E-02
2,00E-02
0,00E+00
FM
TV
TELEFONÍA MÓVIL
TELEFONÍA MÓVIL
2,00E+00
2,02E+02
4,02E+02
6,02E+02
8,02E+02
1,00E+03
1,20E+03
1,40E+03
1,60E+03
1,80E+03
f (MHz)

DISCUSIÓN

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. REDES DE ÁREA LOCAL SIN HILOS: POSIBLES CONFIGURACIONES

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 5.1. se presentan los

Requisitos de infraestructuras de comunicaciones en función de la aplicación de Telemedicina (Monteagudo, 2002)

TABLA 5.1.
REQUISITOS DE INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIONES DEPENDIENDO DE LA APLICACIÓN

Aplicación de Telemedicina	Requisitos
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.

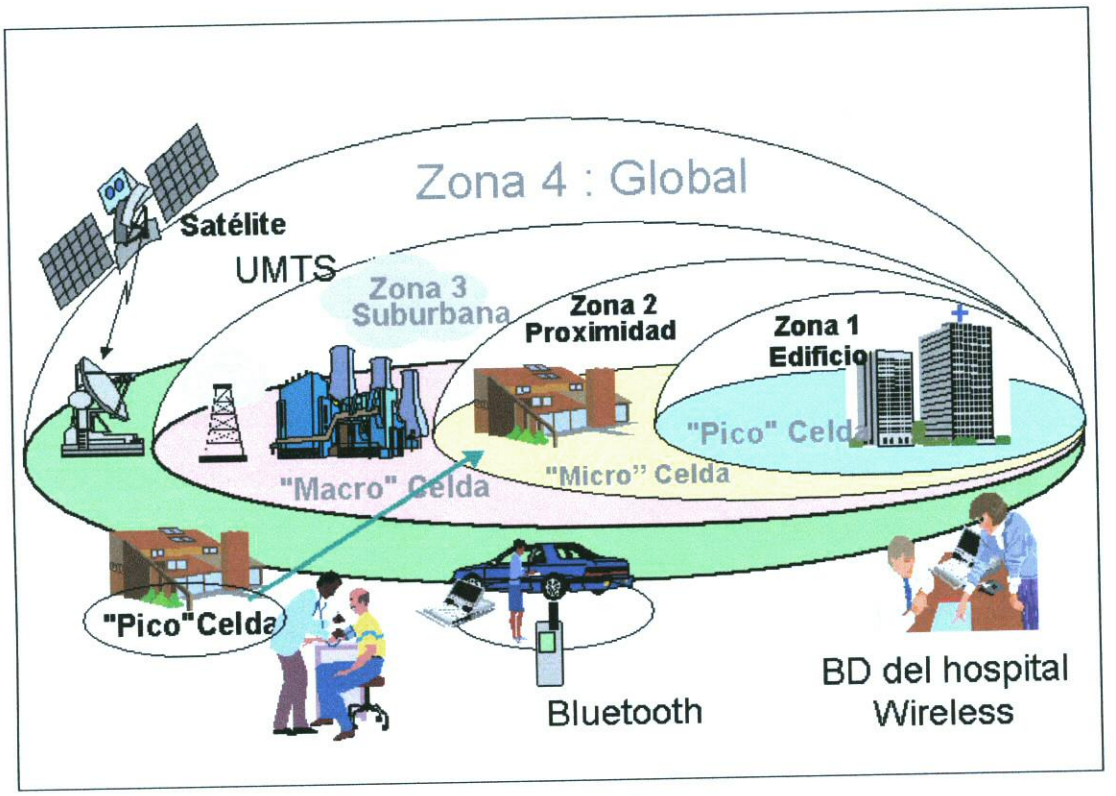


Figura 5.1. Zonas de cobertura (Moreno y col., 2002)

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.

5.1.1. Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT). Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón

DECT es un conjunto de especificaciones ETSI, que cubren las normas a seguir por los fabricantes en el entorno de las centralitas y terminales sin hilos. ETSI especifica los protocolos de intercambio entre la parte fija y los terminales portátiles, pero no el tipo de interfaz usado entre estaciones y sistema central.

La "centralita" constituye un sistema central que coordina varias estaciones base y el conjunto de ambos bloques forma una parte fija o "Fixed Part". Cada estación base forma una parte fija de radio, que emite al menos, una portadora con 250 mW de potencia, cubriendo celdas de hasta 300m de diámetro. En la Figura 5.2. se presenta el sistema DECT.

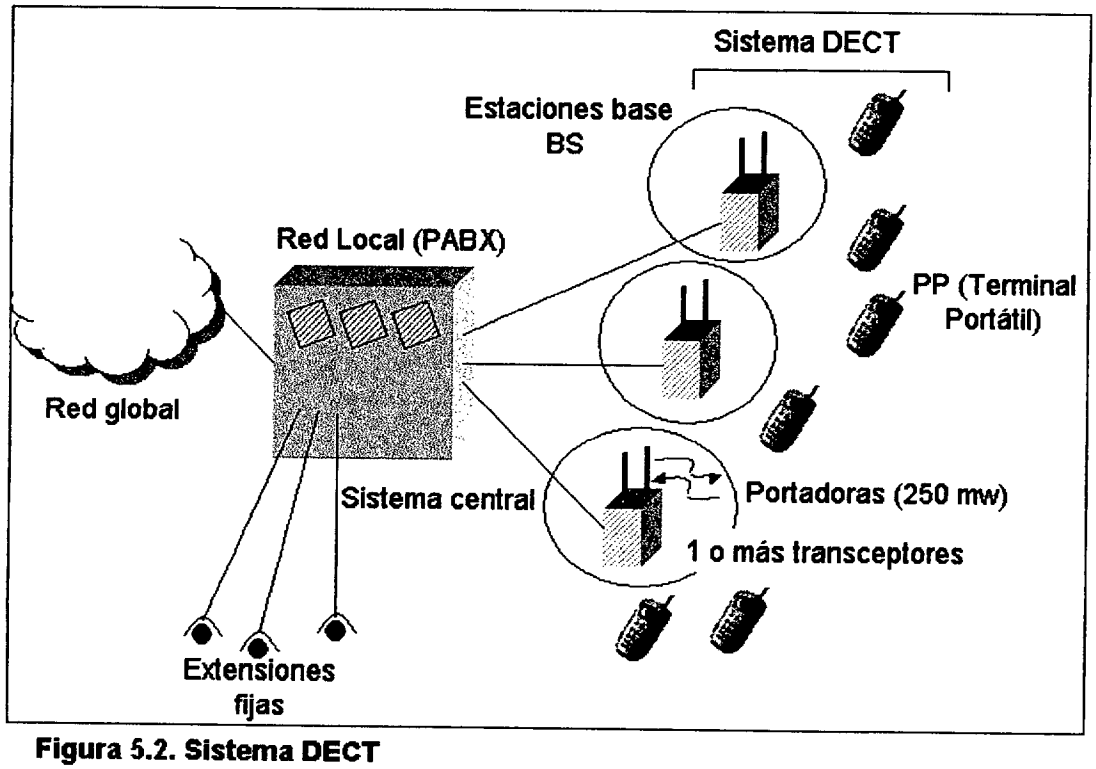


Figura 5.2. Sistema DECT

Las principales características técnicas son:

- Banda de frecuencia: 1880 MHz a 1980 MHz y 2010 MHz a 2025 MHz, aunque los detalles de las bandas y de las posiciones de las portadoras se puede encontrar en la norma EN 300 175
- Número de portadoras: 10
- Espaciado entre portadoras: 1,728 MHz
- Potencia máxima transmitida de pico: 250 mW
- Multiplexación de protadoras: TDMA; 12 slots (ranuras) dobles/ 24 slots completos/ 48 medios slots por trama
- Longitud de la trama: 10 ms
- Duplexión básica: TDD utilizando 2 slots en la misma portadora de RF
- Régimen binario bruto: 1 152 Kbit/s, 2304 Kbit/s; 4608 Kbit/s ó 6912 Kbit/s para 2 – 4 – 8 – 16 – ó- 64 niveles de modulación respectivamente

- Régimen de canal neto: 6,4 Kbit/s

a. Recursos de Radio: Cada estación base (BS) puede emitir y recibir varias portadoras (al menos una) de un banco de diez, en un espectro entre 1,88 GHz y 1,9 GHz, con un espaciado de 1,728 MHz. La estación base emite 12 ranuras (Time slots) y recibe a continuación otras doce, manteniéndose una comunicación por una pareja de time slots de uno y otro sentido, que ocupen el mismo lugar de cada semi-trama (por ejemplo: 1 y 13; 4 y 16 etc).

b. Capacidad de portadora: Cada ranura de las doce que componen la semi-trama a emitir desde la parte fija a la parte portátil, está compuesta por 480 bits. Como la duración de la ranura es de 417 ms, la velocidad de transmisión es de 1,152 Mbs.

c. Codificación de voz (ADPCM): En DECT se utiliza el procedimiento ADPCM de codificación vocal, consistente en restar de las muestras PCM (MIC) lineales, la salida de un estimador de la señal. Con este procedimiento, se obtiene con 32 Kb/s la misma calidad de voz que con los 64 Kb/s del MIC (PCM) convencional.

d. Servicios: Con la capacidad portadora de 32 Kb/s vista anteriormente, se puede enviar voz, con calidad PCM pero usando ADPCM, datos sin protección, hasta 32 Kb/s o protegidos.

e. Acceso al sistema: Cada estación base, emite y recibe unas cuantas portadoras del banco de diez. Según ETSI, cada EB debe poder trabajar con cualquier subconjunto de las diez, aunque pueda por operación del sistema, asignarse a una EB un subconjunto concreto, que puede ser el total de las diez.

f. Uso de la conexión: con el canal confirmado para mantener la conexión, tanto la parte fija como la portátil, la usarán primero para señalizar y luego para el envío de muestras ADPCM de voz y/o datos.

g. Llamada entrante (pagging): Los avisos de llamada entrante se propagan usando el canal piloto. Uno de los envíos que periódicamente se envían por este canal (si hay mensaje que enviar), es el de los mensajes de aviso o "pagging". Se compone del código

del mensaje (aviso), más la identidad del portátil. Todos los portátiles que sintonizan el canal piloto, escuchan por lo tanto los mensajes del aviso. Aquel que detecte su identidad, busca un canal libre y emite en él, usando la portadora que toque escuchar. Accederá por lo tanto al sistema, enviando por el canal elegido un mensaje de "petición de portadora", que deberá ser confirmado por la parte fija antes de usarlo.

h. Seguridad: Cada usuario de un sistema DECT, posee desde su alta en el sistema, una clave "User Acess Key" (UAK) de 128 bits, más un código de identidad personal (User Personnal Identifier: UPI), de 16/32 bits. Así, cuando el portátil accede al sistema y se le confirma el uso del canal portador, la parte Fija obtiene mediante un algoritmo al que se le ataca con UAK y UPI, una clave K de 128 bits. Esta clave entra, junto con un valor aleatorio de 64 bits RS (Random Session), a un segundo algoritmo, obteniéndose la clave de sesión (KS) de 128 bits. Una serie aleatoria RAND de 32 bits, entra junto con KS, a un tercer algoritmo para obtener la serie respuesta XRES1 de 32 bits y la clave CK de cifrado posterior. Alternativamente, puede derivarse la clave K directamente de UAK.

Para aplicaciones que requieren un procedimiento de autenticación por poco tiempo (ej. Restaurantes...), se puede usar la clave personal de acceso AC, de 16/32 bits, substituyendo en el proceso a la clave UAK. El sistema anuncia a los portátiles la opción de autenticación que utiliza.

i. Cifrado: Opcionalmente, DECT contempla la posibilidad de usar cifrado tanto en el envío de voz como de datos. Para ello, se utilizará la clave CK resultado del proceso anterior, de forma que existirá una clave diferente por acceso o bien una clave simplificada (SCK), para todos los casos.

j. Identidad de la parte fija: Cada parte fija (Estación Base + Sistema Central), se identifica por un código que incluye el campo de "clase de identidad", que puede ser privada, de negocios o pública y los "detalles de identidad". El código resultado se denomina PARI (Primary Access Rights).

k. Identidad del portátil: se compone del campo PARK (Portable Access Rigths Key) y del campo IPUI (International Portable User Identifier). El PARK de compone de los campos clase y detalles.

l. Concepto de área: Área es el conjunto de celdas por los cuales puede moverse el portátil sin necesidad de localizarse de nuevo, de forma que cuando el sistema quiera enviar un aviso, pueda saber por qué conjunto de Estaciones Base debe hacerlo. Cuando el portátil observa que ha entrado en un área nueva, bien por ser la primera vez, bien por desplazamiento, envía un mensaje de petición de localización, con el IPUI. Cuando la localización es aceptada, en el mensaje de vuelta, se asigna un número temporal denominado TPUI (Temporary Portable User Identity), que puede ser individual o de grupo.

5.1.2. Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN ó RLAN). Normas IEEE 802.11

Las WLAN se encuadran dentro de las normas desarrolladas por el IEEE para redes de área local inalámbricas. Desde sus comienzos como extensión de la tecnología convencional de redes de área local cableadas (LANs), esta norma ha pasado a ser algo más complejo, más potente y, también, más confuso, como solución de acceso público a la red de comunicaciones móviles para cubrir las zonas de alta concentración de usuarios (los denominados hot spots).

El origen de las WLAN se remonta a un experimento realizado por ingenieros de IBM en 1979, en Suiza, consistente en utilizar enlaces de infrarrojos para crear una red de área local en una fábrica. Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema de espectro expandido (spread spectrum). En 1985, la FCC (Federal Communications Comission), la agencia federal del Gobierno de los Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas ICM (Industrial, Científica y Médica) 902-928 MHz, 2,403-2,500 GHz, 5,150-5,725 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en Spread Spectrum (SS), con las opciones DS (Direct Sequence) y FH (Frequency Hopping).

Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbit/s, el mínimo establecido por el IEEE para que la red sea considerada realmente una LAN, con aplicación empresarial.

Las redes WLAN se componen fundamentalmente de dos tipos de elementos: los puntos de acceso y los dispositivos de cliente. Los puntos de acceso actúan como un concentrador o hub que reciben y envían información vía radio a los dispositivos de clientes, que pueden ser de cualquier tipo, habitualmente, un PC o PDA con una tarjeta de red inalámbrica, con o sin antena.

Este tipo de redes no necesitan licencia para su instalación y permite la libertad de movimientos a sus usuarios, ya que la posibilidad de conexión sin hilos entre diferentes dispositivos elimina la necesidad de compartir un espacio físico común y soluciona las necesidades de los usuarios que requieren tener disponible la información en todos los lugares por donde pueden estar trabajando. Además, a esto se añade la ventaja de que son más sencillas de instalar que las redes de cable y permiten la fácil reubicación de los terminales en caso necesario.

El uso más popular de las WLAN implica la utilización de tarjetas de red inalámbricas, cuya función es permitir al usuario conectarse a la LAN corporativa sin la necesidad de una interfaz física.

En 1989, en el seno del IEEE 802, se forma el comité IEEE 802.11, que empieza a trabajar para tratar de generar una norma para las WLAN, pero no es hasta 1994 cuando aparece el primer borrador, y habría que esperar hasta el año 1999 para dar por finalizada la norma. Actualmente, hay varios estándares reconocidos dentro de esta familia.

En junio del año 1997 el IEEE ratificó el estándar para WLAN IEEE 802.11, que alcanzaba una velocidad de 2 Mbit/s, con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa (DSSS), aunque también contempla la opción de espectro expandido por salto de frecuencia, FHSS en la banda de 2,4 GHz, y se definió el funcionamiento y la interoperabilidad entre redes inalámbricas. El 802.11 se

corresponde con una red local inalámbrica que usa la transmisión por radio en la banda de 2,4 GHz, con regímenes binarios de 1 a 2 Mbit/s. El método de acceso al medio MAC (Medium Access Mechanism) es mediante escucha de portadora, CSMA (Carrier Sense Multiple Access). El medio radioeléctrico es compartido, ya sea por secuencia directa (DSSS) o por saltos de frecuencia (FHSS). El acceso por código CDMA implica que pueden coexistir dos señales en el mismo espectro utilizando códigos diferentes. La banda de 2,4 GHz está reglamentada como banda de uso común y en ella funcionan gran cantidad de sistemas.

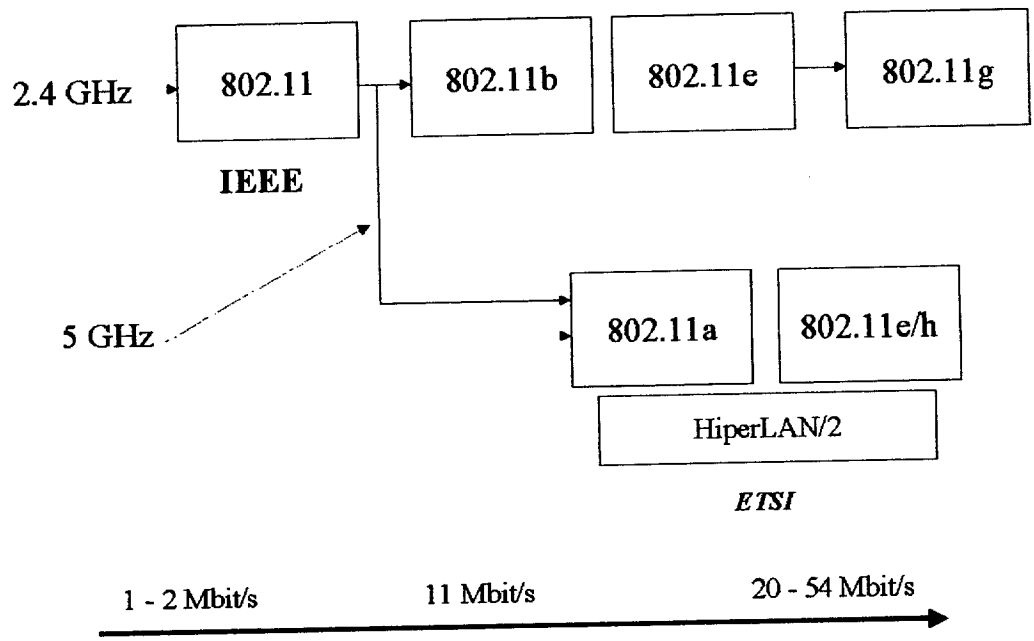


Figura 5.3. Normas IEEE 802.11.

A finales de la década de los 90, los líderes de la industria inalámbrica crean la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), una alianza para garantizar la Compatibilidad Inalámbrica, cuya misión es la de certificar la ínterfuncionalidad y compatibilidad entre los productos de redes inalámbricas 802.11.b y promover este estándar para la empresa y el hogar. Para indicar la compatibilidad entre los citados dispositivos, tarjetas de red o puntos de acceso de cualquier fabricante, se les incorpora el logotipo "Wi-Fi" (estándar de Fidelidad Inalámbrica), y así los equipos con esta marca, soportada por más de 150 empresas, se pueden incorporar en las redes, siendo

incluso posible la incorporación de terminales telefónicos Wi-Fi a estas redes para establecer llamadas de voz.

5.1.2.1. WLAN IEEE 802.11.a

Esta versión de la norma alcanza una velocidad de hasta 54 Mbit/s, con una modulación QAM-64 y la codificación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), y es similar a la norma HiperLAN II de la norma europea. Trabaja en la banda de 5 GHz, menos congestionada y, por ahora, con menos interferencias, pero con un alcance de 50 m. Esto implica tener que disponer más puntos de acceso que si se utilizase la 802.11b para cubrir el mismo área, con el coste adicional que ello supone.

En la banda de 5 GHz, tiene asignados 300 MHz, en tres bloques de 100 MHz, siendo en el primero la potencia máxima de 50 mW, en el segundo de 250 mW, y en el tercero puede llegar hasta 1 W, por lo que se reserva para aplicaciones en el exterior.

5.1.2.2. WLAN IEEE 802.11.b

Este estándar es una extensión del 802.11 para WLANs empresariales, con una velocidad de 11 Mbits/s (otras velocidades normalizadas a nivel físico son: 5,5 y 1 Mbit/s) y un alcance de 100m, suficientes para un entorno de oficina o residencial. Comparte la banda de frecuencias de 2,4 GHz con aplicaciones como teléfonos inalámbricos, hornos de microondas y dispositivos Bluetooth, pudiendo dar lugar a problemas de interferencias. Es la norma de la marca comercial Wi-Fi, comercializado por la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) que certifica la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes. Utiliza una modulación lineal compleja (DSSS), que combina CCK con PBCC.

5.1.2.3. WLAN IEEE 802.11.g

Se trata de un estándar compatible con el 802.11.b, capaz de alcanzar una velocidad doble, es decir, hasta 22 Mbit/s y se espera que pueda alcanzar la velocidad del 802.11.a (de 54 Mbits/s).

5.1.2.4. WLAN IEEE 802.11.e

Esta norma contempla los requerimientos de aplicaciones tales como voz y vídeo.

5.1.2.5. WLAN IEEE 802.11.f

Norma aplicable a comunicaciones entre puntos de acceso para soportar roaming.

5.1.2.6. WLAN IEEE 802.11.i

Norma de encriptado para garantizar la privacidad.

5.1.2.7. WLAN IEEE 802.11.c,d,h

Normas especiales y temas relacionados con las redes.

5.1.3. Redes de Área Personal Inalámbricas (WPAN). Normas IEEE 802.15

La tecnología de Redes de Área Local inalámbrica ha aumentado su presencia en entornos tales como edificios o campus universitarios. Y poco a poco, la tecnología IEEE 802.11b se está implantando en espacios públicos tales como aeropuertos. Esta tecnología posibilita la conectividad a servicios basados en infraestructuras a través de un proveedor o a través de una intranet corporativa con backbone (Bisdikian, 2001).

Una parte del espectro está ocupado por las tecnologías con conectividad inalámbrica personal de corto alcance que permite a los dispositivos personales comunicarse unos con otros sin la necesidad de una infraestructura establecida. La tecnología inalámbrica Bluetooth ofrece a este tipo de conectividad la ventaja de la omnidireccionalidad de la comunicación y la eliminación del requerimiento de la visión directa para el enlace de Radiofrecuencia. El espacio de conectividad está constituido por una "picocelda" por la que se pueden desplazar los usuarios y conectar los dispositivos personales con otros dispositivos que están o que entran en la picocelda. La conectividad es espontánea y efímera y puede implicar varios dispositivos de diferentes capacidades operacionales, a diferencia de las soluciones basadas en WLANs que están diseñadas para

comunicaciones entre dispositivos con determinada capacidad operacional y de autonomía de baterías.

La tecnología Bluetooth pretendía inicialmente reemplazar los cables de interconexión entre una variedad de dispositivos personales, incluyendo notebooks, teléfonos celulares, PDAs, cámaras digitales, etc. y supone una tecnología inalámbrica de interface de bajo coste y fácil uso que reemplaza los cables necesarios para la interconexión entre dispositivos personales.

La primera finalidad de la tecnología Bluetooth inalámbrica es proporcionar una conexión flexible reconfigurable que permita la interconexión entre varios dispositivos personales. Otra finalidad de esta tecnología es proporcionar una interface uniforme para acceder a los servicios de datos. Un usuario podrá conectarse a un punto de acceso de la LAN que le permita acceder, por ejemplo, a la infraestructura y a los servicios de una intranet. Así mismo, el usuario se puede conectar con su teléfono celular y acceder a los servicios de datos de una Red de Área Amplia (WAN).

Otra finalidad de esta tecnología es permitir la conexión "peer-to-peer" (sin punto de acceso) entre dispositivos personales. Esto permite a varios individuos formar grupos, por ejemplo durante una reunión, para intercambiar datos sin necesitar el acceso a una infraestructura que les permita la comunicación entre ellos.

El desarrollo de la norma industrial Bluetooth comenzó en 1998 cuando Ericsson, IBM, Intel, Nokia y Toshiba formaron el Bluetooth Special Industry Group (SIG) para desarrollar y promover una solución global para el funcionamiento de comunicaciones inalámbricas de corto alcance en la banda ICM de 2,4 GHz (Industrial, Científica y Médica).

Para facilitar la aceptación amplia de esta nueva tecnología, el SIG decidió ofrecer toda la propiedad intelectual de la especificación para libre disposición para introducir los productos en el mercado. Actualmente hay aproximadamente 3.000 miembros en el SIG. En el verano de 1.999 se hizo pública la versión 1.0a de la especificación que ocupaba unas 1.600 páginas.

En marzo de 1.999, se creó el grupo de normalización del IEEE 802.15 para desarrollar una familia de normas de comunicaciones para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs). En la primera reunión de julio de 1999 del nuevo grupo, se estableció la especificación de Bluetooth como la base de la norma 802.15.1.

El grupo de trabajo de IEEE 802.15.2 estudia la coexistencia entre las tecnologías inalámbricas 802.

El grupo de trabajo IEEE 802.15.3 desarrolla las normas para regímenes binarios superiores a 20 Mb/s.

El grupo de trabajo IEEE 802.15.4 desarrolla las normas para regímenes binarios inferiores a 200 Kb/s.

5.1.3.1. WPAN 802.15.1. Bluetooth

La especificación de Bluetooth originalmente fue escrita como un manual de implementación más que como un documento de una norma de comunicaciones formal. Este aspecto de la especificación refleja su proceso de desarrollo por un grupo de ingenieros que realmente desarrollaban la tecnología en paralelo con el desarrollo de la especificación, indicando la experiencia adquirida con la implementación. Esto presenta un contraste con el lenguaje formal habitualmente utilizado en las normas, que presenta la ventaja de que se trata de una especificación con una lectura más fácil que la de los documentos de normativa habituales. También presenta el inconveniente de ciertas imprecisiones que hacen que la especificación cree, a veces, conflictos de interpretación.

La versión actual 1.1 comprende dos partes:

- el core (corazón), que define las características de radio y los protocolos de comunicaciones para intercambio de datos entre dispositivos o sobre enlaces de radio Bluetooth.
- los profiles (perfiles), que definen los protocolos a utilizar para realizar ciertas aplicaciones.

Los protocolos se pueden agrupar en dos tipos: Protocolos de transporte y protocolos middleware. Los protocolos de transporte comprenden todos aquellos protocolos desarrollados exclusivamente para la tecnología inalámbrica Bluetooth y están implicados en todas las comunicaciones de datos entre dos dispositivos. Los protocolos middleware comprenden tanto los específicos de Bluetooth, como otros y se utilizan selectivamente para diferentes aplicaciones de intercambio de datos utilizando esta tecnología. Mientras los protocolos de transporte están implicados en todas las comunicaciones de datos con enlaces Bluetooth, los protocolos middleware no participan en las comunicaciones un todo momento.

- El Core

Las radios con esta norma funcionan en la banda ICM de 2,4 GHz. Emplean la técnica de frequency-hopping (con 1600 saltos/segundo) y spread-spectrum (FHSS) con 79 canales de frecuencias definidas por:

$$F = (2{,}402 + k)\ GHz\ ,\ con\ k = 0,\ 1,\ 2,\ ...,\ 78.$$

La técnica de modulación es FSK Gaussiana (GPSK) y el régimen binario es de 1 Msímbolo/seg.

Dependiendo de la potencia transmitidas, las radios pueden ser:

- Clase 1: potencia de transmisión de 20 dBm (100 mW)
- Clase 2: potencia de transmisión de 4 dBm (2,5 mW)
- Clase 3: potencia de transmisión de 0 dBm (1 mW)

Cada dispositivo Bluetooth tiene dos parámetros que están involucrados en prácticamente todos los aspectos de las comunicaciones entre dispositivos. El primero de ellos es una única dirección IEEE de 48 bits asignada a cada radio por el fabricante en el hardware y no se puede modificar (BD-ADDR). El segundo es un reloj de 28 bits, que conmuta cada 312,5 μs, que corresponden a la mitad del tiempo asignado a cada frecuencia cuando el salto entre ellas se produce a una velocidad nominal de 1.600 saltos/seg. Los dispositivos se comunican entre sí intercambiando las direcciones y las temporizaciones.

Una "picorred" Bluetooth la constituyen una serie de dispositivos que se pueden comunicar unos con otros y contiene al menos un dispositivo identificado como maestro (master) de la picorred y, como máximo, otros siete dispositivos identificados como esclavos (slaves), con los cuales el maestro está activamente implicado en la comunicación. Los términos maestro y esclavo son relativos a una picorred particular y no están configurados como tal desde la fábrica. Una radio puede funcionar como maestra o esclava en diferentes momentos.

La identificación de cada dispositivo esclavo la realiza el maestro asignando una dirección de miembro activo (AM-ADDR Active Member Address) a los dispositivos esclavos que participan activamente en la comunicación en la picorred. El maestro regula y controla cuál y cuándo transmite cada uno. Mientras en un momento dado hay hasta siete dispositivos esclavos comunicándose, dispositivos adicionales se pueden registrar con el maestro y participarán activamente cuando se les dé acceso, permaneciendo "aparcados" mientras tanto. Los dispositivos que no están asociados a ninguna picorred, permanecen en stand-by.

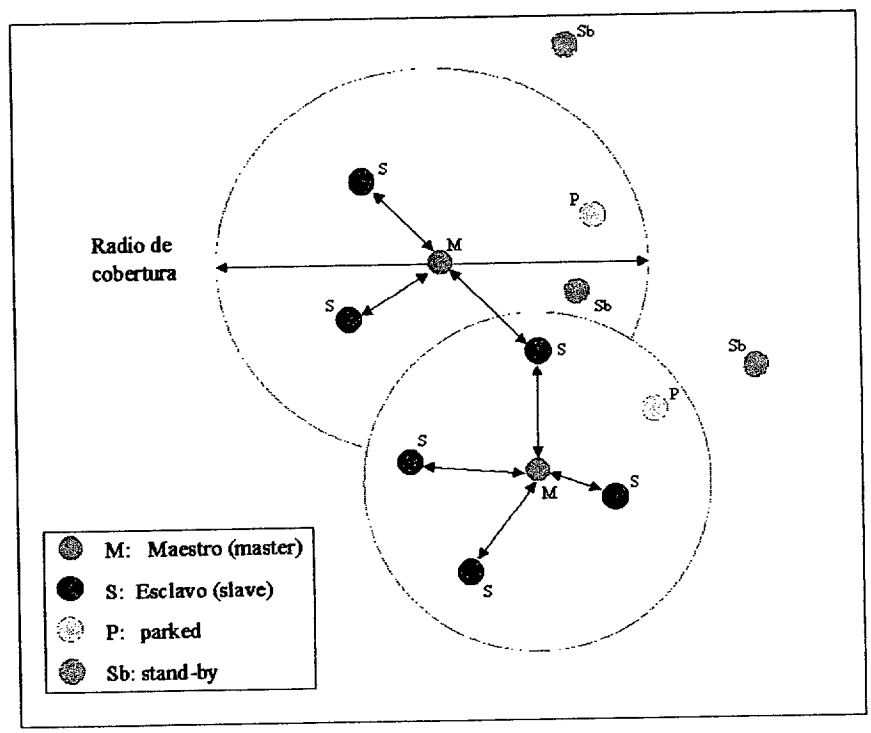


Figura 5.4. Picorred Bluetooth (Bisdikian, 2001)

En la Figura 5.4. se pueden observar dos picorredes con varios dispositivos esclavos y aparcados asociados y varios dispositivos en stand-by. Varias picorredes pueden coexistir en el tiempo y en el espacio independientemente unas de otras. Un único dispositivo puede ser miembro de varias picorredes, tratándose entonces de las llamadas redes distribuidas.

La especificación de Bluetooth comprende procedimientos de seguridad que consisten en algoritmos de autentificación y encriptación. Los dispositivos se pueden autentificar y el enlace se puede encriptar. La autenticación de los dispositivos se basa en una clave secreta compartida que se genera a partir del PIN del usuario. La autenticación del dispositivo puede ocurrir en cualquier momento de la conexión entre dos dispositivos Bluetooth. Una vez autenticado el dispositivo, puede encriptarse el enlace entre ellos para evitar escuchas indeseadas. La clave de encriptación cambia con cada paquete transmitido y puede utilizar hasta 128 bits.

- Los profiles

Teniendo en cuenta que la tecnología inalámbrica Bluetooth está ideada para su utilización por los consumidores, debe requerir la mínima experiencia técnica por parte de los usuarios. La especificación para las aplicaciones constituye los profiles. Todos los profiles dependen del GAP (Generic Access Profile) que define las reglas básicas y las condiciones para conectar dispositivos unos con otros y establecer los enlaces y canales. También definen los niveles de seguridad para la conexión de los dispositivos o permitir la conexión de otros así como las condiciones necesarias para establecer relaciones entre dispositivos.

Algunos profiles definen la sincronización de datos, la transferencia de ficheros, la utilización de teléfonos celulares como módems, la conexión a terminales inalámbricos, el envío de fax, el acceso a LAN a través de punto de acceso, control de impresoras, etc.

5.1.3.2. WPAN 802.15.3.

El grupo de trabajo de WPAN IEEE 802.15 creó el grupo 802.15.3 para definición de una norma de elevado régimen binario y Calidad de Servicio QoS (Quality of Service) necesario para proporcionar una solución con dispositivos de baja potencia, bajo precio y corto alcance para aplicaciones multimedia (Karaoguz, 2001).

Se trata de la versión de la norma 802.15 para elevado régimen binario, hasta 55 Mb/s, que permite la distribución de vídeo de alta definición y audio de alta fidelidad. Las aplicaciones incluyen distribución de vídeo y audio y transferencia de ficheros de varios Megabytes de música e imagen. Estas aplicaciones pueden reemplazar la tecnología del cable doméstico.

La norma IEEE 802.15.3 destaca por:

- posibilidad de conexión ad-hoc con QoS para permitir tráfico multimedia
- facilidad de incorporación y salida de la red
- óptimo consumo de potencia para ahorrar batería
- implementación de bajo coste y complejidad para optimizar las comunicaciones a corta distancia (menos de 10 m)
- soporte de régimen binario de hasta 55 Mb/s, para transmisión con alta calidad de vídeo y audio.

Las aplicaciones de esta norma se agrupan en dos tipos, fundamentalmente. La primera comprende la transferencia de ficheros grandes. La segunda incluye la distribución de vídeo en tiempo real y audio de alta calidad.

La Tabla 5.2. resume las características principales de la norma 802.15.3 en comparación con las 802.11a,b,g y la norma de Bluetooth.

TABLA 5.2.
CARACTERÍSTICAS DE NORMAS 802.11 Y 802.15

	802.15.3	802.11b,g	802.11a	Bluetooth 1.1
Banda de frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz
Régimen de datos (Mb/s)	Hasta 55	Hasta 22	Hasta 54	1
Consumo (mA)	< 80	< 350	> 350	< 30
Número de canales de vídeo	4	2 (ver QoS)	5 (ver QoS)	Ninguno
Distancia (m)	10	100	100	10/100
Norma				
Estados Unidos	FCC 15.249	802.11g	FCC 15.407	FCC 15.247
Europa	ETSI 300.328			

5.1.3.3. WPAN 802.15.4.

Se trata de una norma para aplicaciones en entornos domésticos, caracterizada por su flexibilidad, bajo precio y bajo consumo de potencia. Es una norma óptima para aplicaciones en el hogar con comunicaciones de bajo régimen binario y redes ad-hoc autoconfigurables.

Está concebida para gran variedad de aplicaciones en salud pública, incluyendo localización y red de sensores en situaciones de desastres y en el entorno domiciliario, monitorización clínica incluyendo sensores, monitores y diagnóstico. Fuera del entorno sanitario, presenta varios campos de aplicación, tales como: periféricos inalámbricos de PC, electrónica de consumo, automatismos del hogar, juegos, entre otras aplicaciones.

Propiedad	Valores
Régimen binario	A 868 MHz, 20 Kb/s A 915 MHz, 40 Kb/s A 2,4 GHz, 250 Kb/s
Distancia de cobertura	10 – 20 m
Latencia	< 15 ms
Canales	En 868/915 MHz, 11 En 2,4 GHz, 16
Bandas de frecuencia	868 MHz (Europa) 915 MHz (EEUU) 2,4 GHz
Direccionamiento	8 bits 64 bits
Acceso a los canales	CSMA – CA CSMA – CA ranurado (slotted)
Temperatura	- 40 a + 85ºC (rango industrial)

El entorno del hogar puede presentar múltiples tipos de fuentes de radiación, incluidas varias redes inalámbricas, dando lugar a posibles interferencias no intencionadas que requiera una cuidadosa planificación de las redes.

Las especificaciones de la sensibilidad de los receptores de –85 dBm en 2,4 GHz y de –92 dBm en 868/915 GHz permiten un margen suficiente de cobertura dependiendo también de la potencia transmitida por el transmisor. Según la norma, cada dispositivo debe ser capaz de transmitir al menos 1 mW, aunque este valor dependerá de la aplicación. Un dispositivo típico de 1 mW tiene un rango de cobertura esperado de 10 – 20 m.

Los dispositivos que operan en la banda de 2,4 GHz deben aceptar las interferencias originadas por otros servicios que operan en esa banda. Esto es compatible con las aplicaciones según esta norma, que se caracterizan por una baja QoS, no requieren comunicaciones síncronas y pueden necesitar varias transmisiones para completar el envío de un paquete completo.

5.1.4. Redes de Area Metropolitana Inalámbricas (WMAN). Normas IEEE 802.16

Una Red de Área Metropolitana Inalámbrica proporciona acceso fijo inalámbrico en banda ancha en la banda de frecuencias de 2 a 11 GHz. La WMAN supone una alternativa al acceso a redes mediante enlaces con fibra óptica, coaxial o DSL (Eklund, 2002). Mediante esta tecnología se permite el acceso a servicios multimedia tales como videoconferencia, voz o grupos de juegos. En esta norma están incluidas prestaciones nuevas, tales como opciones para arquitectura en red (Mesh-WLAN).

La principal aplicación de esta norma será proporcionar acceso a servicios de Internet y aplicaciones multimedia inalámbricas (WISP), independientemente de los operadores de telefonía y fácilmente instalable. Esta tecnología permite la integración con las redes de área local inalámbrica de la norma IEEE 802.11, con lo que las estaciones base de la norma IEEE 802.16a suponen un excelente enlace para proporcionar el acceso a Internet de los hosts de IEEE 802.11. Esta norma también puede jugar un papel importante en

regiones en vías de desarrollo en las que no hay disponibilidad de una infraestructura cableada avanzada, con un alcance de más de 50 Km.

Las pruebas de conformidad e interoperabilidad de la interfaz de WirelessMAN, desde 2 a 66 GHz, están respaldadas por el Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). La norma WMAN también está respaldada por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) para utilización de una parte de la 802.16a como base de la norma ETSI correspondiente.

El término "banda ancha" normalmente indica la capacidad de acceder a un ancho de banda significativo por parte del usuario. Sin embargo, en terminología ITU, la transmisión en banda ancha se refiere a un régimen binario de transmisión superior a los 1,5 Mbit/s, aunque muchas redes de Acceso inalámbrico a banda ancha actuales soporten un régimen de datos significativamente superior.

Los sistemas basados en la norma IEEE 802.16 emplean arquitecturas multipunto, que incluye punto-a-multipunto (P-MP) y multipunto-a-multipunto (MP-MP). Los sistema PMP comprenden estaciones base, abonados y, en algunos casos, repetidores. Las estaciones base utilizan antenas con haces relativamente anchos divididos en uno o varios sectores proporcionando cobertura en 360° con una o varias antenas. Para dar cobertura a un área completa, pueden ser necesarias más de una estación base. Los abonados utilizan antenas direccionales dirigidas a la estación base y comparten el uso del radiocanal por medio de varios métodos de acceso: división de frecuencia, tiempo o código.

En las arquitecturas MP (Mesh) las estaciones base proporcionan conexión al centro de la red y a las otras estaciones. El abonado puede ser un terminal o un repetidor. El tráfico se puede cursar hasta el abonado por medio de uno o más repetidores. Las antenas son generalmente direccionales de haz estrecho.

El sistema está compuesto típicamente por Estaciones base (BS), estaciones abonadas (SS), equipos terminales abonados (ET), enlaces intercelulares, repetidores y otros equipos posibles. Los enlaces intercelulares pueden ser inalámbricos, de fibra óptica o de cobre entre dos o más estaciones base (BS). Las antenas pueden ser de diferentes

tipos: normalmente, la estación abonada utiliza antenas direccionales y algunos sistemas utilizan repetidores para aumentar la cobertura cuando la BS no tiene visión directa en su área de cobertura.

La propagación electromagnética en el rango de frecuencias de 1 a 3 GHz (y de 10 a 66 GHz) es relativamente no dispersiva, aunque en ocasiones puede presentar importante atenuación por lluvia. La absorción de emisiones por la tierra o estructuras artificiales suele ser importante, por lo que se recomienda mantener la visión directa entre antenas transmisoras y receptoras.

La versión inicial de la norma 802.16, aprobada por el IEEE en 2002, funciona en las frecuencias entre 10 y 66 GHz requiriendo visión directa entre las torres. A partir de esta norma general, se están desarrollando las siguientes:

WMAN 802.16.a. Ratificada en marzo de 2003, y no requiere transmisión con visión directa en las frecuencias de 2 a 11 GHz, muchas de ellas de uso común. Permite un alcance hasta de 52 Km con 70 Mbit/s, régimen binario que puede dar soporte a miles de usuarios.

WMAN 802.16.b. Se referirá a la calidad de servicio (QoS)

WMAN 802.16.c. Regulará la interoperabilidad

WMAN 802.16.d. Dedicada a los Puntos de acceso fijos no incluidos en la c.

WMAN 802.16.e. Dedicada a difusión desde móviles y fijos.

5.1.5. Redes de Área Extendida (WAN). Mobile Broadband wireless access: MBWA. Normas IEEE 802.20

Esta norma estará dirigida a redes inalámbricas de cobertura en grandes áreas. El 11 de diciembre de 2002, el IEEE Standard Board aprobó el establecimiento del grupo de trabajo IEEE 802.20 para el desarrollo de un sistema denominado genéricamente: Mobile Broadband Wireless Access (MBWA) (Ramos y col., 2004c).

La misión de IEEE 802.20 es desarrollar la especificación de las capas PHY y MAC de un interfaz aire basado en conmutación de paquetes y optimizado para el transporte IP que:

- opere en las bandas de trabajo licenciadas por debajo de 3,5 GHz
- trabaje con velocidades de pico por encima de 1 Mbps.
- soporte movilidad por encima de los 250 Km/h
- cubra tamaños de celda que permitan coberturas continuas de áreas metropolitanas
- obtenga eficiencias espectrales, velocidades de transmisión sostenidas y número de usuarios activos significativamente más altos que con los sistemas móviles existentes.

A continuación se resumen las tecnologías anteriormente mencionadas

TABLA 5.3.
COMPARACIÓN ENTRE VARIAS CONFIGURACIONES INALÁMBRICAS

	802.11	802.15	802.16	802.20
Espectro	Sin licencia	Sin licencia	Licencia Sin licencia	Licencia
Banda de frecuencias	2,4GHz, 5GHz	Varias según aplicación	10-66GHz 2-11GHz	Por debajo 3,5GHz
Tipo de acceso	Area Local	Espacio personal	Accesos fijos PMP y mallados en MAN	Ubicuidad en áreas metropolitanas
Movilidad	Portatibilidad	Espacio personal	Fijo	
Alimentación	Batería	Batería	Red	Batería
LOS/NLOS	NLOS	NLOS	LOS (10-66GHz) NLOS (2-11GHz)	NLOS
Capas afectadas	PHY y MAC para LAN	PHY y MAC para PAN	PHY y MAC para acceso inalambrico PMP	PHY y MAC para redes acceso móviles

5.1.6. Ultra Wide Band Networks (UWB) con IEEE 1394

Las nuevas plataformas para redes domésticas, son fáciles de instalar y fáciles de manejar. Recientemente, se han propuesto nuevas interfaces, tales como el bus serie USB, HomePNA, el IEEE 1394 para sistemas con cable, HomeRF, Bluetooth, IEEE 802.11a, y el IEEE 1394 inalámbrico a 5 GHz.

La combinación de IEEE 1394 con la tecnología UWB de impulsos por radio proporciona la flexibilidad y la movilidad de una solución con acceso inalámbrico de banda ancha en el interior y en los alrededores del hogar.

La tecnología UWB codifica una gran cantidad de información en una serie de pulsos cortos, con muy baja potencia distribuida a lo largo de un amplio rango de frecuencias. Este sistema presenta ciertas ventajas para las comunicaciones inalámbricas de banda ancha en interiores, como son:

- alta capacidad
- baja probabilidad de desvanecimiento por multitrayecto
- inmunidad frente a interferencias
- diversidad en tiempo y frecuencia

Este tipo de redes, permitiría la vigilancia remota, tele-consulta y atención domiciliaria, entre otras aplicaciones multimedia. Teniendo en cuenta que los requerimientos en el hogar pueden ser algo diferentes de los del entorno laboral, entre otras prestaciones se pueden destacar:

- flexibilidad: capacidad de procesado de diferentes tipos de datos, desde regímenes muy bajos, hasta de algunos megabits por segundo para aplicaciones de vídeo
- prestaciones en tiempo real
- fácil operación: sin especial atención a la configuración de la red o a las conexiones
- economía: precios y tamaños bajos
- alta fiabilidad: permitiendo actividad y movimiento personal, que suelen ser inevitables. Las sombras en la propagación producidas por el cuerpo humano afectan especialmente a la fiabilidad del sistema y a la calidad del servicio.

Además de estos requerimientos, es fundamental la regulación internacional para las aplicaciones futuras. En la siguiente Tabla 5.4, se presentan algunas tecnologías para redes inalámbricas en el hogar

TABLA 5.4.
TECNOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS PARA APLICACIONES EN EL HOGAR

	Bluetooth	**HomeRF**	**IEEE 802.11a**	**Wireless1394**	**IEEE 1394+UWB**
Espectro	2,4 GHz (Banda ICM)	2,4 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	3,1-10,6 GHz
Régimen de pico	~ 720 Kb/s	0,8 ~ 1,6 Mb/s	~ 54 Mb/s	~ 70 Mb/s	≥100Mb/s (~ 400 Mb/s)
Modulación	FHSS: 1600saltos/s	FHSS: 50 saltos/s	OFDM	OFDM	TH-PPM, PAM Modulación bifase
Distancia	< 10m	< 50m	~ 50m	10 ~ 20m	< 10m
Topología de conexión	Per-to-peer maestro-esclavo	Peer-to-peer Ms-to-BS	MS-to-BS	Peer-to-peer, multisalto	Peer-to-peer, multisalto
Prestaciones en tiempo real	SI	SI	NO	SI	SI
Aplicación	Telefonía móvil Terminales portátiles	PC, periféricos, terminales móviles	Transmisión de datos IP	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)

Teniendo en cuenta que la tecnología UWB generalmente ocupa una banda de frecuencias bastante ancha, como se representa en la Figura 5.5. siguiente, existe el riesgo de interferencias producidas por el sistema con otros sistemas existentes de banda estrecha, tales como GPS, redes móviles celulares, WLAN y sistemas de radiodifusión de TV. Por lo tanto será importante garantizar la coexistencia y la compatibilidad entre UWB y los citados sistemas de banda estrecha, por medio de:

- el espectro de la señal de radio transmitida en tecnología UWB debe ser tan plano como sea posible y con los niveles permitidos
- la topología de la red puede no estar completamente distribuida, para facilitar el control de la potencia y de las interferencias, es decir, una topología centralizada en la que se permite comunicación peer-to-peer dentro de la zona de cobertura del hub
- para evitar las interferencias con otros sistemas, puede ser más efectiva la transferencia multisalto a corta distancia, que la transferencia con un único salto a una distancia mayor
- generalmente, una topología del tipo de Bluetooth puede ser una opción adecuada para una red con UWB en el hogar compuesta por varias picoceldas en las que cada maestro controla los esclavos.

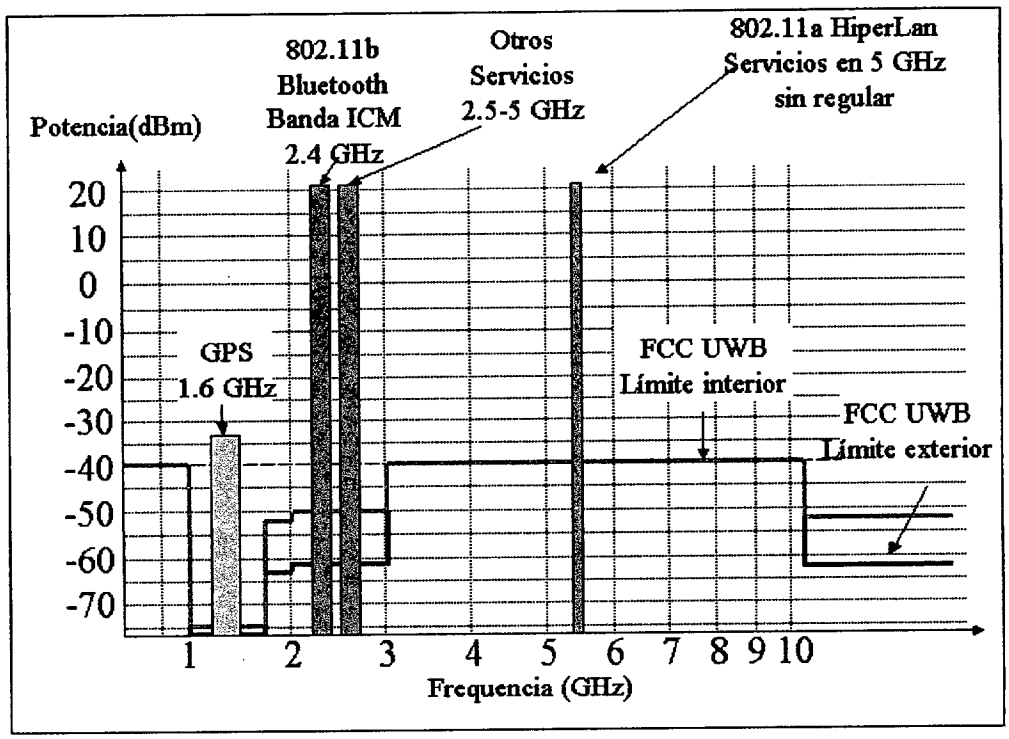


Figura 5.5. Potencias de transmisión en diferentes servicios en frecuencias ICM

Dependiendo de la propagación o las interferencias de la señal de radio, el hub puede cambiar la topología multisalto controlando los terminales, por medio de:

- manteniendo la estructura de la trama y distribuyendo la temporización de la información
- monitorizando y controlando las estaciones o los terminales registrados
- asignando las ranuras a los terminales (síncronos y asíncronos)
- controlando la calidad de la comunicación entre estaciones
- controlando el acceso múltiple entre estaciones
- negociando y ajustando el ancho de banda reservado, que dependerá de la ocupación del bus.

5.1.7. HiperLAN II

Se trata de la norma europea desarrollada por el ETSI en Europa para acceso inalámbrico a IP de alta velocidad y aplicaciones multimedia.

Actualmente, las redes de Área Local y de Área Personal operan fundamentalmente, en la banda de 2,4 GHz, compartiendo el espectro (los 85 MHz) con teléfonos inalámbricos y otras aplicaciones fuentes de interferencias, reduciendo las prestaciones. La elección de la banda de 5,15 a 5,35 GHz para estas redes de área local y aplicaciones inalámbricas se presenta como óptima por varias razones:

- los organismos reguladores americanos y europeos han reservado una banda de 200 MHz, aumentando la capacidad para transmisión de datos
- esta banda recibe interferencias mínimas procedentes de los hornos de microondas
- esta banda tampoco requiere licencia

Las características principales son:

- especificaciones del subsistema radio sobre capa física, capa de enlace de datos y convergencia de capas
- norma que permite la interoperabilidad entre sistemas
- especificaciones de pruebas de conformidad
- aplicaciones en oficina y en el hogar
- disponible globalmente
- capa física relacionada con IEEE 802.11a
- especificación básica con funciones para negocios
- especificación extendida, soportando IEEE 1394 para aplicaciones en el hogar
- soporte de redes IP y ATM
- permite una QoS para comunicaciones multimedia (802.1p, RSVP, ATM, IEEE 1394)
- control central por medio de estación base y dispositivos con enlace peer-to-peer
- puede cursar tráfico asimétrico en diferentes conexiones para distintos usuarios
- radio de cobertura permitiendo 25 Mb/s de
  - 15 - 20 m en interior en el hogar

- 30 – 40 m en interior en oficinas
- 150 m en exterior en espacio abierto

- permite diferentes situaciones de interferencia y condiciones de propagación para
  - proporcionar enlace de comunicaciones con baja relación señal / interferencia
  - mantener la QoS
  - acuerdo entre distancia de comunicación y régimen de datos
  - permite la adaptación del enlace a múltiple modulaciones y códigos de canal
- bajo consumo de potencia
  - control del consumo
  - ahorro de potencia (modo dormido)

En la Figura 5.6. siguiente se pueden observar las diferentes normas de redes inalámbricas europeas y estadounidenses:

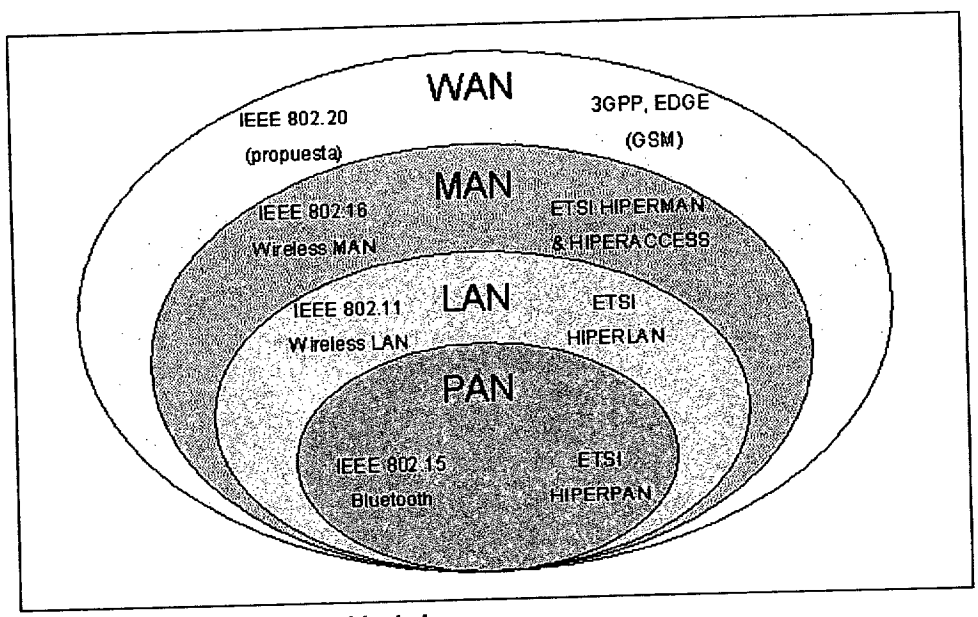


Figura 5.6. Normas Inalámbricas

5.1.8. Redes de Área Corporal. Body Area Networks (BAN). Aplicaciones de Inteligencia Ambiental, Ambient Intelligence (AmI)

Las nueva tecnologías móviles incorporan las Redes de Area Corporal (Body Area Network, BAN), que lleva la persona sobre su cuerpo y permite la transmisión de varias clases de parámetros. En el caso de parámetros fisiológicos, se podrán enviar los parámetros al médico, al centro médico o al centro de llamadas sanitarias. La transferencia de datos se realiza por medio de tecnologías de banda ancha tipo GPRS, UMTS ó WLAN. Esto permite la monitorización, el almacenamiento y la transmisión de parámetros vitales del paciente. Este tipo de soluciones permite la personalización del servicio y asegura la intervención apropiada como respuesta a ciertas condiciones o combinaciones de ellas detectadas en los parámetros vitales medidos.

La BAN portada por el paciente es programada de acuerdo con sus requerimientos personales y está formada por sensores y dispositivos activos, dispositivo móvil receptor de datos y un equipo de comunicaciones móviles de banda ancha o PDA (Personal Digital Assistant). Los sensores de pequeño tamaño fijados al cuerpo miden los parámetros vitales y los envían a intervalos o continuamente de forma inalámbrica (por medio de Bluetooth o similar) al terminal receptor. Este terminal puede transmitir los datos por medio de Internet, GPRS, UMTS y/o WLAN al centro en el que se analizarán los parámetros y se tomarán las decisiones oportunas.

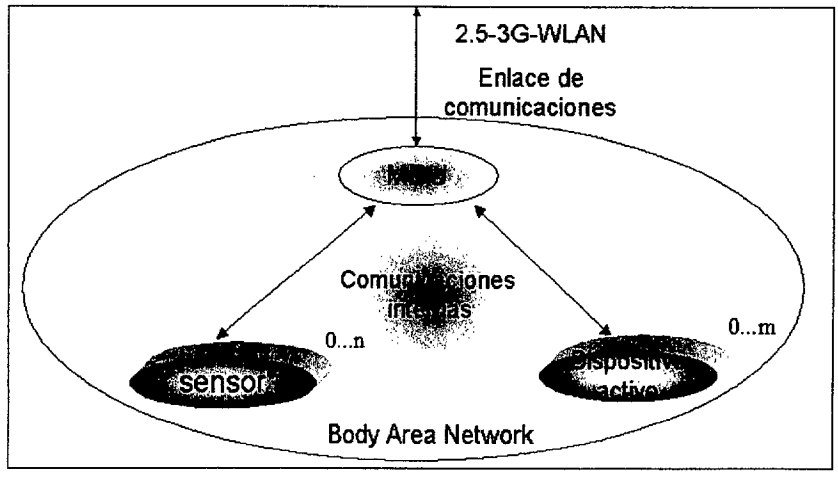


Figura 5.7. Estructura de BAN

Las aplicaciones de las BAN se pueden encontrar en los distintos tipos de atención a pacientes, en emergencias, en deporte u ocio así como en investigación clínica, como se representa en la Figura 5.8.

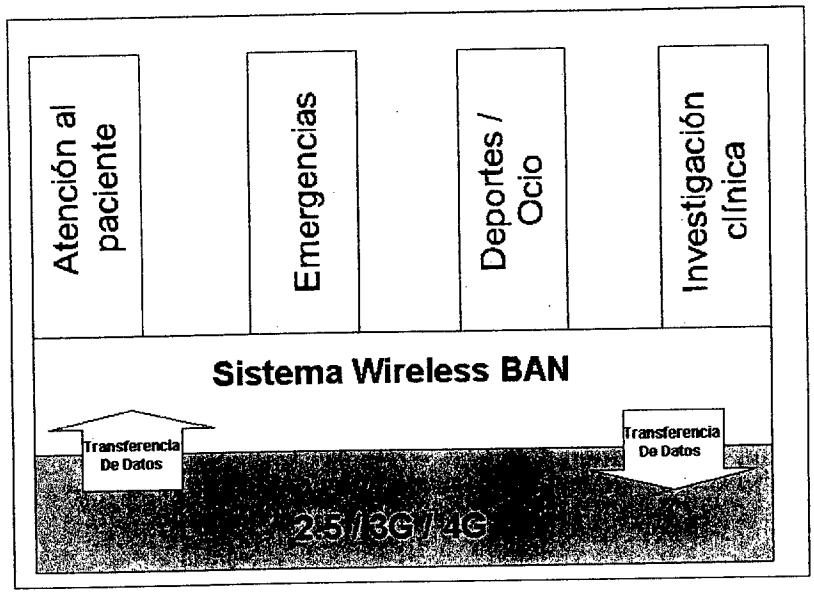


Figura 5.8. Wireless BAN genérica para diferentes servicios

En el concepto de Inteligencia Ambiental (AmI) convergen tres tecnologías: computación ubicua, comunicaciones ubicuas e Interfaces inteligentes amigables para el usuario (CE, 2002). Según esto, las personas estarán rodeadas de interfaces inteligentes soportados por tecnología de ordenadores y redes en todas partes, embebidos en objetos cotidianos tales como muebles, ropas, vehículos, carreteras y materiales inteligentes incluso en sustancias como las partículas de pinturas decorativas. AmI supone un entorno continuo de ordenadores, tecnología avanzada de redes e interfaces específicas. Detecta características específicas de la presencia humana y la personalidad, atiende las necesidades y presenta capacidad de respuesta inteligente a la voz o a gestos.

Las características tecnológicas principales pueden ser

- hardware nada intrusivo y de gran compatibilidad, incluyendo redes ópticas, nano y micro electrónica, tecnologías de potencia y de presentación, chips de radiofrecuencia de muy baja potencia

- infraestructura de comunicaciones fija / móvil continua, plataformas abiertas o estándares de facto que permitan la interoperabilidad. Redes de área personal (PAN) integradas en redes de área de vehículos (VAN), a su vez integradas en redes de área amplia (WAN)
- redes de dispositivos masiva y dinámicamente distribuidos
- interfaces humanas de aspecto natural, tecnologías intuitivas, nuevos materiales
- desarrollos personales y comunitarios, incluyendo factores de diseño socio-tecnológico, soporte de interacción hombre – hombre, bases de datos distribuidas
- fiabilidad y seguridad privada, sistemas de autenticación biométricos, firma digital y métodos basados en la genética
- tecnología que garantice el derecho a la intimidad / anonimato / identidad de las personas y de las organizaciones
- reducir el coste social y el riesgo para la salud.

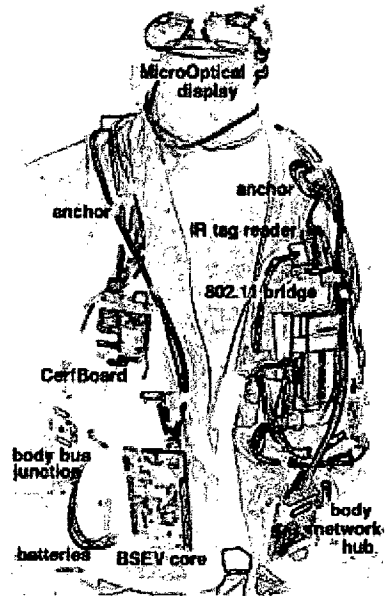


Figura 5.9. Dispositivos "wereables" (MediaLab, 2004)

5.1.9. Discusión de las configuraciones

Estas tecnologías son realmente complementarias entre sí, más que competencia, ya que la facilidad de uso, el bajo costo y la alta velocidad son objetivos comunes a todas ellas. La tendencia actual de las aplicaciones inalámbricas es hacia la utilización conjunta de

redes personales e inalámbricas (WPANs y WLANs) en una mayor variedad de escenarios (por ejemplo, en el mismo portátil, en la misma sala o en la misma zona). Por ejemplo, la conexión entre PDAs y ordenadores se puede realizar por medio de Bluetooth y la conexión al punto de acceso separado varios metros por medio de WLAN.

Bluetooth, puede aplicarse como red inalámbrica de área personal, aunque serían necesarios ciertos esfuerzos para eliminar las interferencias entre Bluetooth e IEEE 802.11b, en casos de coexistencia en el mismo entorno. Hay que tener en cuenta el continuo crecimiento de dispositivos inalámbricos que operan en la banda de 2,4 GHz I.C.M. de uso común. Mientras la utilización de técnicas de espectro disperso y control de potencia pueden minimizar las interferencias cuando hay varios usuarios de la misma banda en espacios distintos, cuando se encuentren varios dispositivos funcionando en las proximidades, puede no darse esta minimización de interferencias.

La instalación de la aplicación de telemetría clínica requiere un análisis detallado de los requisitos de comunicaciones que condiciona la opción tecnológica a tomar. Las principales características serán: garantizar el máximo área de cobertura y la calidad del servicio en toda la zona por medio del posicionamiento óptimo de los puntos de acceso y de sus antenas junto con la evaluación de sus zonas de cobertura.

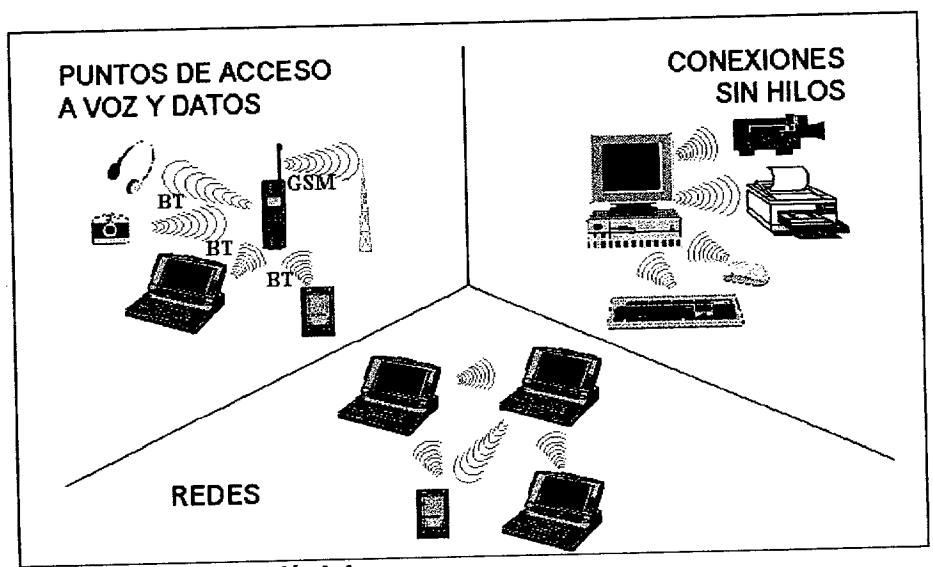


Figura 5.10. Redes inalámbricas

5.2. CARACTERIZACIÓN DE TERMINAL Y ESTACIÓN BASE DECT

Se lleva a cabo la evaluación del equipo de telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT) en lo relativo a la compatibilidad electromagnética (CEM). El cumplimiento del equipo radio con los requisitos de la presente caracterización no significa el cumplimiento con cualquiera de los requisitos relacionados con la gestión del espectro o con el uso del equipo (requisitos relativos a licencias) ni el cumplimiento de todos los requisitos de seguridad (AENOR, 2002a), (AENOR, 2002b), (ETSI, 1993), (ETSI, 2003b), (ETSI, 2003c), (ETSI, 1995), (ETSI, 2003a).

Se ha elegido la caracterización detallada del sistema DECT constituido por terminal y estación base, por tratarse de la configuración de red inalámbrica que trabaja en 1880 MHz, utiliza un transmisor de mayor potencia (máximo de 250 mW, 24 dBm por portadora, tanto el terminal como la estación base) y por su frecuente utilización en los domicilios.

Las pruebas se han realizado en condiciones de espacio abierto, entendiéndose desde el punto de vista electromagnético, de tal forma que las paredes y techo sean transparentes a las ondas de radio a las frecuencias consideradas. Las medidas relativas de transmisor o receptor requieren la calibración previa del lugar de medida.

La distancia entre el equipo en prueba y el equipo de medida depende de la frecuencia de medida y de la dimensión de la antena de medida

$$\text{longitud de la antena} < \lambda / 2$$

Por lo tanto, la separación mínima entre el equipo en pruebas y el de medidas es de 1m, para frecuencias superiores a 1 GHz.

El equipo en pruebas (o su antena, en caso de encontrarse separados) se encuentra a una altura de 1,5 m, y la altura de la antena de medidas (transmisora o receptora) puede

variar entre 1 y 4 m. El soporte del equipo permite la rotación en 360° y el soporte está realizado de un material no conductor.

Las dimensiones mínimas del lugar de medida son (2 x D m) X (3 x D m), donde D es la distancia de separación entre equipos. El plano de masa es de un material conductivo, suficientemente grande (al menos 5 m de diámetro) plano y horizontal, con el soporte del equipo a medir situado en el centro. Hay que garantizar que no se produzcan reflexiones con objetos extraños en las proximidades que degraden los resultados de las medidas, concretamente

- no situar objetos conductores de longitud mayor de $\lambda / 4$ en las proximidades
- los cables son lo más corto posible, de baja impedancia y situados sobre el plano de masa, o mejor, bajo él

La calibración permite la creación en un entorno dado, de una intensidad de campo y sólo es válida a una cierta frecuencia, para una polarización dada y una posición exacta de la antena de pruebas. Las antenas transmisora y receptora tienen la misma polarización. El equipo en pruebas rota tanto en el plano horizontal como en el vertical, para localizar la dirección de máxima intensidad de campo detectado por la antena de prueba. Esta orientación se llama posición de referencia.

Las medidas de caracterización del sistema DECT en estudio se llevan a cabo en una cámara anecoica (en rigor, semianecoica), que es un recinto apantallado cubierto en su interior con un material absorbente que simula el comportamiento en espacio abierto.

La antena de pruebas está montada en un soporte que permite su utilización tanto en polarización horizontal como vertical así como la variación de altura especificada. Se utilizan antenas directivas cuyo tamaño no puede exceder el 20% de la distancia de medida. Para medidas en frecuencias entre 1 y 4 GHz, se pueden utilizar antenas de dipolos en $\lambda /2$ o antenas de bocina. Las medidas a frecuencias superiores a 4 GHz se llevan a cabo con antenas de bocina, con el centro de la antena coincidiendo con el punto de prueba de referencia. La distancia mínima entre el extremo inferior de la antena y el suelo es de 30 cm.

El terminal y la antena se acoplan mediante una línea de transmisión de impedancia característica 50 Ω a la frecuencia de trabajo y las características del montaje de pruebas son:

- las pérdidas de acoplamiento no superan los 20 dB
- la variación de las pérdidas de acoplamiento en el rango de frecuencias de funcionamiento no supera los 2 dB
- la circuitería asociada con el acoplamiento en RF no contiene dispositivos activos ni no-lineales
- la ROE a 50 ohmios en el conector inferior a 1,5 en el rango de frecuencias de las medidas
- las pérdidas de acoplamiento son independientes de la posición del equipo de pruebas y no les afectan la proximidad de objetos o personas
- las pérdidas de acoplamiento permanecen constantes al variar las condiciones ambientales.

El analizador de espectro utilizado es el HP 8562E (Agilent, 2000), con la opción 026. Sus principales características son:

- Gama de frecuencias: 30 Hz a 2,9 GHz, extendido a 26,5 GHz
- Ancho de banda de resolución: 1 Hz a 1 MHz
- Ancho de banda de vídeo: 1 Hz a 3 MHz
- Gama de amplitud de las medidas: -115 dBm a 30 dBm
- Gama de amplitud del display: 20 / 50 / 100 dB, lineal
- Incertidumbre en el nivel de medidas: 1,5 dB

5.2.1. Medidas

5.2.1.1.Calibración de cables, ganancias de antenas, pérdidas en condiciones de espacio libre en función de la frecuencia y de la distancia

En las medidas que se llevan a cabo, se utiliza la siguiente instrumentación:

- antena de bocina
- antena logarítmico-periódica

- generador de señal de Radiofrecuencia
- analizador de espectro
- ordenador personal
- adaptadores de tensiones y señales

La calibración de cables y antenas se realiza mediante los montajes representados en la Figura 5.11. siguiente

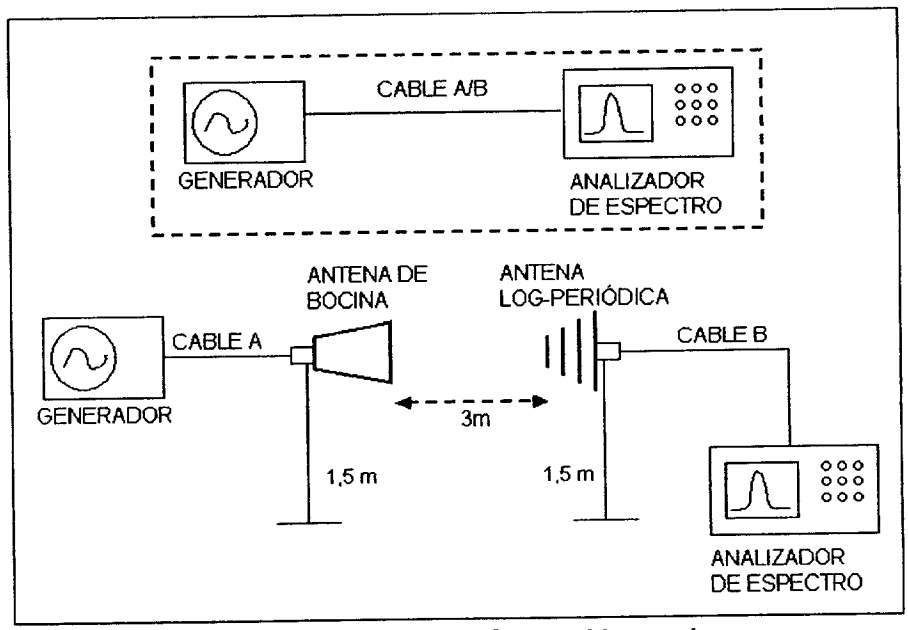


Figura 5.11. Configuración para calibración de cables y antena

En la figura anterior se representa la configuración utilizada para realizar el calibrado de los cables A y B. A partir de una señal de referencia en el generador de RF y de la lectura en el analizador de espectro, se puede obtener la atenuación de los cables A y B a las distintas frecuencias de medida:

- $F_0 = 1888{,}704$ MHz
- $F_1 = 2F_0$
- $F_2 = 3F_0$
- $F_3 = F_0 - F(\text{Oscilador Local Transmisor}) = F_0 - F_{OLTx}$
- $F_4 = F_0 + F(\text{Oscilador Local Transmisor}) = F_0 + F_{OLTx}$
- $F_5 = F_0 - F(\text{Oscilador Local Receptor}) = F_0 - F_{OLRx}$

La ganancia de la antena de bocina a cada frecuencia es un dato conocido, no siendo así para la antena logarítmico - periódica. Para obtener la ganancia de la citada antena, se realiza el montaje representado en la figura anterior, calculando previamente las pérdidas básicas de propagación en condiciones de espacio libre, L_{bf}, según la expresión siguiente

$$\mathbf{L_{bf} = Potencia\ transmitida\ /\ Potencia\ recibida}$$

$$\mathbf{L_{bf} = P_t / P_r = (4\pi d/\lambda)^2 = (4\pi/c)^2\, d^2(m)\, f^2(Hz)}$$

Esta pérdida básica de propagación expresada en dB toma la forma siguiente

$$\mathbf{L_{bf}\,(dB) = 32{,}45 + 20 \log f\,(MHz) + 20 \log d\,(Km)}$$

En donde f (MHz) son las frecuencias F_0, F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 de medida y d (Km) la distancia de separación de las antenas.

Una vez obtenidos los valores de las pérdidas de propagación para las distintas frecuencias, se calcula la ganancia de la antena logarítmico – periódica a partir de la expresión siguiente de potencia recibida en función de la potencia transmitida, atenuaciones de los cables, ganancias de las antenas y pérdidas de propagación, para las distintas frecuencias:

$$\mathbf{P_r\,(dBm) = P_t\,(dBm) - \alpha_{CA}\,(dB) + G_B\,(dB) - L_{bf}\,(dB) + G_{LP}\,(dB) - \alpha_{CB}\,(dB)}$$

Donde:

P_r = potencia recibida
P_t = potencia transmitida
α_{CA} = atenuación del cable A
α_{CB} = atenuación del cable B
G_B = ganancia de la antena de bocina
G_{LP} = ganancia de antena logarítmico - periódica
L_{bf} = pérdida básica en condiciones de espacio libre

Sustituyendo los datos conocidos en la anterior expresión, se obtiene la ganancia de la antena logarítmico – periódica, para las frecuencias de medida.

5.2.1.2. Diagramas de radiación de las antenas de Estación Base y Terminal

Una antena es una estructura, en general construida de un material buen conductor, diseñada en forma y tamaño para radiar energía electromagnética de manera eficiente (COIT, 2001). Una antena produce a su alrededor un campo electromagnético que se describe mediante dos funciones vectoriales de la posición en el espacio y del tiempo: la intensidad de Campo Eléctrico E, que se mide en V/m, y la Intensidad de Campo Magnético H, que se mide en A/m.

Se denominan campos externos a los campos generados por un elemento radiante en el espacio libre circundante. En consideración a la distancia a la que se analiza el efecto de la antena, se diferencian claramente, las regiones:

- zona de campo lejano, entendiendo por tal las distancias que cumplen $r > 2a^2/\lambda$, siendo a la dimensión mayor de la antena
- zona de campo próximo, para la cual suele utilizarse $r < a / 4 + (a/2)(a/\lambda)^{1/3}$
- la zona de transición entre ambas, denominada zona intermedia o de Fresnel, en la que pueden seleccionarse distancias de manera que los campos mantengan un determinado grado de semejanza con los campos lejanos

Estas regiones están asociadas a la longitud de onda, es decir, dependen, para una antena dada, de la banda de frecuencia de utilización.

En la zona de campo lejano, en general la de mayor interés práctico, ambas intensidades de campo son perpendiculares a la dirección antena-punto de observación (r) y existe entre ellas una relación conocida, la de onda plana

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

siendo r en sentido saliente de la antena y η_0 la impedancia intrínseca del espacio libre ($120\pi\ \Omega$). En esta zona, independientemente de la antena, la variación de las intensidades de campo con la distancia es de la forma 1/r, mientras que la variación

respecto de la posición angular es independiente de la distancia. Todo ello hace que la caracterización de los campos lejanos pueda realizarse de forma relativamente simple y que se obtenga información completa del fenómeno a partir del conocimiento de sólo una de las intensidades. En concreto, es posible establecer conclusiones de carácter muy general en lo referente a la energía asociada al fenómeno de radiación, que pueden resumirse en:

- la densidad de potencia E x H tiene, en la zona de campo lejano, la dirección de la recta que una la antena con el punto de observación y sentido saliente
- la densidad de potencia decrece con la distancia a la antena como $1/r^2$

Para el campo próximo, ninguna de las consideraciones anteriores se mantienen. La variación de las intensidades de campo es complicada y sólo en contadas ocasiones se puede calcular por métodos simples. No obstante, se pueden hacer las siguientes observaciones:

- en las proximidades de la antena, no existe ninguna relación de tipo general entre ambas intensidades de campo
- las intensidades de campo son siempre muy grandes comparadas con los valores en campo lejano, predominando el campo eléctrico o el magnético según el punto que se considere y el tipo de elemento radiante de que se trate
- la densidad de potencia puede ser muy grande

En cualquier caso, las verdaderas fronteras entre las regiones son fuertemente dependientes de la configuración de la antena, por lo que las expresiones anteriores sólo constituyen una referencia básica que debe ser evaluada con mayor rigor en cada situación correcta.

Una característica esencial de los campos radiados, sea cual sea la zona de análisis, es la forma en que evolucionan, en cada punto del espacio, a lo largo del tiempo (polarización del campo). La polarización es específica de cada antena y, en general, distinta para cada punto del espacio, tanto en campo próximo como lejano. Las condiciones de polarización de la antena no sólo condicionan el diseño del sistema de

comunicaciones sino que resultan esenciales a la hora de planificar estrategias de medida de intensidades de campo.

Los diagramas de radiación de las antenas se obtienen por medio del montaje de la Figura 5.12. La señal transmitida por el dispositivo cuya antena se va a caracterizar es recibida por la antena que está conectada al analizador de espectro. Esta señal es recogida por un programa alojado en el ordenador que permite la presentación de los diagramas de radiación. El sistema comprende varios dispositivos de control que permiten la sincronización de la velocidad de barrido del analizador de espectro a la velocidad de giro del rotor de la mesa en la que se sitúa el E.S.E (Equipo Sometido a Ensayo, en esta caso, el terminal o la estación base).

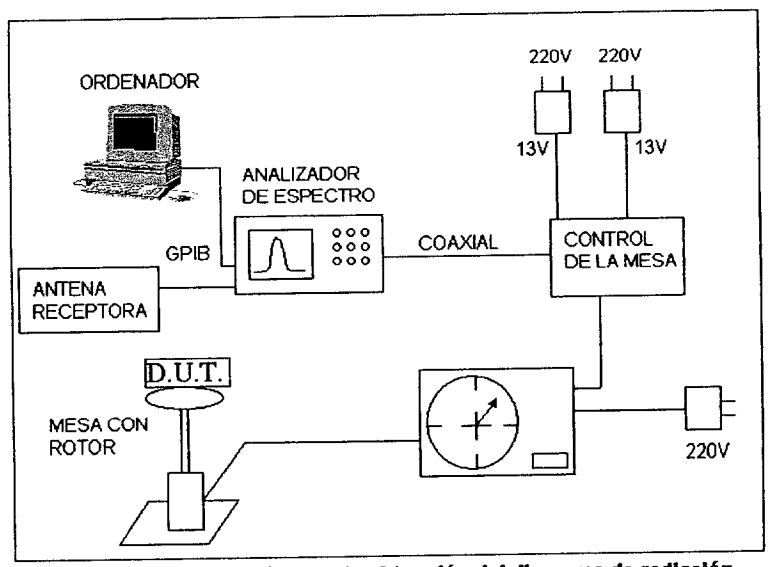


Figura 5.12. Configuración para la obtención del diagrama de radiación

Tanto el terminal como la estación base tienen un modo de funcionamiento denominado "Test Aproval" que permite la realización de las medidas en un canal de frecuencia fijo.

La antena receptora utilizada es la antena de bocina, realizando las medidas en polarización horizontal y vertical. También el ESE se colocará en las posiciones horizontal y vertical.

A partir de las gráficas, podemos obtener las direcciones de máxima radiación de los dispositivos.

5.2.1.3. Medidas de potencia radiada por el terminal y por la estación base

La potencia radiada por el terminal y por la estación base se obtiene por medio del montaje de la Figura 5.13, situando el terminal o la estación base en el rotor, según proceda. La señal transmitida por el dispositivo es recibida por la antena conectada al analizador de espectro. El dispositivo bajo prueba se sitúa sobre el soporte en la posición de máxima radiación.

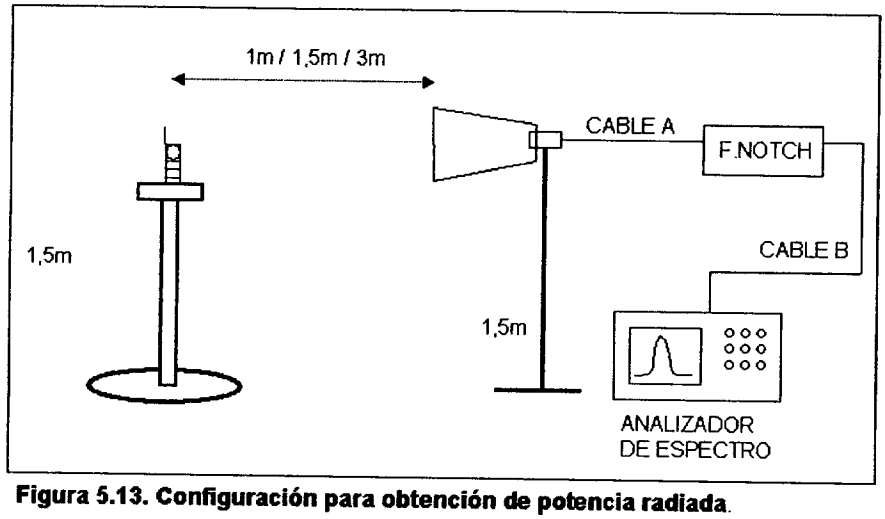


Figura 5.13. Configuración para obtención de potencia radiada.

La antena receptora utilizada es la antena de bocina, realizando las medidas en polarización horizontal y vertical. También el ESE se colocará en las posiciones horizontal y vertical.

Los valores obtenidos en el analizador de espectro están expresados en dBm y referidos a 50 Ω. Para obtener los valores de Campo E expresados en (dBμV/m) y en (V/m), así como los valores de Densidad de potencia equivalente de onda plana expresada en (W/m^2) y ($\mu W/cm^2$), para poderlos comparar con los valores de referencia establecidos por el Real Decreto 1066/2001 (RD, 2001) sobre medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas y en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 (AENOR, 2002c) sobre equipos electromédicos, así como la

ETSI 300 175 (ETSI, 1993) sobre CEM en el sistema DECT, se aplican las siguientes expresiones

$$L\ (dBm) = 10 \log \frac{P\ (W)}{1\ mW} = 20 \log V - 20 \log (\sqrt{1mW * 50\Omega}) =$$

$$= 20 \log V - 20 \log 0{,}2236 = 20 \log (\frac{V}{\mu V}) - 20 \log 0{,}2236 + 20 \log 10^{-6} =$$

$$= L\ (dBu) - 107$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{L\ (dBu)\ |_{50\Omega} = L\ (dBm) + 107}$$

Para expresar el valor del nivel de campo eléctrico E expresado en dBμV/m y referido a 50 Ω, y conocida la ganancia de la antena G (dB),

$$\mathbf{E\ (dB\mu V/m) = L\ (dBm) + 107\ dB + G\ (dB)}$$

Y su expresión en V/m

$$\mathbf{E\ (V/m) = 10^{E/20} \cdot 10^{-6}}$$

El valor de Referencia en banda estrecha de campo E en el R.D. 1066/2001, en función de la frecuencia, se calcula mediante la expresión siguiente

$$E\ (V/m) = 1{,}375 \sqrt{f(MHz)}$$

Para calcular la densidad de potencia equivalente de onda plana en función del valor de E hallado anteriormente,

$$\mathbf{S\ (W/m^2) = 2{,}65 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{[E\ (dBu/m)/20]} = 2{,}65 \cdot 10^{-3} \cdot E^2\ (V/m)}$$

$$\mathbf{S\ (\mu W/cm^2) = 10^{-2} \cdot S\ (W/m^2)}$$

El valor de Referencia de S en banda estrecha en el R.D. 1066/2001 en función de la frecuencia, se calcula mediante la expresión

$$\mathbf{S\ (W/m^2) = f\ (MHz)\ /200}$$

El nivel de inmunidad electromagnética establecidos en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 en el rango de frecuencia de 80 MHz a 2,5 GHz, es de 3 V/m, para todos los equipos y sistemas electromédicos que no son de asistencia vital.

La potencia transmitida en las diferentes frecuencias se miden en la dirección y en la polarización de máxima intensidad de campo, teniendo en cuenta la ganancia de antena, las pérdidas de los cables y las de propagación en condiciones de espacio libre con los parámetros de medida del analizador de espectro establecidos según la norma ETSI 300 175 (ETSI, 1993).

Para realizar las medidas de la potencia radiada a la frecuencia del segundo armónico de la frecuencia de la portadora, se requiere la utilización de un filtro de Radiofrecuencia para evitar la radiación principal. Este filtro es de alto "Q" (filtro notch) sintonizado a la frecuencia principal de la portadora y con una atenuación de 30 dB. La frecuencia de corte del filtro paso alto será de aproximadamente 1,5 veces la frecuencia de la portadora. Las medidas de la potencia radiada a la frecuencia del tercer armónico de la frecuencia de la portadora no requieren la utilización del filtro notch de Radiofrecuencia.

También se llevan a cabo medidas de la potencia transmitida a las frecuencias de la portadora combinada con las del Oscilador Local de Transmisión ($F_0 \pm F_{OLTx}$) y del Oscilador Local de Recepción ($F_0 \pm F_{OLRx}$).

5.2.2. Calibración de cables, ganancias de antenas, pérdidas en espacio libre en función de la frecuencia y de la distancia

La atenuación de los cables A y B a las distintas frecuencias de medida:

- $F_0 = 1888{,}704$ MHz
- $F_1 = 2F_0 = 2.\ 1888{,}704 = 3777{,}41$ MHz

- $F_2 = 3F_0 = 3.\ 1888{,}704 = 5666{,}11$ MHz
- $F_3 = F_0 - F(\text{Oscilador Local Transmisor}) = F_0 - F_{OLTx} = 1888{,}704 - 110{,}592 = 1778{,}112$ MHz
- $F_4 = F_0 + F(\text{Oscilador Local Transmisor}) = F_0 + F_{OLTx} = 1888{,}704 + 110{,}592 = 1999{,}296$ MHz $= 1999{,}3$ MHz
- $F_5 = F_0 - F(\text{Oscilador Local Receptor}) = F_0 - F_{OLRx} = 1888{,}704 - 103{,}68 = 1785{,}024$ MHz

Frecuencia (MHz)	Atenuación Cable A α_{CA}(dB)	Atenuación Cable B α_{CB}(dB)
1888,704	3,53	2
3777,41	5,5	1,75
5666,11	8,17	2,83
1778,112	3,53	2
1999,3	3,53	2
1785,024	3,53	2

Las pérdidas básicas de propagación en condiciones de espacio libre se pueden obtener según la expresión siguiente

$$\mathbf{L_{bf} = Potencia\ transmitida\ /\ Potencia\ recibida}$$

$$\mathbf{L_{bf} = P_t\ /\ P_r = (4\pi d/\lambda)^2 = (4\pi/c)^2\ d^2(m)\ f^2(Hz)}$$

Esta pérdida expresada en dB, tendrá la forma siguiente

$$\mathbf{L_{bf}\ (dB) = 32{,}45 + 20 \log f\ (MHz) + 20 \log d\ (Km)}$$

En donde f (MHz) son las frecuencias F_0, F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 de medida y d (Km) la distancia de separación de las antenas.

Sustituyendo los valores de las frecuencias y la distancia de separación de las antenas d = 3 m = 3.10^{-3} Km, d = 1 m y d = 1,5 m se obtienen los valores siguientes:

Frecuencias (MHz)	L_{bf} (dB) a 1 m	L_{bf} (dB) a 1,5 m	L_{bf} (dB) a 3 m
1888,704	38	41,49	47,51
3777,41	44	47,51	53,42
5666,11	47,5	51,04	57,06
1778,112	37,45	40,97	46,99
1999,3	38,47	41,99	48,01
1785,024	37,48	41	47,03

Los valores obtenidos de la ganancia de la antena logarítmico – periódica a partir de la expresión de potencia recibida en función de la potencia transmitida, atenuaciones de los cables, ganancias de las antenas y pérdidas de propagación, para las distintas frecuencias:

$$\mathbf{Pr\ (dBm) = Pt\ (dBm) - \alpha_{CA}\ (dB) + G_B\ (dB) - L_{bf}\ (dB) + G_{LP}\ (dB) - \alpha_{CB}\ (dB)}$$

Donde:

P_r = potencia recibida
P_t = potencia transmitida
α_{CA} = atenuación del cable A
α_{CB} = atenuación del cable B
G_B = ganancia de la antena de bocina
G_{LP} = ganancia de antena logarítmico - periódica
L_{bf} = pérdida básica en condiciones de espacio libre

Frecuencia (MHz)	G_B (dB)	G_{LP} (dB)
1888,704	8,1	6,52
3777,41	9	6,25
5666,11	9,8	3,01

5.2.3. Diagramas de radiación de la antena y potencia radiada por el Terminal

Todos los diagramas están obtenidos para la frecuencia de 1888,704 MHz. Se presenta la gráfica obtenida con mayor nivel de potencia radiada.

El sentido de giro del rotor, así como el de la gráfica es el horario.

Los datos de que se dispone son: la frecuencia expresada en MHz, el valor de potencia medida en el analizador de espectro expresada en dBm, la ganancia de la antena receptora de bocina, expresada en dB y la atenuación del cable también expresada en dB. A partir de estos datos se calculan los valores del campo E expresado en (dBμV/m) y en (V/m) y el valor de la densidad de potencia S expresada en ($\mu W/cm^2$). La distancia a la que se realizan las medidas es de 1m.

Estos valores de campo E y densidad de potencia S, son los que van a compararse con los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001 (RD, 2001), en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 (AENOR, 2002c) y en la norma ETSI 300 175 (ETSI, 1993)

$$E\,(dB\mu V/m) = Pr\,(dBm) + 20\log\sqrt{(0{,}001 * 50)} + 120 + G_B\,(dB) + \alpha_{CB}(dB)$$

$$E\,(V/m) = 10^{[(E\,(dB\mu V/m)/20) - 6]}$$

$$S\,(\mu W/cm^2) = 100\,.\,0{,}00265\,[E\,(V/m)]^2 = 0{,}265\,[E\,(V/m)]^2$$

Los valores de referencia del RD 1066/2001:

$$E\,(V/m) = 1{,}375\,\sqrt{f\,(MHz)}$$

$$S\,(\mu W/cm^2) = f\,(MHz)\,/\,200$$

El nivel de inmunidad electromagnética establecidos en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 en el rango de frecuencia de 80 MHz a 2,5 GHz, es de 3 V/m, para todos los equipos y sistemas electromédicos que no son de asistencia vital.

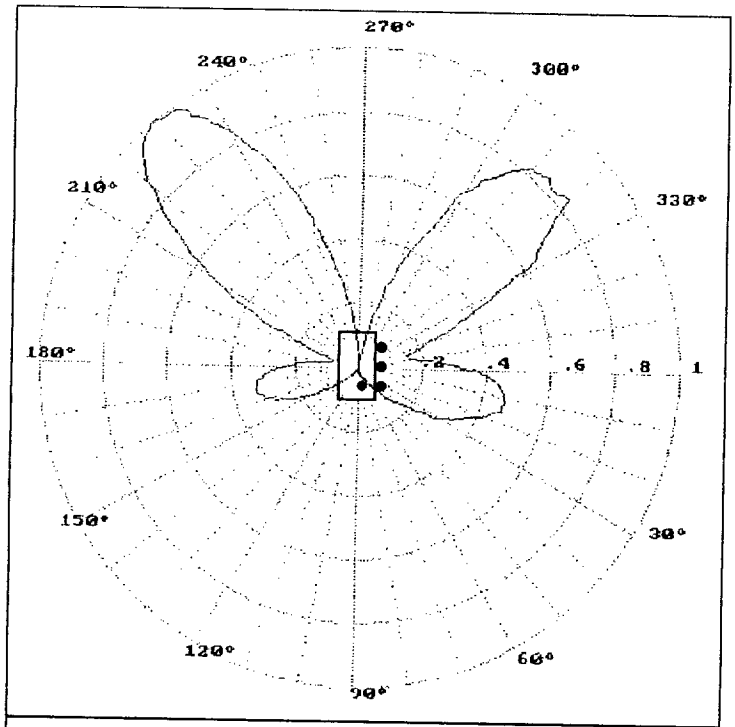
Los niveles máximos de emisión de fundamental y de armónicos establecidos en la norma ETSI 300 175 relativa a la CEM en el sistema DECT son:

Frecuencia	**Nivel máximo (dBm)**
F_0, fundamental	+ 24
$2F_0$	- 30
$3F_0$	- 30
$F_0 \pm F_{OLTx}$	- 30
$F_0 \pm F_{OLRx}$	- 47

A partir de las medidas realizadas con el terminal en posición horizontal y con la antena receptora a 1m de separación en posición horizontal, se obtiene el siguiente diagrama de radiación, en el que se puede observar el valor máximo de potencia radiada de – 14,5 dBm en la dirección de 230º a la frecuencia fundamental. Los valores de potencia en las frecuencias F_0, F_1 y F_2 en las direcciones de máxima radiación, se expresan a continuación

	FRECUENCIAS (MHz)		
	1888,704	**3777,4**	**5666,112**
Nivel medido (dBm)	-14,5	-63,68	-70,9
Ganancia de antena (dB)	8,1	9,0	9,8
Atenuación del cable (dB)	2,0	1,8	2,8
Campo E (dBμV/m)	102,6	54,1	48,7
E (V/m)	0,135	0,001	0
Nivel de referencia R.D.1066/2001 E (V/m)	59,756	84,508	103,504
Densidad de potencia S ($\mu W/cm^2$)	0,004811	0	0
Nivel de referencia RD 1066/2001 S ($\mu W/cm^2$)	9,44	18,89	28,33
Nivel de referencia UNE-EN 60601-1-2 E (V/m)	3		
Nivel de referencia ETSI 300 175 (dBm)	- 5,9	- 65	- 67,7

El diagrama de radiación obtenido a la frecuencia fundamental es el siguiente:



TERMINAL HORIZONTAL, ANTENA RECEPTORA HORIZONTAL
Smax = - 14,5 dBm

5.2.4. Diagramas de radiación de la antena y potencia radiada por la Estación Base

Todos los diagramas están obtenidos para la frecuencia de 1897, 344 MHz. Se presenta la gráfica obtenida con mayor nivel de potencia radiada.

El sentido de giro del rotor, así como el de la gráfica es el horario.

La estación base tiene dos antenas, por lo que se indica la antena sobre la que se han realizado las medidas.

Los datos de que se dispone son: la frecuencia expresada en MHz, el valor de potencia medida en el analizador de espectro expresada en dBm, la ganancia de la antena receptora logarítmico - periódica, expresada en dB y la atenuación del cable también expresada en dB. A partir de estos datos se hacen los cálculos siguientes para obtener los valores del campo E expresado en (dBμV/m) y en (V/m) y el valor de la densidad de potencia S expresada en ($\mu W/cm^2$). La distancia a la que se realizan las medidas es de 3m.

Estos valores de campo E y densidad de potencia S, son los que van a compararse con los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001 sobre condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas y en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 para todos los equipos y sistemas electromédicos que no son de asistencia vital.

$$E\,(dB\mu V/m) = Pr\,(dBm) + 20\log\sqrt{(0{,}001 * 50)} + 120 + G_{LP}\,(dB) + \alpha_{CB}(dB)$$

$$E\,(V/m) = 10^{[(E\,(dB\mu V/m)/20) - 6]}$$

$$S\,(\mu W/cm^2) = 100\,.\,0{,}00265\,[E\,(V/m)]^2 = 0{,}265\,[E\,(V/m)]^2$$

Los valores de referencia del RD 1066/2001:

$$E\,(V/m) = 1{,}375\,\sqrt{f\,(MHz)}$$

$$S\,(\mu W/cm^2) = f\,(MHz)\,/\,200$$

El nivel de inmunidad electromagnética establecidos en la norma de AENOR UNE-EN 60601-1-2 en el rango de frecuencia de 80 MHz a 2,5 GHz, es de 3 V/m, para todos los equipos y sistemas electromédicos que no son de asistencia vital.

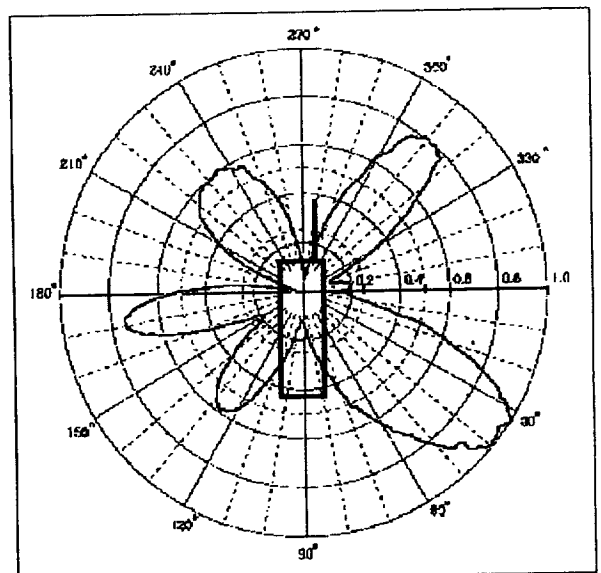
Los niveles de emisión de fundamental y de armónicos establecidos en la norma ETSI 300 175 relativa a DECT son:

Frecuencia	Nivel máximo (dBm)
F_0, fundamental	+ 24
$2F_0$	- 30
$3F_0$	- 30
$F_0 \pm F_{OLTx}$	- 30
$F_0 \pm F_{OLRx}$	- 47

A partir de las medidas realizadas con la estación base en posición vertical y con la antena logarítmico-periódica receptora a 3m de separación en posición horizontal, se obtiene el siguiente diagrama de radiación, en el que se puede observar el valor máximo de potencia radiada de – 5 dBm en la dirección de 30° a la frecuencia fundamental. Los valores de potencia en las frecuencias F_0, F_1 y F_2 en las direcciones de máxima radiación, se expresan a continuación

	FRECUENCIAS (MHz)		
	1897,344	**3794,69**	**5692,03**
Nivel medido (dBm)	-5,0	-73,33	-66,83
Ganancia de antena (dB)	8,1	9,0	9,8
Atenuación del cable (dB)	2,0	1,8	2,8
Campo E (dBμV/m)	112,1	44,4	52,8
E (V/m)	1,609	0,001	0,002
Nivel de referencia R.D.1066/2001 E (V/m)	59,893	84,701	103,738
Densidad de potencia S ($\mu W/cm^2$)	0,686019	0	0
Nivel de referencia RD 1066/2001 S ($\mu W/cm^2$)	9,49	18,97	28,46
Nivel de referencia UNE-EN 60601-1-2 E (V/m)	3		
Nivel de referencia ETSI 300 175 (dBm)	- 16,99	- 77,17	- 84,05

El diagrama de radiación obtenido a la frecuencia fundamental es el siguiente



ESTACIÓN BASE VERTICAL
ANTENA RECEPTORA HORIZONTAL
Smáx = - 5 dBm

5.2.5. Discusión de esta caracterización

Los diagramas de radiación y las potencia obtenidas en las direcciones de máximo nivel indican la existencia de direcciones de emisión privilegiadas con valores sensiblemente superiores en comparación con otras.

El terminal caracterizado era un terminal homologado en el centro de homologaciones CETECOM, por lo tanto sus niveles de radiación tanto en la frecuencia fundamental como en sus armónicos, se encuentra dentro de la especificación de la norma ETSI 300 175, incluso para la dirección de máxima radiación. Tras realizar los cálculos oportunos para permitir la comparación con los niveles de referencia del RD 1066/2001 y de UNE EN 60601-1-2, también se observa que los niveles de potencia radiada a 1m del terminal en la dirección de máxima radiación, son de valor inferior a los establecidos en las citadas normas.

La estación base caracterizada se encontraba en fase de pruebas y ajustes y no estaba todavía homologada. Se puede observar que los niveles de potencia tanto de la

frecuencia fundamental como de los armónicos superan los niveles permitidos por la norma ETSI 300 175. No obstante, estos niveles permanecen por debajo de los establecidos de referencia en los RD 1066/2001 y UNE EN 60601-1-2.

Por lo tanto, se puede concluir que la utilización de terminales DECT a una distancia de separación de 1m y de estaciones base separadas 3m para las aplicaciones de telemetría, no deberán suponer un riesgo para la salud ni originar interferencias en los dispositivos médicos. Sin embargo, durante el uso normal del terminal como teléfono inalámbrico, la distancia de separación de éste respecto al cuerpo o al dispositivo médico será inferior a 1m aunque en los dispositivos analizados en condiciones de campo cercano no se han detectado niveles superiores a los permitidos por la norma ICNIRP-98.

5.3. SEGURIDAD DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

La seguridad es un requisito esencial para la aceptación de las Redes Inalámbricas por los usuarios y en la aplicación sanitaria. La carencia de medidas de seguridad adecuadas puede permitir el acceso indebido a la red. Las tecnologías de radio no pueden quedar confinadas a los muros del edificio y para que la aplicación se pueda llevar a cabo, la red no debe ser más vulnerable que las redes de cable. Las comunicaciones inalámbricas ofrecen algunas dificultades propias, como ancho de banda limitado, latencia elevada y conexiones inestables.

Las condiciones de seguridad que se exigen son: que autentique el receptor, que asegure los datos mientras viajan del dispositivo al destino y que se asegure que el tráfico no se ha alterado durante el camino.

Existen herramientas, funciones y protocolos de seguridad que ofrecen protección adecuada para redes WLAN, pero la sofisticación de los "hackers" y de las herramientas a su disposición hace indispensable minimizar y dinamizar las medidas de seguridad. Este nivel de seguridad será dependiente del tipo y funcionalidad de la red (Ramos y col., 2004c). La información que va a circular por la red de la aplicación de telemetría que nos ocupa, exigirá un nivel de seguridad del mayor nivel, que exigirá más planificación y más capacidad de proceso.

Actualmente existen vías efectivas para garantizar una transmisión segura de la información y aunque ninguna de las medidas es infalible, los estándares para redes inalámbricas incorporan mecanismos de seguridad suficientes en cantidad y en calidad para hacer que las redes sean tan seguras como las cableadas. A continuación se describen varios niveles de seguridad.

5.3.1. Service Set Identifier (SSID) o Identificador del Servicio

Se trata de uno de los primeros niveles de seguridad que se pueden definir en una red inalámbrica. Aunque se trata de un sistema muy básico (normalmente no se tiene por un sistema de seguridad), este identificador permite establecer o generar, tanto en el

terminal como en el punto de acceso, redes lógicas que interconectarán una serie de terminales.

Normalmente, los puntos de acceso difunden su SSID para que cada terminal pueda ver los identificadores disponibles y realizar la conexión a alguno de ellos, simplemente seleccionándolo. Pero también se puede inhabilitar la difusión de este SSID en el punto de acceso, para de este modo dificultar el descubrimiento de la red inalámbrica por parte de terminales ajenos a su uso.

5.3.2. Filtrado de direcciones MAC

Subiendo un nivel en estos sistemas de protección, se encuentra la posibilidad de definir listas de control de acceso (ACL) en los puntos de acceso. Cada uno de estos puntos puede contar con una relación de las direcciones de Control de Acceso al Medio o Media Access Control (MAC) de cada uno de los terminales que se desea conectar a la red inalámbrica

Cada terminal cuenta con una dirección que lo identifica de forma unívoca, y si el punto de acceso no la tiene dada de alta, simplemente el terminal no recibirá contestación.

Hay que hacer constar que este no es el método más seguro para proteger el acceso a la red inalámbrica, ya que se necesita mantener actualizada la ACL cada vez que se da de alta un nuevo terminal, eliminando aquellos que se quieren dejar de utilizar.

5.3.3. Sistemas de encriptación y verificación de autenticidad

Además de observar una serie de medidas para controlar el acceso a la red, poco a poco se han ido desarrollando una serie de tecnologías que permitirán que la WLAN sea tan segura como una red cableada.

5.3.3.1. Wired Equivalent Privacy o Privacidad Equivalente a Cablado (WEP)

La encriptación de la información es una de las técnicas más utilizadas, siendo una de ellas la WEP. Este sistema consiste en la generación de una clave que se comparte entre

el terminal y el punto de acceso y que permite o deniega la comunicación entre ambos dispositivos. La clave es de 64 ó 128 bits, que pueden ser hexadecimales o ASCII.

Este sistema, en teoría, sería suficiente garantía de control de acceso, pero existen herramientas software que permiten averiguar esta clave, además del problema derivado de la utilización de la misma clave para todos los terminales.

5.3.3.2. Dynamic Security Link ó Asignación Dinámica de Claves (DSL)

La gestión de estas claves puede ser problemática en el caso de un gran número de terminales. Para evitar esto, existe la asignación dinámica de claves, DSL, que consiste en la generación automática, al comienzo de cada sesión, de una única clave encriptada de 128 bits para cada usuario, obligándolo a introducir su nombre de usuario y su contraseña en el comienzo de cada sesión.

5.3.3.3. Remote Authenticated Dial-in User Service (RADIUS)

Cuando aumentan las necesidades en cuanto a niveles de seguridad y número de usuarios, será necesario optar por otras soluciones más sofisticadas, tipo RADIUS. En entornos en los que normalmente se utilizan estructuras mixtas (cable tradicional y WLAN), la utilización de este protocolo permite una seguridad mayor, escalable y gestión centralizada. Se puede obtener un Certificado de Cliente Universal para permitir la autenticación mutua.

5.3.3.4. Virtual Private Network (VPN inalámbricas)

Para conseguir que el nivel de confianza en las WLAN se equipare a las redes cableadas, se presenta la alternativa de implementar soluciones de seguridad de red convencional adaptadas al entorno inalámbrico. En este modelo se establecen túneles IPSec (Internet Protocol Security) que aseguran el tráfico por una VPN, utiliza algoritmos para la encriptación de datos, otros algoritmos para la autenticación de paquetes y certificados digitales para la validación del terminal. Debido a ello se empieza a recomendar como solución idónea para responder a las necesidades de seguridad de las redes inalámbricas, la combinación de la VPNs (IPSec) con la norma 802.1X.

5.4. 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).

5.4.1. Prevención

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

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 en el apartado 2.4.4.

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.

5.4.2. 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.

5.5. 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, conocimiento que se conseguiría por medio de:

2- Desarrollo de dosímetros específicos para evaluar CEM en Telemedicina como dispositivos llevables por personas que permitan medidas en bandas de frecuencia diferenciadas

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

3- 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).

4- Investigar en la metodología de medida y caracterización de la inmunidad de equipos para uso en Telemedicina domiciliaria.

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 6. 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.

6- Se recomienda una posterior investigación en EMC y EMI relacionada con los escenarios emergentes basados en el uso intensivo de sistemas de redes de radio inalámbricos.

BIBLIOGRAFÍA

7.1. BIBLIOGRAFIA NOMINAL

- Adey, W.R. (1993) Electromagnetics in biology and medicine. Oxford University Press.
- Agilent Technologies. (2000) Agilent 8560 E-Series Spectrum Analyzers. Data Sheet.
- Akyildiz, I.F.; Su, W.; Sanjarasubramaniam Y.; Cayirci E. (2002) "A survey on sensor networks" *IEEE Communications magazine*. pp 102 – 114.
- 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.
- Bisdikian, Ch. (2001) "An overview of the bluetooth wireless technology" *IEEE Communications magazine*. Diciembre, pp 86 – 94.
- 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.
- Callaway, E.; Gorday, P.; Hester, L.; Gutierrez, J.A.; Naeve, M.; Heile, B.; Bahl, V. (2002) "Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate Wireless Personal Area Networks" *IEEE Communications magazine*. Agosto. pp 70 – 77.
- 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.
- Cass, S.(2003) "Network your home" *IEEE Spectrum*, marzo, pp 60 - 62.
- 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.
- CNIVL, (2000) Consejo Nacional de Investigación sobre Vida Laboral Suecia.
- C.O.I.T. (2002) Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. "Curso sobre medidas radioeléctricas".
- 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.
- Damborrenea, M.D. (1998) *Hospitalización a domicilio*. Editorial Hoechst Marion Roussel.
- Deng, H.; Li, W.; Agrawal, D.P. (2002) "Routing security in wireless Ad Hoc networks" *IEEE Communications magazine,* vol.40, n°10, pp. 70 - 75.
- Dorf, R.C. (ed) (1997) *The electrical engineering handbook*. CRC Press, Inc,. IEEE Press. 1993 (2ª ed. 1997).
- Eklund, C.; Marks, R.B.; Stanwood, K.L.; Wang, S. (2002) "IEEE Standard 802.16: a technical overview of the wirelessMAN™ air interface for broadband wireless access" *IEEE Communications magazine*. junio. pp 98 – 107.
- Ephremides, A.(2002) "Energy concerns in wireless networks", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9,n°4, pp. 48 - 59.
- Frodigh, M.; Parkvall, S.; Roobol, Ch.; Johansson, P.; Larsson, P. (2001) "Future-generation wireless networks" *IEEE Communications magazine*. octubre. pp 10 – 17.
- García, J.; Moreno, O.; Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2001) "Sistema para la telemonitorización domiciliaria 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.
- Goldsmith, A.J.; Wicker, S.B. (2002) "Design challenges for energy-constrained Ad-oc wireless networks", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9,n°4, pp. 8-27.
- Gu, D.; Zhang, J. (2003) "QoS enhacement in IEEE 802.11 wireless local area networks" *IEEE Communications magazine,* vol.41, n°6, pp. 120 - 124.
- Gustafsson, E.; Jonsson, A. (2003) "Always best connected" *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.10,n° 1, pp. 49 – 55.
- Haartsen, J.C., (2000) "The Bluetooth radio system", *IEEE Personal Communications,* febrero, pp. 28-36.
- Hammett, W.F., (1997) *Radiofrequency radiation, Issues & standards*. McGraw Hill.
- Henry, P.S.; Luo, H. (2002) "WiFi: what's next?" *IEEE Communications magazine,* vol.40, n°12, pp. 66 - 72.
- Hernández, C. (2002) "Airmed-Cardio. Plataforma telecardiológica basada en servicios GSM e Internet" *BIT* n° 136, noviembre – diciembre. Pp 56 – 61.
- Hernando, J.M. (1997) *Comunicaciones móviles* Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Huidobro, J.M. (2000) "Bluetooth" *BIT* n° 123, septiembre – octubre. pp 84 – 87.
- Huidobro, J.M.(2002) "WLAN (Redes Locales Inalámbricas)" *BIT* n° 133. Mayo – junio. pp 87 – 89.

- INSALUD. (2000) Instituto Nacional de la Salud. Plan de Telemedicina del INSALUD. Madrid.
- Järvi, J.M.; Huuskonen, P.; Himberg, J. (2002) "Collaborative context determination to support mobile terminal applications", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9,n° 5, pp. 39 - 45.
- Kanter, T.G. (2002) "Hottown, enabling context-aware and extensible mobile interactive spaces", *IEEE Wireless Communications magazine,*vol.9,n°5, pp.18-27.
- Karaoguz, J. (2001) "High-rate wireless Personal Area Networks" *IEEE Communications magazine*. diciembre. Pp. 96 – 102.
- 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.
- Luo, J.; Mukerjee, R.; Dillinger, M.; Mohyeldin, E.; Schulz, E. (2003) "Investigation of radio resource schduling in WLANs coupled with 3G cellular network" *IEEE Communications magazine,* vol.41, n°6, pp. 108 - 115.
- Manikopoulos C.; Papavassiliou S. (2002) "Network intrusion and fault detection: a statistical anomaly approach" *IEEE Communications magazine,* vol.40, n°10, pp. 76 - 82.
- 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.
- Min, R.; Bhardwaj, M.; Cho, S.H.; Ickes, N.; Shih, E.; Sinha, A.; Wang, A.; Chandrakasan, A. (2002) "Energy-centric enabling technologies for wireless sensor networks", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9,n°4, pp.28-39.
- Momtahan, O.; Hashemi, H. (2001) "A comparative evaluation of DECT, PACS, and PHS standards for wireless local loop applications" *IEEE Communications magazine*. Mayo, pp 156 – 163.
- 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* n° 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.
- Nakagawa, M.; Zhang, H.; Sato, H.(2003) "Ubiquitous homelinks based on IEEE 1394 and Ultra WideBand solutions" *IEEE Communications magazine,* vol.41, n°4, pp. 74 - 82.
- Narda ESM-30 (2002) "RadMan XT" Radiation Monitor. Operating Manual.
- Ojanpera, T.; Prasad, R. (1998) "An overview of thir-generation wireless personal communications: a european perspective", *IEEE Personnal Communications magazine,* vol.5,n°6, pp. 59-65.

- 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.
- Peterson, K. (2003) "Choosing receivers to plug the Bluetooth gap" *Electronic Design Europe*.
- 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.
- Ramanathan, R. y Redi, J.(2002) " A brief overview of Ad Hoc networks: challenges and directions" , *IEEE Communications Magazine*, 50th Anniversary Commemorative Issue, mayo, pp. 20-22.
- 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: sciencie, medicine and progress*. Edit. Bardasano. Alcalá de Henares.
- Ramos, V.; Monteagudo, J.L. (2001) "Compatibilidad electromagnética en Aplicaciones de Biotelemetría", 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) "Biotelemetría 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.
- Rappaport, T.S.; Annamalai, A.; Buehrer, R.M.; Tranter, W.H. (2002) "Wireless communications: past events and future perspective. *IEEE Communications Magazine*, 50th Anniversary Commemorative Issue, mayo, pp. 148 - 161.
- Rose, B. (2002) "Home networks: a standards perspective" *IEEE Communications magazine*. Diciembre, pp 78 – 85.
- Sairam, K.; Gunasekaran, N.; Reddy, S.R. (2002) "Bluetooth in wireless communication. "*IEEE Communications magazine*, junio, pp 90 – 96.
- Schneiderman, R. (2000) "Bluetooth's slow dawn" *IEEE Spectrum*, noviembre, pp 61 - 65.
- Schrick, B.; Riezenman, M.J. (2002) "Wireless broadband in a box" *IEEE Spectrum*, junio, pp 38 – 43.
- Sestini, F.; Schwarz, J.; Fernandes, J. (2002) "Expanding the wireless universe: EU research on the move" *IEEE Communications magazine,* vol.40, nº10, pp. 132 - 140.
- Shen, Ch-Ch; Srisathapornphat, Ch; Jaikaeo, Ch. (2003) "An adaptative management achitecture for Ad-Hoc networks" *IEEE Communications magazine,* vol.41, nº2, febrero, pp. 108 - 115.
- Silberberg, J.L. (1996) *Electronic medical devices and EMI.* Reference Guide. Compliance engineering. Center for devices and radiological health, FDA.
- Stark, W.; Wang, H.; Worthen, A.; Lafortune, S.; Teneketzis, D. (2002) "Low-energy wireless communication network design", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9,nº4, pp. 60 - 72.
- Stewart, Sir William (Chairman), (1999) *Mobile Phones and Health.* A report from the Independent expert group on mobile phones, Chilton, IEGMP Secretariat.
- Tejer, S.; Waks, D.J. (2002) "End-user perspectives on home networking" *IEEE Communications magazine,* abril, pp 114 –119.
- 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 pone interference with external cardiopulmonary monitoring devices" *Mayo Fundation for medical education and research.* Mayo Clin Proc; 76:11-15.
- Verdu, S. (2002) "Recent results on the capacity of wideband channels in the low-power regime", *IEEE Wireless Communications magazine,* vol.9, nº4, pp. 40 - 45.
- Weiss, F.G. (2000) "Implications of RFICs for medical instrumentation" *Medical electronics manufacturing.*
- Wood, A.D.; Stankovic, J.A. (2002) "Denial of service in sensor networks", *IEEE Computer magazine,* octubre, pp. 54 - 62.
- Xu, S.; Saadawi, T.(2001) "Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop wireless Ad-Hoc networks?", *IEEE Communications magazine,* vol.39,nº6, pp. 130 - 137.
- Yang, Y.S.; Lu, U.; Hu, B.C.P. (2002) "Prescription chips" *IEEE Circuits & devices magazine* septiembre, pp. 8 – 16.

7.2. BIBLIOGRAFÍA DE NORMATIVA

- ACA (1999) Australian Communications Authority. Biomedical Telemetry Systems. Proposals Paper. SP 3/99.
- 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 (1999b) 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 (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 (2002a) UNE-EN 301489-1 V1.2.1.Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Norma de compatibilidad electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 1: requisitos técnicos comunes.
- AENOR (2002b) UNE-EN 301 489-6 V1.1.1. Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Norma de compatibilidad electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 6: condiciones específicas para el equipo de telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT).
- 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 (2002d) UNE 21000-1-2 IN 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 (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 (1993) ETS 300 175. TBR 6. ETSI. Radio equipment and system(RES); Digital European Cordless Telecommunications (DECT). General terminal attachment requirements.
- ETSI (1995) ETSI EN 300 176. Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT). Especificación del ensayo de aprobación.
- ETSI (2000) ETSI EN 301 390, V1.1.1, Fixed radio systems; point-to-point and point-to-multipoint systems; spurious emissions and receiver immunity at equipment/antenna port of digital fixed radio systems.
- 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.
- ETSI (2003a) ETSI EN 300 175-1. V1.7.0(2003-02) Digital enhanced cordless telecommunications (DECT); common interface (CI); Part 1: overview.
- ETSI (2003b) ETSI EN 300 175-2. Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT). Interfaz común (CI). Parte 2: Capa física (PHL).
- ETSI (2003c) ETSI EN 300 175-3. Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT). Interfaz común (CI). Parte 3: Capa de control de acceso al medio (MAC).
- ICNIRP (1998) ICNIRP-98. Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo (hasta 300 GHz).
- IEEE (2001) IEEE Std 802.16.2, Recommended practice for local and metropolitan area networks. Coexistence of fixed broadband wireless access systems.
- IEEE (2002) IEEE Std C95.3™ – 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.
- NRPB (1993) NRPB. Board Statement on Restrictions on Human Exposures to Static and Time Varying Electromagnetic Fields and Radiation. Docs NRPB, 4(5).
- NRPB (1999) NRPB. Board Statement: advice on the 1998 ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up tp 300 GHz). Docs NRPB, 10(2), 5-59.
- NRPB (2001) NRPB Consultation Document on Guidelines for Restricting Exposure of the UK Public to Electromagnetic Fields. Working Party Report.
- NRPB (2001) NSPB-R301 Occupational exposure to Electromagnetic Fields: practical application of NRPB Guidance provides on interpretation of the guidelines.
- 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.

7.3. BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET

- AAMI (2004) Association for the Advancement of Medical Instrumentation. http://www.aami.org
- BFS (2004) Bundesamt für Strahlenschutz. Oficina Federal de protección frente a radiacciones http://www.bfs.de/
- Bluetooth (2004) Bluetooth Resource Center. http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial.asp#specification
- 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/
- Lough (1997) Lough D.L.; Blankenship T.K.; Krizman K.J. "A short tutorial on wireless LANs and IEEE 802.11". http://www.computer.org/students/looking/summer97/ieee802.htm
- 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://1www.msc.es/salud/ambiental/ondas/camposelectromag.htm
- Ramos (2004d) Medidas dosimetría. http://telemedicina.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
- SSI (2002) Autoridad Sueca sobre Protección frente a Radiaciones http://www.ssi.se
- Tan, K.S.; Hinberg, I.; Wadhwani, 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.1999
- WWRF (2004) Wireless World Research Forum http://www.wireless-world-research.org
- Zmirou (1999) Protocolo de medidas in situ (2001). Visant à vérifier pour las stations émettrices fixes, les respect des limitations, en terme de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par la recommandation du Conseil de l'Union Européenne du 12 juillet 1999. (1999/519/CE). http://www.anfr.fr/fr/sante/protocol_en.html.
- Zmirou (2001) "Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé" Informe del grupo liderado por el Dr Zmirou.http://www.sante.gouv.fr

APÉNDICES

CAPÍTULO 8. APÉNDICES

8.1. DEFINICIONES

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Absorción	En la propagación de la onda de radio, atenuación de una onda de radio debida a la disipación de su energía, es decir, conversión de su energía en otra forma, tal como calor.
Absorción específica de energía (SA)	La energía absorbida por unidad de masa del tejido biológico, expresada en Julios por Kg ($J.Kg^{-1}$). Es la integral en el tiempo de la relación específica de absorción de energía (SAR).
Ambiente electromagnético	Conjunto de fenómenos electromagnéticos que existen en un entorno dado.
Ambiente radioeléctrico	1. Ambiente electromagnético en la banda de las radiofrecuencias. 2. Conjunto de los campos electromagnéticos producidos en un lugar dado por emisores radioeléctricos en funcionamiento.
Anchura de banda (de un dispositivo)	Anchura de la banda de frecuencias dentro de la cual una característica dada de un equipo o de un canal de transmisión no se desvía de su valor de referencia en más de una cantidad especifica en valor absoluto o relativo. Nota – La característica dada puede ser por ejemplo, la característica de amplitud / frecuencia, fase / frecuencia o tiempo de propagación / frecuencia.
Anchura de banda (de una emisión o señal)	Anchura de una banda de frecuencias fuera de la cual ningún componente espectral excede un porcentaje especificado de un nivel de referencia.
Antena	Transductor que, o bien emite al espacio energía de radiofrecuencia producida por una fuente de señal, o bien intercepta un campo electromagnético incidente, convirtiéndolo en una señal eléctrica.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Banda de exclusión	Banda de frecuencia para un receptor intencionado de energía electromagnética de RF que se extiende desde –5% a +5% de la frecuencia, o la banda de frecuencia, de recepción para frecuencias de recepción iguales o superiores a 80 MHz y desde –10% a +10% de frecuencia, o banda de frecuencia, de recepción para frecuencias de recepción menores de 80 MHz.
Banda de frecuencias ICM (Industrial, Científica y Médica)	Banda de frecuencias asignada para su utilización en instalaciones ICM.
Baja tensión	Las gamas de las tensiones utilizadas en la distribución de electricidad, cuyo límite superior es 1000 V c.a. eficaces.
Cámara anecoica	Recinto apantallado recubierto en sus superficies internas con elementos absorbentes de radiofrecuencia para reducir las reflexiones en dicha superficie.
Campo cercano	Región del espacio donde la distancia de radiación de una antena es inferior a la longitud de onda de la radiación de CEM.
Campo lejano	Región del espacio donde la distancia de radiación de una antena excede la longitud de onda de la radiación de CEM; en el campo lejano, las componentes del campo (E y H) y la dirección de propagación son mutuamente perpendiculares.
Campo perturbador	Campo electromagnético producido en un entorno dado por una perturbación electromagnética, medido en condiciones especificadas.
Compatibilidad electromagnética, CEM (abreviatura)	Capacidad de un equipo o de un sistema para funcionar en su ambiente electromagnético de forma satisfactoria y sin que produzca perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentra en este ambiente.
Componente armónico	Componente de rango superior a 1 del desarrollo en series de Fourier de una magnitud periódica.
Componente fundamental	Componente de rango 1 del desarrollo en series de Fourier de una magnitud periódica.
Conductancia	Recíproco de la resistencia. Expresado en siemens (S).
Conductividad eléctrica	La cantidad escalar o vectorial que, cuando es multiplicada por la fuerza del campo eléctrico, da como producto la conducción de la densidad de corriente. Es la recíproca de la resistencia y se expresa en siemens por metro ($S.m^{-1}$).
Constante dieléctrica	Permitividad. Define la influencia de un medio isótropo en la fuerza de atracción o de repulsión entre cuerpos electrificados. Se expresa en Faradios por metro ($F.m^{-1}$). La permitividad relativa es la permitividad de un material o medio dividido entre la permitividad del vacío.
Degradación (de funcionamiento), pérdida de calidad funcional	Separación no deseada de las características de funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema respecto a sus características esperadas, que una degradación.
Densidad de corriente	Un vector que expresa la integral de la corriente que atraviesa una superficie; la medida de la densidad en un conductor lineal es igual a la corriente dividida por el área seccionada transversalmente del conductor. Se expresa en Amperios por metro cuadrado ($A.m^2$).
Densidad de flujo magnético	Vector de campo B que da lugar a una fuerza que actúa en una carga o cargas en movimiento, y se expresa en Teslas (T).
Densidad de potencia	En la propagación de la onda de radio, se trata de la potencia que cruza una unidad de área normal a la dirección de propagación de la onda; expresado en Watio por metro cuadrado ($W.m^2$).

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Descarga electrostática	Transferencia de carga eléctrica entre cuerpos con potenciales eléctricos diferentes cuando están cerca o son puesto en contacto directo.
Desensibilización	Atenuación de una señal útil a la salida de un receptor provocada por la presencia de una señal no deseada.
Dispositivo de banda ancha	Dispositivo cuya anchura de banda es tal que puede recibir y procesar todos los componentes espectrales de una emisión dada.
Dispositivo de banda estrecha	Dispositivo cuya anchura de banda es tal que puede recibir y procesar solamente una parte de los componentes espectrales de una emisión dada.
Dispositivo de corto alcance	Parte de un aparato que incluye un transmisor o un receptor o ambos y que se utiliza en aplicaciones de telemando, telemedida, alarmas, etc Funciona con datos de fonía/audio analógicos o digitales o bien con una combinación de ambos tipos de datos, y utilizan cualquier tipo de modulación. Tales dispositivos se pueden utilizar en aplicaciones fijas, móviles o portátiles.
Dosimetría	Determinación o medida de la fuerza interna del campo eléctrico, la densidad de corriente inducida, la absorción específica de la energía o distribución específica de la tasa de absorción de la energía, en seres humanos o animales expuestos a campos electromagnéticos.
Efecto atérmico	Cualquier efecto de la energía electromagnética en un cuerpo que no es un efecto relacionado con el calor.
ELF (Extra Low Frequency)	Frecuencia extremadamente baja, por debajo de 300 Hz.
EMF (Electromagnetic Field)	Campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.
EMI (abreviatura),Interferencia electromagnética	Degradación del funcionamiento de un equipo, canal de transmisión o sistema debida a una perturbación electromagnética.
Emisión de banda ancha	Perturbación electromagnética cuyo ancho de banda es mayor que el de un equipo de medida, un receptor o un dispositivo susceptible dado. Nota – Para algunas aplicaciones, las componentes espectrales particulares de una perturbación de banda ancha pueden ser consideradas como perturbaciones de banda estrecha.
Emisión de banda estrecha	Perturbación electromagnética, o componente espectral de una perturbación, cuyo ancho de banda es inferior o igual al de un equipo de medida, un receptor o un dispositivo susceptible dado.
Emisión fuera de la banda	Emisión en una o más frecuencias situadas fuera del ancho de banda necesario, pero en su inmediata proximidad, debido al proceso de modulación con excusión de las emisiones no esenciales.
Emisión no esencial (de una estación transmisora)	Emisión en una o más frecuencias situada fuera del ancho de banda necesario y cuyo nivel puede reducirse sin afectar la transmisión de información correspondiente; estas emisiones comprenden las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y de conversión de frecuencias, con exclusión de las emisiones fuera de la banda.
Emisión (electromagnética)	Fenómeno por el que una fuente proporciona energía electromagnética hacia el exterior.
Emisión (en radiocomunicación)	Señales u ondas radioeléctricas producidas por una estación de emisión radioeléctrica. Notas – 1. En radiocomunicación, no se debe utilizar el término "emisión" en el sentido más general de "emisión radioeléctrica". Por ejemplo, la parte de energía electromagnética producida por el oscilador local de un receptor electromagnético, que es transferida hacia el espacio exterior, no constituye una emisión sino una radiación.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
	2. En radiocomunicación, el término francés "emisión" se refiere sólo a las radiaciones intencionadas.
Emplazamiento de ensayos (de radiación)	Emplazamiento que satisface las condiciones necesarias para efectuar la medida correcta, en condiciones definidas, de los campos electromagnéticos radiados por los aparatos en ensayo.
Energía electromagnética	Energía almacenada en un campo electromagnético, expresada en julios (J).
Equipo ICM	Equipo o aparato diseñado para generar y/o usar, en un espacio reducido, energía de radiofrecuencia para uso industrial, científico, médico, doméstico o similar; excluyendo las aplicaciones dentro del ámbito de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y otras normas cubiertas por otras normas CISPR.
Equipo y/o sistema conectado al paciente	Equipo y/o sistema que contiene, por lo menos, una parte aplicable cuyo contacto físico con el paciente proporciona una unión necesaria para la operación normal del equipo y/o sistema, y proporciona un camino a la energía electromagnética acoplada conductivamente, capacitivamente o inductivamente. No incluye los soportes del paciente.
Equipo (y/o sistema) de asistencia vital	Equipo y/o sistema destinado a mantener a los pacientes en vida y/o avisar de cualquier situación que amenace sus vidas, y cuyo error de no notificación provoque probablemente una lesión grave o la muerte de un paciente.
Equipo portado por un cuerpo humano	Equipo previsto para su utilización siendo portado sobre un cuerpo humano. En esta definición se incluyen los dispositivos portátiles portados por las personas durante su funcionamiento (por ejemplo, los dispositivos de bolsillo), así como las prótesis electrónicas y los implantes.
Equipo sometido a ensayo (ESE)	Equipo representativo o grupo de equipos funcionalmente interactivos (sistema), que incluye una o más unidades principales y que es utilizado para evaluación.
Equipo de Tecnología de la Información (ETI)	Equipo diseñado con el propósito de - recibir datos de una fuente externa (línea de datos de entrada o mediante teclado) - realizar algunas funciones de procesado sobre el dato recibido - proporcionar un dato de salida (bien a otro equipo o por la reproducción de datos o imágenes).
Exposición ocupacional	Exposición a CEM experimentada por los individuos en el curso de la realización de su trabajo.
Exposición pública	Toda exposición a CEM experimentada por miembros del público en general, excepto la exposición ocupacional y exposición durante procedimientos médicos.
Fallo simple	Se dice que un sistema es sensible al fallo simple cuando el fallo de uno de sus elementos constituyentes implica el fallo del sistema completo. Se considera que un sistema esta libre de fallos cuando se demuestra que no existen partes que si fallan conduzcan al fallo general del sistema, es decir que para que se produzca el fallo general del sistema es necesario que fallen dos o más de sus elementos constituyentes.
Frecuencia	Número de ciclos sinusoidales completados por las ondas electromagnéticas en un segundo, expresada en Hercios(Hz).
Frecuencia parásita, frecuencia de respuesta no esencial	Frecuencia de una perturbación electromagnética a la que un equipo dado puede proporcionar una respuesta no deseada. Nota – En el caso de un receptor sintonizado a una frecuencia f_o, las fórmulas siguientes dan numerosas frecuencias parásitas posibles f_s:

CONCEPTO	DEFINICIÓN
	$f_s = \frac{1}{m}(nf_L \pm f_I)$ ó $f_s = \frac{f_o}{n}$ donde, f_L es la frecuencia del oscilador local; f_I es la frecuencia intermedia; m, n. h son los enteros.
Fuerza del campo eléctrico	Fuerza (E) en una carga positiva estacionaria en un punto de un campo eléctrico, medido en Voltios por metro ($V.m^{-1}$).
Fuerza del campo magnético	Cantidad axial del vector H que, junto con la densidad de flujo magnético, especifica un campo magnético en cualquier punto del espacio y se expresa en Amperio por metro ($A.m^{-1}$).
Impedancia	Vector que representa la relación entre el campo eléctrico transversal y el campo magnético transversal en un punto. Se expresa en óhmios (Ω).
Inmunidad externa	Aptitud de un dispositivo, equipo o sistema para funcional sin degradación de calidad en presencia de perturbaciones electromagnéticas distintas de las existentes en los accesos normales de entrada o en las antenas.
Inmunidad interna	Aptitud de un dispositivo, equipo o sistema para funcional sin degradación de calidad en presencia de perturbaciones electromagnéticas existentes en los accesos normales de entrada o en las antenas.
Inmunidad (a una perturbación)	Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema para funcionar sin degradación de calidad en presencia de una perturbación electromagnética.
Intensidad de campo	Referido a medias realizadas en condiciones de campo lejano. Pueden corresponder bien a la componente eléctrica , bien a la magnética del campo y pueden expresarse en V/m, A/m o W/m^2
Instalaciones Industriales, Científicas y Médicas	Califica un aparato o instalación diseñado para producir y utilizar, en un espacio reducido, la energía radioeléctrica con fines industriales, científicos, médicos, domésticos o análogos, excepto las aplicaciones en el campo de telecomunicaciones. Nota – 1- ICM es una sigla que proviene de las iniciales en francés o inglés de "industriales, científicas y médicas" 2- En ciertas organizaciones, se excluyen los equipos de tratamiento de la información.
Interferencia de origen interno	Interferencia electromagnética que se manifiesta en un sistema dado y debida a una perturbación electromagnética producida en el mismo sistema.
Interferencia electromagnética, EMI (abreviatura)	Degradación del funcionamiento de un equipo, canal de transmisión o sistema debida a una perturbación electromagnética.
Interferencia entre sistemas	Interferencia electromagnética que se manifiesta en un sistema y es debida a una perturbación electromagnética producida por otro sistema.
Interferencia por acoplamiento por (medio de) la tierra	Interferencia electromagnética resultante de una perturbación electromagnética transmitida de un circuito a otro por medio de un conductor de tierra o de un conductor común de retorno a tierra.
Interferencia (radioeléctrica)	Degradación de la recepción de la señal útil causada por una perturbación radioeléctrica. Nota – Las palabras inglesas "interference" y "disturbance" a menudo se utilizan indistintamente. La expresión "radio frequency interference" se utiliza muchas veces para designar una perturbación radioeléctrica o una señal no deseada.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Intermodulación	Interacción en un dispositivo o en un medio de transmisión no lineal, entre los componentes espectrales de una o más señales de entrada, que produce nuevos componentes con frecuencias iguales a combinaciones lineales con coeficientes enteros de las frecuencias de los componentes de entrada. Nota – La intermodulación puede ocurrir con una única señal de entrada no senoidad o con varias señales, senoidales o no, aplicadas a la misma o a diferentes entradas.
Isotrópico	Propiedad de una magnitud de presentar valores iguales en todas las direcciones.
Jaula de Faraday	Recinto cerrado por paredes metálicas lisas o malladas, destinado a separar electromagnéticamente el interior del exterior.
Límite de emisión (de una fuente perturbadora)	Valor máximo especificado del nivel de emisión de una fuente de perturbación electromagnética.
Límite de inmunidad	Valor mínimo especificado del nivel de inmunidad.
Límite de interferencia	Valor máximo admisible de degradación del funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema debido a una perturbación electromagnética. Nota – Debido a la dificultad de la medida de la interferencia en muchos sistemas, en inglés se utiliza el término "limit of interference", en vez del término "limit of disturbance".
Límite de perturbación	Nivel máximo admisible de las perturbaciones el electromagnéticas medido bajo condiciones especificas.
Longitud de onda	Distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, en la cual la oscilación tiene la misma fase.
Margen de compatibilidad (electromagnética)	Relación entre el límite de inmunidad y el límite de emisión. Nota – El margen de compatibilidad es el producto del margen de emisión por el margen de inmunidad.
Margen de emisión	Relación entre el nivel de compatibilidad electromagnética y el límite de emisión.
Margen de inmunidad	Relación entre el límite de inmunidad y el nivel de compatibilidad electromagnética.
Microondas	Radiaciones o campos de frecuencias comprendidas entre 300MHz y 300 GHz. Radiación electromagnética de frecuencia suficientemente alta como para permitir el uso de guías de onda y de técnicas de cavidades para su transmisión y recepción.
Modulación de amplitud	Proceso por el cual se varía la amplitud de una onda portadora según una ley especificada.
Modulación de espectro ensanchado	Técnica de modulación en la que la energía de una señal transmitida se expande a través de partes relativamente grandes del espectro de radiofrecuencia.
Modulación de espectro ensanchado con salto de frecuencia	Técnica de espectro ensanchado en la que la señal del transmisor ocupa varias frecuencias a la vez, cada una de ellas durante algún periodo de tiempo. El transmisor y el receptor siguen el mismo patrón de salto de frecuencia. El margen de frecuencia está determinado por las posiciones de salto más alta y más baja y por el ancho de banda por posición de salto.
Nivel de compatibilidad (electromagnética)	Nivel de perturbación electromagnética utilizado como nivel de referencia para asegurar la coordinación del establecimiento de los límites de emisión y de inmunidad. Nota – 1. Convencionalmente, el nivel de compatibilidad se elige de modo tal que no haya más que una escasa probabilidad de ser rebasado por el nivel real de perturbación. No obstante, la compatibilidad electromagnética está asegurada solamente si los niveles de emisión y de inmunidad se controlan de modo que

CONCEPTO	DEFINICIÓN
	en cada lugar el nivel de perturbación resultante de conjunto de las emisiones sea menor que el nivel de inmunidad de cada dispositivo, equipo o sistema situado en ese mismo lugar. 2. El nivel de compatibilidad puede depender del fenómeno, del tiempo o del lugar.
Nivel de conformidad	Nivel menor o igual al nivel de inmunidad para el cual el equipo o sistema satisface los requisitos aplicables a los equipos o sistemas electromédicos.
Nivel de emisión (de una fuente perturbadora)	Nivel de una perturbación electromagnética, emitida por un dispositivo, un equipo o un sistema particular.
Nivel de inmunidad	Nivel máximo de una perturbación electromagnética de forma dada que incide en un dispositivo, equipo o sistema particular, para el que éste permanece capaz de funcionar con la calidad deseada.
Nivel (de una magnitud variable)	Valor de una magnitud, tal como una potencia o una magnitud de campo, medida o evaluada de una manera determinada en un intervalo de tiempo especificado. Nota – El nivel de una magnitud puede expresarse en unidades logarítmicas, por ejemplo en decibelios con relación a un valor de referencia.
Onda continua	Ondas electromagnéticas, cuyas oscilaciones sucesivas son idénticas bajo condiciones estables, pudiendo ser interrumpidas para el envío de información.
Onda electromagnética	Energía radiante producida por la oscilación de una carga eléctrica caracterizada por la oscilación de los campos eléctricos y magnéticos.
Onda plana	Onda electromagnética en la cual los vectores de campo eléctrico y magnético permanecen en un plano perpendicular a la dirección de propagación de la onda.
Oscilación parásita	Oscilación no deseada producida por un equipo en una frecuencia independiente de las frecuencias de funcionamiento o de las frecuencias relacionadas con la producción de oscilaciones deseadas.
Pantalla	Dispositivo utilizado para reducir la penetración de un campo en una zona determinada.
Pantalla electromagnética	Pantalla conductora destinada a reducir la penetración de un campo electromagnético en una zona determinada.
Perturbación electromagnética, parásito	Fenómeno electromagnético que puede degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema, o afectar desfavorablemente, la materia viva o la inerte. Nota – Una perturbación electromagnética puede ser un ruido, una señal no deseada o una modificación del medio propio de propagación.
Pérdida de calidad funcional, Degradación (de funcionamiento)	Separación no deseada de las características de funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema respecto a sus características esperadas.
Perturbación radioeléctrica	Perturbación electromagnética que se manifiesta en la gama de las radiofrecuencias.
Polarización	Orientación del vector campo eléctrico de un campo radiado.
Potencia efectiva radiada (de un dispositivo en una dirección dada)	Potencia necesaria en la entrada de una antena de referencia sin pérdidas para producir en una dirección dada y a una distancia especificada, la misma potencia electromagnética que un dispositivo dado. Nota – Para la UIT y en el capítulo 712, el término "potencia aparente radiada" sin calificación, se utiliza solamente cuando la antena de referencia es un dipolo de media onda.
Potencia perturbadora	Potencia de una perturbación electromagnética, medida en condiciones especificadas.
Profundidad de	Profundidad a la cual la intensidad de campo de la onda se ha reducido a

CONCEPTO	DEFINICIÓN
penetración	1/e, o aproximadamente el 37 % de su valor original.
Radiación de un recinto	Radiación de un recinto que contiene un equipo, excluyendo la radiación proveniente de las antenas o los cables a los que esté conectado.
Radiación electromagnética	- Fenómeno por el que una fuente genera energía hacia el espacio exterior en forma de ondas electromagnéticas. - Energía transportada en el espacio en forma de ondas electromagnéticas. Nota – El sentido del término "radiación electromagnética" se extiende a veces a los fenómenos de inducción.
Radiación no ionizante (RNI)	Incluye todas las radiaciones y campos del espectro electromagnético que no tengan normalmente suficiente energía para producir la ionización de la materia.
Radiofrecuencia (RF)	Frecuencia a la cual la radiación electromagnética permite la telecomunicación. Normalmente, referida al rango de frecuencias entre 300 Hz y 300 GHz.
Relación de protección	Valor mínimo de la relación señal / perturbación necesario para conseguir un funcionamiento de calidad especificado de un equipo o dispositivo.
Relación específica de absorción de energía (SAR)	Expresa la energía que absorben los tejidos del cuerpo expresada en vatios por Kg ($W.Kg^{-1}$).
Relación señal/perturbación	Relación entre el nivel de una señal útil y el nivel de una perturbación electromagnética, medida en condiciones especificadas. Nota – El término "relación señal / interferencia" no se debe utilizar en el sentido de "relación señal / perturbación"
Relación señal / ruido	Relación entre nivel de una señal útil y el nivel de un ruido electromagnético, medida en condicione especificadas.
Resonancia	Cambio en la amplitud de la onda que tiene lugar cuando la frecuencia de la onda se acerca o coincide con la frecuencia natural del medio; la absorción en todo el cuerpo presenta su valor más alto, es decir, la resonancia, para frecuencias (en MHz) que corresponden aproximadamente a 114/L, siendo L la altura del individuo expresada en metros.
Restricciones básicas	Restricciones relacionadas con la exposición a los campos eléctricos variables con el tiempo, magnéticos y electromagnéticos, basadas directamente en los efectos sobre la salud reconocidos.
Ruido artificial	Ruido electromagnético que tiene su fuente en aparatos o instalaciones de fabricación humana.
Ruido electromagnético	Fenómeno electromagnético variable que aparentemente no lleva información y que puede superponerse o combinarse con una señal útil.
Ruido impulsivo (chasquido)	Perturbación que excede los límites para las perturbaciones continuas durante menos de 200 ms, y que está separada de la perturbación siguiente por un intervalo de tiempo mínimo de 200 ms. Ambos intervalos están relacionados con el nivel del límite de las perturbaciones continuas. Un ruido impulsivo (chasquido) puede contener un cierto número de impulsos; en cuyo caso, la duración correspondiente será desde el comienzo del primero hasta el final del último.
Ruido natural	Ruido electromagnético que tiene su origen en fenómenos naturales y no es producido por aparatos o instalaciones de fabricación humana.
Ruido radioeléctrico	Ruido electromagnético que se manifiesta en la gama de las radiofrecuencias.
Selectividad	Aptitud de un receptor para distinguir entre una señal útil y señales no deseadas.
Selectividad efectiva	Selectividad en condiciones especiales específicas tales como una sobrecarga de los circuitos de entrada del receptor.

CONCEPTO	DEFINICIÓN
Selectividad por canal adyacente	Selectividad medida con señales cuyo espaciamiento en frecuencia es igual al espaciamiento de los canales.
Señal interferente	Señal que perjudica la recepción de una señal útil.
Señal no deseada	Señal que puede perjudicar la recepción de una señal útil.
Sistema electromédico	Combinación de elementos de un equipo, de los que al menos uno es un equipo electromédico, e interconectados mediante una conexión funcional o mediante el uso de una base móvil de tomas múltiples.
Susceptibilidad (electromagnética)	Inaptitud de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar sin degradación de calidad en presencia de una perturbación electromagnética. Nota – La susceptibilidad es una falta de inmunidad.
Tasa de Absorción Específica (SAR)	Magnitud física en la que las restricciones básicas de las directrices de protección están definidas en la gama de frecuencias especificada en el objeto y campo de aplicación de esta norma.
Teléfono móvil	Se refiere a los equipos que se incluyen en el objeto y campo de aplicación de la norma EN 50360 (AENOR, 2001d).
Tensión en modo común, tensión asimétrica	Valor medio de los vectores que representan las tensiones entre cada conductor y una referencia arbitraria, generalmente la tierra o la masa.
Tensión en modo diferencial, tensión asimétrica	Tensión entre dos conductores dados de un conjunto de conductores.
Tensión perturbadora	Tensión producida entre dos puntos de dos conductores distintos por una perturbación electromagnética, medida en condiciones especificadas.
Transitorio	Fenómeno o magnitud que varía entre dos regímenes estables consecutivos en un intervalo de tiempo relativamente corto en la escala de tiempos considerada.
Transmodulación	Modulación de la portadora de una señal útil por una señal no deseada, producida por la interacción de las señales en dispositivos, redes o medios de transmisión no lineales.
Trayecto de acoplamiento	Recorrido en el que toda o parte de la energía electromagnética de una fuente dada es transferida a otro circuito o dispositivo.
Uso común	Uso regulado que no requiere de título habilitante ni de solicitud expresa de uso de dominio público radioeléctrico.
Valor eficaz (rms)	Señal que representa la tensión o corriente equivalente en continua (DC) de una señal que representaría la potencia de sus componentes en alterna y se define y calcula como la raíz cuadrada de la potencia de las mismas. Dado que la.potencia se define como valor cuadrático medio, el valor eficaz se conoce como RMS (root mean square).
Valor eficaz máximo	El mayor valor eficaz de breve duración de una señal de frecuencia radioeléctrica modulada. Se evalúa sobre un solo período de la portadora.
Vector de Poynting	Densidad de potencia. Flujo de un vector a través de una superficie. Potencia electromagnética instantánea transmitida a través de una superficie.
Velocidad binaria agregada	Velocidad binaria en la interfaz aire que incluye la sobrecarga de protocolo en donde proceda y que excluye los efectos de la expansión de la señal.

8.2. GRÁFICAS

8.3. TABLAS

8.4. ANEXOS SOBRE NORMATIVA

8.4.1. Recomendación 1999/519/CE del Consejo europeo, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).

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 (CE, 1999) ha considerado

1. La importancia de la protección de la salud de los trabajadores y los consumidores
2. La proposición del Parlamento Europeo a la Comisión sobre medidas legislativas para limitar la exposición de los trabajadores y del público en general a la radiación electromagnética no ionizante
3. La necesaria protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que se sabe pueden resultar de la exposición a campos electromagnéticos
4. En el marco comunitario únicamente se han utilizado efectos comprobados como base para la limitación recomendada de las exposiciones, incluyendo restricciones básicas y niveles de referencia. El marco debería ser revisado y evaluado periódicamente a la luz de los nuevos conocimientos y de las novedades de la tecnología y de las aplicaciones de las fuentes y prácticas que dan lugar a exposición a campos magnéticos
5. Las citadas restricciones básicas y niveles de referencia deberían aplicarse a todas las radiaciones emitidas por campos electromagnéticos, a excepción de la radiación óptica y la radiación ionizante
6. 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 niveles 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)

7. La competencia de los Estados miembros para el establecimiento de normas detalladas respecto a las fuentes y prácticas que pueden dar lugar a exposición a campos magnéticos y la clasificación de las condiciones de exposición de los individuos en profesionales y no profesionales, teniendo en cuenta y respetando las normas comunitarias en relación con la salud y la seguridad de los trabajadores. De acuerdo con el Tratado, los Estados miembros pueden establecer un nivel de protección más elevado que el reflejado en la presente Recomendación
8. Con objeto de incrementar el conocimiento de los riesgos y medidas de protección contra los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían fomentar la divulgación de la información y las normas prácticas al respecto, sobre todo en lo que se refiere al diseño, instalación y utilización de equipos, de manera que se consigan niveles de exposición que no sobrepasen las restricciones recomendadas
9. 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 recomienda

I. La asignación a las cantidades físicas enumeradas en la parte A del anexo I el significado que en éste se les atribuye
II. Para proporcionar un elevado nivel de protección de la salud contra la exposición a los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían:

a. adaptar un marco de restricciones básicas y niveles de referencia tomando como base la parte B del anexo I;

b. aplicar medidas, conforme con dicho marco, en relación con las fuentes o prácticas que dan lugar a la exposición electromagnética de los ciudadanos, cuando el tiempo de exposición sea significativo, con excepción de la exposición por razones médicas, en cuyo caso deberán sopesarse convenientemente los riesgos y ventajas de la exposición, por encima de las restricciones básicas;

c. procurar que se respeten las restricciones básicas que figuran en el anexo II en lo que se refiere a la exposición de los ciudadanos.

III. 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 el 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.

IV. Los Estados miembros, al decidir si hay que actuar o no, con arreglo a la presente Recomendación, deberían tener en cuenta tanto los riesgos como los beneficios.

V. 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.

VI. Con el fin de mejorar los conocimientos que se tienen acerca de los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían promover y revisar la investigación pertinente sobre campos electromagnéticos y salud humana en el contexto de sus programas de investigación nacionales, teniendo en cuenta las recomendaciones comunitarias e internacionales en materia de investigación y los esfuerzos realizados en este ámbito basándose en el mayor número posible de fuentes.

VII. Para contribuir al establecimiento de un sistema coherente de protección contra los riesgos de la exposición a campos electromagnéticos, los Estados miembros deberían elaborar informes sobre las experiencias obtenidas con las medidas que adopten en el ámbito de la presente Recomendación e informar a la Comisión transcurridos tres años de la aprobación de la misma, indicando el modo en que la han incorporado a dichas medidas.

El Consejo de la Unión Europea invita a la Comisión a:

1. Llevar a cabo el trabajo necesario para el establecimiento de las normas europeas a que hace referencia la letra a) de la sección III, incluidos los métodos de cálculo y medición;
2. Fomentar la investigación relativa a los efectos a corto y largo plazo de la exposición a campos electromagnéticos en todas las frecuencias pertinentes, en la ejecución del actual programa marco de investigación;
3. Seguir participando en el trabajo de las organizaciones internacionales con competencias en este ámbito y promover la consecución de un consenso internacional en las directrices y consejos referentes a las medidas de protección y prevención;
4. Supervisar los asuntos tratados en la presente Recomendación con vistas a su revisión y actualización, teniendo en cuenta también los posibles efectos, que están siendo actualmente estudiados, incluidos los aspectos pertinentes relativos a la precaución, y elaborar, en el plazo de cinco años, un informe para la Comunidad en su conjunto que tenga en cuenta los informes de los Estados miembros así como los últimos datos e informes científicos.

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.

Anexo I:

Se definen los parámetros físicos que se emplean habitualmente en el contexto de la exposición a los Campos Electromagnéticos, CEM:

- Corriente de Contacto (I_c) que se expresa en Amperios (A)
- Densidad de corriente (J), que se expresa en Amperios por metro cuadrado (A/m^2)
- Intensidad de campo eléctrico (E), que se expresa en Voltios por metro (V/m)
- Intensidad de campo magnético (H), que se expresa en Amperios por metro (A/m)
- Densidad de flujo magnético o inducción magnética (B), que se expresa en Teslas (T)
- Densidad de Potencia (S), que se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2)
- Absorción Específica de Energía (S.A., Specific energy Absorption), expresada en Julios por Kilogramo (J/Kg)
- Índice de Absorción Específica (S.A.R., Specific energy Absorption Rate), expresado en (W/Kg)

Anexo II:

Se definen las restricciones básicas, que reciben este nombre las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Dependiendo de la frecuencia del campo, las cantidades físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) y la densidad de potencia (S).

Puesto que existen cerca de 50 factores de seguridad entre los límites en relación con los efectos agudos y las restricciones básicas, esta Recomendación abarca implícitamente los posibles efectos a largo plazo en toda la gama de frecuencias.

Dependiendo de la frecuencia, para especificar las restricciones básicas sobre los campos electromagnéticos, se emplean las siguientes cantidades físicas (cantidades dosimétricas o exposimétricas):

- entre 0 y 1 Hz, se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variables en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central,
- entre 1 Hz y 10 MHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso,
- entre 100 KHz y 10 GHz se proporcionan restricciones básicas del SAR para prevenir la fatiga calorífica del cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la banda de 100 KHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR,
- entre 10 GHz y 300 GHz se proporcionan restricciones básicas de la densidad de potencia, con el fin de prevenir el calentamiento de los tejidos en la superficie corporal o cerca de ella.

Las restricciones básicas expuestas en la Tabla 8.1., se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que pueden introducir las sensibilidades individuales y las condiciones medioambientales, así como el hecho de que la edad y el estado de salud de los ciudadanos varían.

TABLA 8.1.
RESTRICCIONES BÁSICAS PARA CAMPOS ELÉCTRICOS, MAGNÉTICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS (0 Hz – 300 GHz)

Gama de frecuencia	Inducción magnética (Tm)	Densidad de corriente (mA/m^2) (rms)	SAR medio de cuerpo entero (W/Kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/Kg)	SAR localizado (miembros) (W/Kg)	Densidad de potencia S (W/m^2)
0 Hz	40	-	-	-	-	-
0 – 1 Hz	-	8	-	-	-	
1 – 4 Hz	-	8/F	-	-	-	-
4 – 1000 Hz	-	2	-	-	-	-
1000 Hz – 100 KHz	-	F/500	-	-	-	-
100 KHz – 10 MHz	-	F/500	0,08	2	4	-
10 MHz–10 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10–300 GHz	-	-	-	-	-	10

Siendo:

- F la frecuencia en Hz
- El objetivo de la restricción básica de la densidad de corriente es proteger contra los graves efectos de la exposición sobre los tejidos del sistema nervioso central en la cabeza y en el tronco, e incluye un factor de seguridad.
- Dada la falta de homogeneidad eléctrica del cuerpo, debe calcularse el promedio de las densidades de corriente en una sección transversal de 1 cm^2 perpendicular a la dirección de la corriente
- Para frecuencias de hasta 100 KHz, los valores máximos de densidad de corriente pueden obtenerse multiplicando el valor rms por $\sqrt{2}$ ($\cong$ 1,414). Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$
- Para frecuencia de hasta 100 KHz y para campos magnéticos pulsados, la densidad de corriente máxima asociada con los pulsos puede calcularse a partir de los tiempos de subida / bajada y del índice máximo de cambio de la inducción magnética. La densidad de corriente inducida puede entonces compararse con la restricción básica adecuada
- Todos los valores de SAR deben ser promediados a lo largo de un periodo cualquiera de 6 minutos
- La masa promediada de SAR localizado la constituye una porción cualquiera de 10 g de tejido contiguo; el SAR máximo obtenido de esta forma debe ser el valor que se utilice para evaluar la exposición
- Para los pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$. Además, en lo que se refiere a las exposiciones pulsadas, en la gama de frecuencias de 0,3 a 10 GHz y en relación con la exposición localizada de la cabeza, se recomienda una restricción básica adicional para limitar y evitar los efectos auditivos causados por la extensión termoelástica. Eso quiere decir que la SA no debe sobrepasar los 2 mJ/Kg como promedio calculado en 10 g de tejido.

Anexo III:

Se definen los niveles de referencia para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas. Algunos niveles de referencia se derivan de las restricciones básicas pertinentes utilizando mediciones o técnicas computerizadas, y algunos se refieren a la percepción y a los efectos adversos indirectos de la exposición a los CEM. Las cantidades derivadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la inducción magnética (B), la densidad de potencia (S) y la corriente en extremidades (I_L). Las cantidades que se refieren a la percepción y otros efectos indirectos son la corriente (de contacto) (I_c) y, para los campos pulsados, la absorción específica de energía (SA).

Los niveles de referencia sirven para ser comparados con los valores de las cantidades medidas. El respeto de todos los niveles de referencia recomendados asegurará el respeto de las restricciones básicas. Se presupone un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección.

En determinadas situaciones en las que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos portátiles y con la cabeza del individuo, no es apropiado emplear los niveles de referencia. Es estos casos debe evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada. En las Tablas 8.2. y 8.3. figura un resumen de los niveles de referencia.

TABLA 8.2
NIVELES DE REFERENCIA PARA CAMPOS ELÉCTRICOS, MAGNÉTICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS
(0 HZ – 300 GHZ, VALORES RMS IMPERTURBADOS)

Gama de frecuencias	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de Potencia equivalente de onda plana (W/m^2)
0 – 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1 – 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8 – 25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-
0,025–0,8 KHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8 – 3 KHz	250/f	5	6,25	-
3 – 150 KHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1 – 10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400–2000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	F/200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

- para frecuencias de 100 KHz a 10 GHz, el promedio de S_{eq}, E^2, H^2 y B^2 ha de calcularse a lo largo de un periodo cualquiera de 6 minutos
- para frecuencias superiores a 10 GHz, el promedio de S_{eq}, E^2, H^2 y B^2 ha de calcularse a lo largo de un periodo cualquiera de $68/f^{1,05}$ minutos (f en GHz)
- para frecuencias entre 10 MHz y 300 GHz, los valores de referencia de cresta se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 32
- en lo referido a frecuencias que sobrepasan los 10 MHz con campos pulsados, el promedio calculado en la anchura del pulso no debe ser mayor de 1 000 veces los niveles de referencia, o bien que las resistencias de campo no deben ser mayores de 32 veces los niveles de referencia de intensidad de campo
- para frecuencias de entre unos 0,3 GHz y varios GHz, y en relación con la exposición localizada en la cabeza, debe limitarse la absorción específica derivada de los pulsos para limitar o evitar efectos auditivos causados por la extensión termoelástica.

En lo referido a corrientes de contacto y corrientes en extremidades, para frecuencias de hasta 110 MHz se recomiendan niveles de referencia adicionales para evitar los peligros debidos a las corrientes de contacto. En la Tabla 8.3. figuran los niveles de referencia de corriente de contacto. Éstos se han establecido para tomar en consideración el hecho de que las corrientes de contacto umbral que provocan reacciones biológicas en mujeres adultas y niños vienen a equivaler aproximadamente a dos tercios y la mitad, respectivamente, de las que corresponden a hombres adultos.

TABLA 8.3.
NIVELES DE REFERENCIA PARA CORRIENTES DE CONTACTO PROCEDENTES DE OBJETOS CONDUCTORES (f en KHz)

Gama de frecuencias	Corriente máxima de contacto (mA)
0 Hz – 2,5 KHz	0,5
2,5 KHz – 100 KHz	0,2 f
100 KHz – 110 KHz	20

Para la gama de frecuencia de 10 MHz a 110 MHz se recomienda un nivel de referencia de 45 mA en términos de corriente a través de cualquier extremidad. Con ello se pretende limitar el SAR localizado a lo largo de un periodo cualquiera de 6 minutos.

Anexo IV

En situaciones en las que se da una exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que se sumen los efectos de las exposiciones. Para cada efecto deben hacerse los cálculos basados en esa actividad; así pues, deben efectuarse evaluaciones separadas de los efectos de la estimulación térmica y eléctrica sobre el cuerpo.

a. Como restricciones básicas deberán cumplirse los siguientes criterios:

- En cuanto a la estimulación eléctrica, pertinente en lo que se refiere a frecuencias de 1 Hz a 10 MHz, las densidades de corriente inducida deben sumarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1Hz}^{10MHz} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

- En lo que respecta a los efectos térmicos, pertinentes a partir de los 100 KHz, los índices de absorción específica de energía y las densidades de potencia deben sumarse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=100KHz}^{10GHz} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10GHz}^{300GHz} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

siendo:

J_i la densidad de corriente a la frecuencia i;
$J_{l,i}$ la restricción básica de densidad de corriente a la frecuencia i, según figura en la Tabla 8.1;
SAR_i el SAR causado por la exposición a la frecuencia i;
SAR_L la restricción básica de SAR que figura en la Tabla 8.1
S_i la densidad de potencia a la frecuencia i;
S_L la restricción básica de densidad de potencia que figura en la Tabla 8.1

b. Para la aplicación práctica de las restricciones básicas deben aplicarse los siguientes criterios relativos a los niveles de referencia de las intensidades de campo.

En relación con las densidades de corriente inducidas y los efectos de estimulación eléctrica, pertinentes hasta los 10 MHz, a los niveles de campo deben aplicarse las dos exigencias siguientes:

$$\sum_{i=1Hz}^{1MHz} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1MHz}^{10MHz} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1Hz}^{150KHz} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150KHz}^{10MHz} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

donde:

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i;
$E_{L,i}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico de la Tabla 8.2;
H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j;
$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo magnético de la Tabla 8.2;
a es 87 V/m
b es 5 A/m (6,25 μT)

c. En relación con las circunstancias de efecto térmico, pertinentes a partir de 100 KHz, a los niveles de campo deben aplicarse las dos exigencias siguientes:

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

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

donde:

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i;
$E_{L,i}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo eléctrico de la Tabla 8.2;
H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j;
$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de intensidad de campo magnético de la Tabla 8.2;
c es $87/f^{1/2}$ V/m
d es 0,73/f A/m

d. Para la corriente de extremidades y la corriente de contacto, respectivamente, deben aplicarse las siguientes exigencias:

$$\sum_{k=10MHz}^{110MHz}\left(\frac{I_k}{I_{L,k}}\right)^2\leq 1 \qquad \sum_{n>1Hz}^{110MHz}\left(\frac{I_n}{I_{C,n}}\right)^2\leq 1$$

donde:

I_k es el componente de corriente de extremidades a la frecuencia k;
$I_{L,k}$ es el nivel de referencia de la corriente de extremidades, 45 mA;
I_n es el componente de corriente de contacto a la frecuencia n;
$I_{C,n}$ es el nivel de referencia de la corriente de contacto a la frecuencia n expresado en la Tabla 8.3.

8.4.2. ICNIRP-98. Guía sobre límites de exposición a campos variables con el tiempo eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)

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 sus límites de exposición y tratar todos los aspectos sobre protección contra ellas.

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

El principal objetivo de esta publicación 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).

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 Recomendaciones descritas presentan las bases biológicas para limitar la exposición y estudios biológicos y epidemiológicos (hasta 300 GHz) describiendo:

- efectos directos de los campos eléctricos y magnéticos
- estudios epidemiológicos
- resultados en la reproducción

- estudios residenciales del cáncer
- estudios ocupacionales
- estudios de laboratorio
- estudios en voluntarios
- estudios celulares y animales
- efectos indirectos de los campos eléctricos y magnéticos
- consideraciones especiales para formas de onda pulsantes y de amplitud modulada

8.4.2.1. Limitaciones en la exposición ocupacional y del público en general

La población expuesta laboralmente la componen adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas y que son conscientes del riesgo potencial al que están sometidos y de las protecciones a tomar. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y que puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos el público en general no es consciente del su exposición a CEM. Además, no es previsible que los miembros individuales del público tomen precauciones razonables para minimizar o evitar su exposición. Por estas razones se definen restricciones más estrictas para la exposición pública que para la exposición de la población expuesta laboralmente.

8.4.2.2. Restricciones básicas y niveles de referencia

Las restricciones en los efectos de la exposición están basados en los efectos sobre la salud ya establecidos y se llaman restricciones básicas. Las cantidades físicas utilizadas para especificar las restricciones básicas de la exposición a los CEM son la densidad de corriente, el SAR y la densidad de potencia, todos dependientes de la frecuencia. La protección contra efectos adversos sobre la salud requiere que estas restricciones básicas no sean excedidas.

8.4.2.3. Justificación general de los factores de seguridad

Conocidos los efectos biológicos producidos en personas y en animales de experimento en todos los rangos de frecuencia y con todas las modulaciones y considerando la incertidumbre debida a la dosimetría, las Recomendaciones consideran las siguientes variables para determinar los factores de seguridad para campos de alta frecuencia:

- efectos debidos a la exposición a CEM bajo condiciones ambientales adversas (temperaturas altas, etc...) y/o niveles de actividad altos
- la sensibilidad térmica potencialmente más alta en ciertos grupos de la población tales como las personas frágiles y/o ancianas, los bebés y niños pequeños y personas enfermas o que están tomando medicinas que comprometen su tolerancia térmica

Los siguientes factores adicionales fueron tenidos en cuenta para la obtención de los niveles de referencia para campos de alta frecuencia:

- la absorción de la energía electromagnética varía según la intensidad y la orientación del campo
- se puede producir una mayor absorción localizada de energía debida a la reflexión, concentración y dispersión del campo incidente

8.4.2.4. Restricciones básicas

Se han tomado diferentes bases científicas para el desarrollo de estas restricciones en varios rangos de frecuencia:

- entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente en previsión de daños funcionales en el sistema nervioso
- entre 100 KHz y 10 GHz, las restricciones se refieren a SAR en prevención de estrés térmico de todo el cuerpo y un calentamiento localizado excesivo en los tejidos. En el rango de 100 KHz a 100 MHz, las restricciones se refieren a densidad de potencia y SAR

- entre 10 y 300 GHz, las restricciones se refieren a densidad de potencia para evitar el calentamiento excesivo en los tejidos o cerca de la superficie del cuerpo

Para frecuencias inferiores a 4 Hz y superiores a 1 KHz, la restricción básica basada en la densidad de corriente inducida se incrementa progresivamente, correspondiendo al incremento del umbral para la estimulación de los nervios en estos rangos de frecuencia.

En estas Recomendaciones se considera que los efectos biológicos y en la salud establecidos en el rango de frecuencias de 10 MHz a unos pocos GHz son consistentes con las respuestas al incremento de temperatura del cuerpo en más de 1°C. Este nivel de incremento de temperatura resulta de la exposición de individuos bajo condiciones ambientales con un SAR de cuerpo entero de 4 $W.Kg^{-1}$ como la restricción que proporciona protección adecuada para exposición ocupacional. Para las condiciones de exposición del público en general, se introduce un factor de protección adicional de 5, dando un límite de SAR de cuerpo entero promedio de 0,08 $W.Kg^{-1}$, aunque puede diferir por razones de edad o de estado de salud.

Las restricciones básicas para densidad de corriente, SAR de cuerpo entero promedio y SAR localizado para frecuencias entre 1 Hz y 10 GHz se presentan en la Tabla 8.4. y para densidades de potencia para frecuencias de 10 a 300 GHz se presentan en la Tabla 8.5. que se presentan a continuación

TABLA 8.4.
RESTRICCIONES BÁSICAS PARA EXPOSICIONES A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS PARA FRECUENCIAS HASTA 10 GHZ

Características de la exposición	Rango de frecuencias	Densidad de corriente para cabeza y tronco ($mA.m^{-2}$) (rms)	SAR promedio en todo el cuerpo ($W.Kg^{-1}$)	SAR localizado en cabeza y tronco ($W.Kg^{-1}$)	SAR localizado en extremidades ($W.Kg^{-1}$)
Exposición ocupacional	Hasta 1 Hz	40	-	-	
	1-4-Hz	40/*f*	-	-	
	4 Hz-1KHz	10	-	-	
	1-100 KHz	*f*/100	-	-	
	100KHz-10 MHz	*f*/100	0,4	10	20
	10 MHz-10 GHz	-	0,4	10	20

TABLA 8.4.
RESTRICCIONES BÁSICAS PARA EXPOSICIONES A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS PARA FRECUENCIAS HASTA 10 GHZ

Características de la exposición	Rango de frecuencias	Densidad de corriente para cabeza y tronco ($mA.m^{-2}$) (rms)	SAR promedio en todo el cuerpo ($W.Kg^{-1}$)	SAR localizado en cabeza y tronco ($W.Kg^{-1}$)	SAR localizado en extremidades ($W.Kg^{-1}$)
Exposición al público en general	Hasta 1 Hz	8	-	-	
	1-4-Hz	8/*f*	-	-	
	4 Hz-1KHz	2	-	-	
	1-100 KHz	*f*/500	-	-	
	100KHz-10 MHz	*f*/500	0,08	2	4
	10 MHz-10 GHz	-	0,08	2	4

Notas:

1. *f* es la frecuencia en Herzios
2. Debido a que el cuerpo humano no es eléctricamente homogéneo, las densidades de corriente deberían ser promediadas sobre una sección transversal de 1 cm^2, perpendicular a la dirección de la corriente
3. Para frecuencias hasta 100 KHz, los valores de la densidad de corriente de pico pueden obtenerse multiplicando el valor rms (de la Tabla 8.4.) por 1,414. Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente para obtener las restricciones básicas deberá calcularse según: $f = 1/(2t_p)$
4. Para frecuencias hasta 100 KHz y para campos magnéticos pulsados, la densidad de corriente máxima asociada con los pulsos se puede calcular a partir de los tiempos de subida/bajada y la máxima variación de la densidad de flujo magnético. La densidad de corriente inducida puede compararse con la restricción básica apropiada
5. Todos los valores de SAR deben promediarse sobre cualquier período de 6 minutos
6. La masa para promediar el SAR localizado es cualquier tejido de 10g de masa; el máximo SAR así obtenido deberá ser el valor usado para estimar la exposición
7. Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente para obtener las restricciones básicas deberá calcularse según: $f = 1/(2t_p)$. Adicionalmente en el rango de frecuencias de 0,3 a 10 GHz y para exposición localizada en la cabeza, con el objeto de evitar el efecto auditivo causado por la expansión termoelástica, se recomienda una restricción básica adicional. Esta restricción indica que la SA promediada sobre 10g de tejido no debe exceder 10 $mJ.Kg^{-1}$ para trabajadores y 2 $mJ.Kg^{-1}$ para el público en general.

TABLA 8.5.
RESTRICCIONES BÁSICAS DE DENSIDAD DE POTENCIA PARA FRECUENCIAS ENTRE 10 Y 300 GHZ

Características de la exposición	Densidad de potencia ($W.m^{-2}$)
Exposición ocupacional	50
Exposición al público en general	10

Notas:

1. Las densidades de potencia deben promediarse sobre cualquier área expuesta de 20 cm^2 y sobre cualquier período de $68/f^{1,05}$ minutos (f en GHz) para compensar la profundidad de penetración progresivamente menor al aumentar la frecuencia
2. Las densidades de potencia máximas espaciales, promediadas sobre 1 cm^2 no deberían exceder 20 veces los valores antes mencionados

8.4.2.5. Niveles de referencia

Los niveles de referencia se obtienen a partir de las restricciones básicas mediante el uso de modelos matemáticos y por extrapolación de los resultados de las investigaciones de laboratorio en frecuencias específicas. Se presentan en las Tablas 8.6 y 8.7 siguientes y en las Figuras 8.1. y 8.2.

TABLA 8.6.
NIVELES DE REFERENCIA PARA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS (VALORES RMS NO PERTURBADOS)

Rango de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico ($V.m^{-1}$)	Intensidad de campo magnético ($A.m^{-1}$)	Densidad de flujo magnético (μT)	Densidad de potencia ($W.m^{-2}$)
Hasta 1 Hz	-	$1,63.10^5$	2.10^5	-
1 – 8 Hz	20 000	$1,63.10^5/f^2$	$2.10^5/f^2$	-
8 – 25 Hz	20 000	$2.10^4/f$	$2,5.10^4/f$	-
0,025-0,82 KHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	-
0,82 - 65 KHz	610	24,4	30,7	-
0,065 -1 MHz	610	$1,6/f$	$2/f$	-
1 - 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	$2/f$	-
10 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000MHz	$3.f^{0,5}$	$0,008.f^{0,5}$	$0,01.f^{0,5}$	$f/40$
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50

TABLA 8.7.
NIVELES DE REFERENCIA PARA EXPOSICIÓN PÚBLICA A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS (VALORES RMS NO PERTURBADOS)

Rango de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo eléctrico ($V.m^{-1}$)	Intensidad de campo magnético ($A.m^{-1}$)	Densidad de flujo magnético (μT)	Densidad de potencia ($W.m^{-2}$)
Hasta 1 Hz	-	$3{,}2.10^4$	4.10^4	-
1 – 8 Hz	10 000	$3{,}2.10^4/f^2$	$4.10^4/f^2$	-
8 – 25 Hz	10 000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025 - 0,8 KHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8 – 3 KHz	$250/f$	5	6,25	-
3 -150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	$0{,}73/f$	$0{,}92/f$	-
1 - 10 MHz	$87/f^{0,5}$	$0{,}73/f$	$0{,}92/f$	-
10 - 400MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1{,}375.f^{0,5}$	$0{,}0037\ f^{0,5}$	$0{,}0046\ f^{0,5}$	$f/200$
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

1. f es la frecuencia indicada
2. Asumiendo que se cumplen las restricciones básicas y que se pueden excluir los efectos indirectos adversos, los valores de las intensidades de campo pueden excederse
3. Las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2 y B^2 deben estar promediados sobre cualquier período de 6 minutos
4. Para valores de pico en frecuencias hasta 100 KHz, ver Tabla 8.4
5. Para valores de pico en frecuencias mayores de 100 KHz, ver las Figuras 8.1. y 8.2. Entre 100 Hz y 10 MHz los valores de pico de las intensidades de campo se obtienen a partir de la interpolación desde 1,5 veces el valor de pico en 100 KHz hasta 32 veces el valor de pico en 10 MHz. Para frecuencias mayores a 10 MHz, se sugiere que el valor de pico de la densidad de potencia de onda plana equivalente, promediada sobre el ancho del pulso, no exceda en 1000 veces las restricciones de S_{eq}, o que la intensidad de campo no exceda en 32 veces los niveles de exposición en intensidad de campo dados en esta tabla.
6. Para frecuencias mayores a 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2 y B^2, deben promediarse sobre cualquier período de $68 / f^{1,05}$ minutos (f en GHz)
7. No se prevén valores de campo eléctrico para frecuencias menores de 1Hz, ya que se trata de campos eléctricos estáticos. La percepción de cargas eléctricas en superficie no ocurre para intensidades de campo menores de 25 KVm^{-1}. Las descargas tipo chispas causantes de stress y molestias deben ser evitadas.

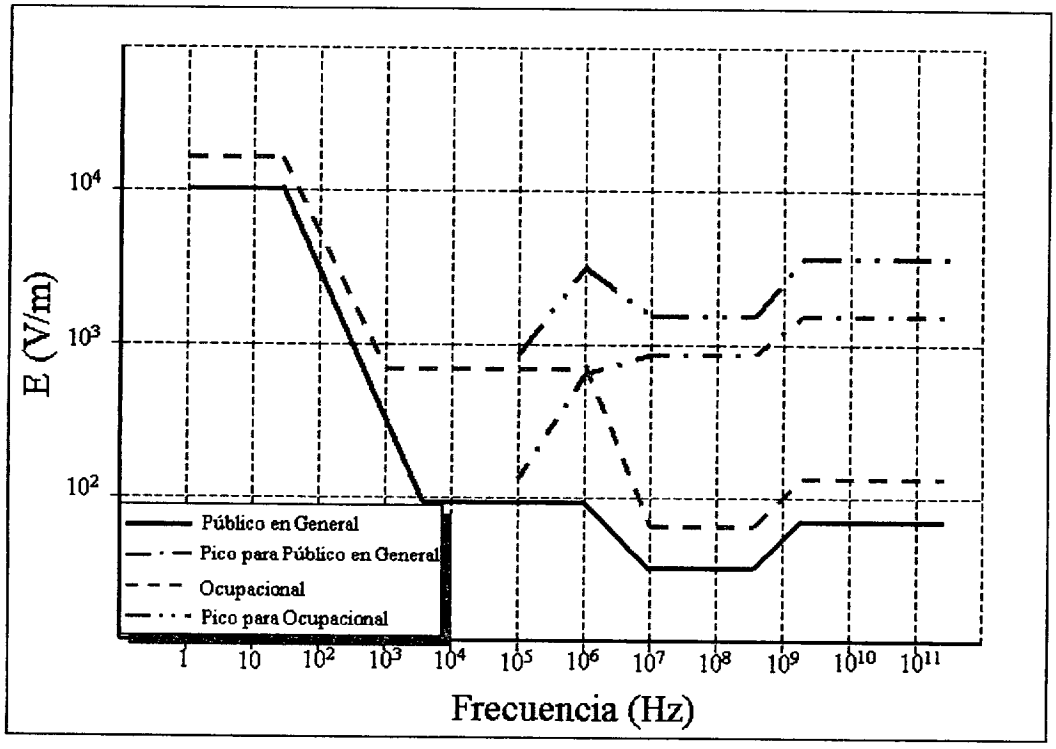


Figura 8.1. Niveles de referencia ICNIRP para exposición a campos eléctricos variables en el tiempo (ICNIRP-98)

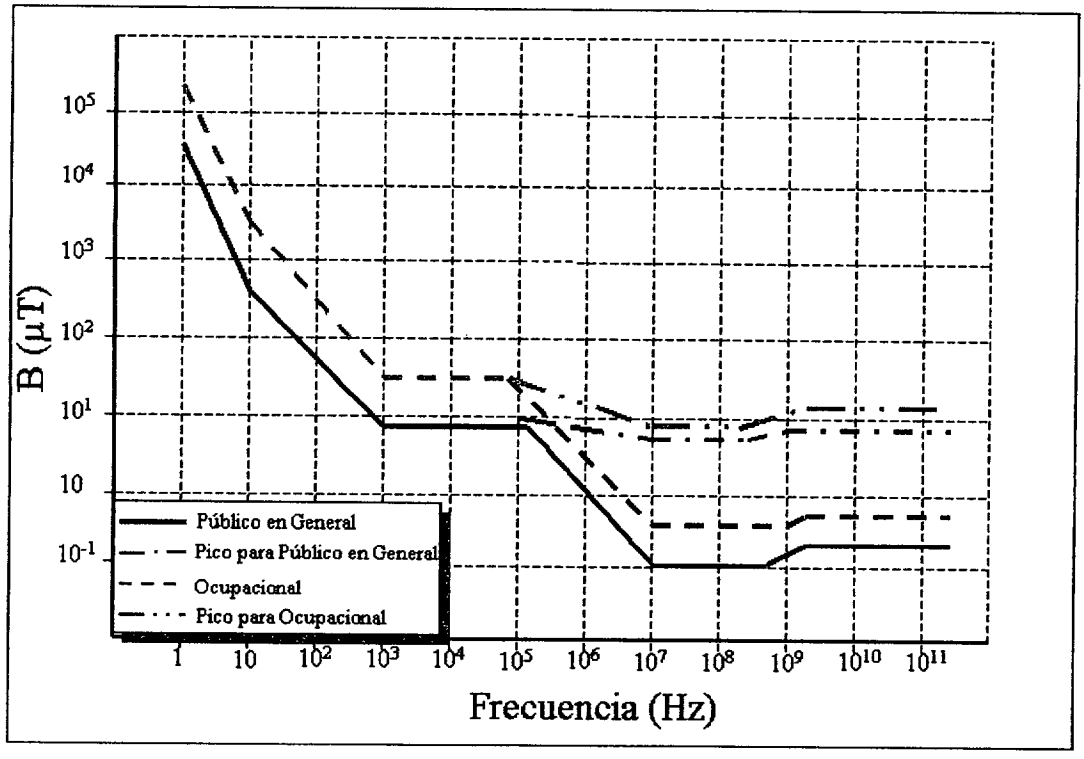


Figura 8.2. Niveles de referencia ICNIRP para exposición a campos magnéticos variables en el tiempo (ICNIRP-98)

Los modelos de campo magnético asumen que los cuerpos tienen una conductividad homogénea e isótropa. Para frecuencias sobre los 10 MHz, las intensidades de campo eléctrico y magnético se obtuvieron a partir de la restricción básica SAR de cuerpo entero. Las intensidades de campo magnético se calcularon a partir de la intensidad de campo eléctrico utilizando la relación entre E y H para campo lejano (E/H = 377 óhmios). En el campo cercano, las curvas de dependencia de la frecuencia de SAR ya no son válidas y las componentes de los campos eléctrico y magnético deben considerarse separadamente.

Los niveles de referencia para la exposición del público en general se han obtenido a partir de los datos para exposición ocupacional mediante la utilización de varios factores en todo el rango de frecuencias y sus valores corresponden a las relaciones matemáticas entre los valores de las restricciones básicas y los niveles derivados para las radiofrecuencias, se describen a continuación:

- Para el rango de frecuencias de 10 MHz – 10 GHz, los niveles de referencia de campo eléctrico y magnético para público en general, son menores en un factor de 2,2 con respecto a los niveles de exposición ocupacional. El factor de 2,2 corresponde a la raíz cuadrada de 5, que es un factor de seguridad entre las restricciones básicas para exposición ocupacional y exposición del público en general
- En el rango de las frecuencias entre 10 GHz y 300 GHz, los niveles de referencia para público en general están definidos por la densidad de potencia, como en las restricciones básicas, y son menores en un factor de 5 frente a los niveles de referencia de exposición ocupacional
- Para frecuencias entre 0,3 y varios GHz, para exposiciones localizadas de la cabeza.

8.4.2.6. Exposición simultánea a frecuencias múltiples

Es importante determinar si, en situaciones de exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, los efectos a estas exposiciones son aditivos. La aditividad debería

examinarse separadamente para los efectos de estimulación térmica y eléctrica, y las restricciones básicas se deberán cumplir. Las fórmulas que se presentan a continuación se aplican a las frecuencias relevantes bajo condiciones prácticas de exposición.

Para estimulación eléctrica, importante para frecuencias inferiores a 10 MHz, las densidades de corrientes inducidas deberían sumarse de acuerdo a

$$\sum_{i=1Hz}^{10MHz} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

donde

J_i es la densidad de corriente a la frecuencia i
J_{Li} es la restricción de densidad de corriente a la frecuencia i según la Tabla 8.8.

TABLA 8.8.
NIVELES DE REFERENCIA PARA CORRIENTES INDUCIDAS EN CUALQUIER EXTREMIDAD A FRECUENCIA ENTRE 10 Y 110 MHz

Tipo de exposición	Corriente (mA)
Exposición ocupacional	100
Exposición del público en general	45

Notas:

1. El nivel de referencia para público en general es igual al nivel de referencia ocupacional dividido por $\sqrt{5}$
2. Para cumplir con las restricciones básicas referentes a SAR localizado, los niveles de referencia se calculan con la raíz cuadrada de los cuadrados de las corrientes inducidas en un promedio de 6 minutos

Para el estudio de los efectos térmicos aplicables a partir de los 100 KHz, tanto el SAR como las densidades de potencia se deben sumar según la fórmula

$$\sum_{i=100KHz}^{10GHz} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10GHz}^{300GHz} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

donde

SAR_i es el SAR causado por la exposición a la frecuencia i
SAR_L es el SAR límite según la Tabla 8.4.
S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i
S_L es el límite de densidad de potencia según la Tabla 8.5.

Para densidades de corriente inducidas y efectos de la estimulación eléctrica hasta 10 MHz, deberán aplicarse a los niveles de campo los siguientes requerimientos

$$\sum_{i=1Hz}^{1MHz} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1MHz}^{10MHz} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1Hz}^{65KHz} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>65KHz}^{10MHz} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

donde

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i
E_{Li} es el nivel de referencia del campo eléctrico a la frecuencia i según las Tablas 8.6. y 8.7.
H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j
H_{Lj} es el nivel de referencia del campo magnético a la frecuencia j según las Tablas 8.6. y 8.7.
a es 610 Vm^{-1}, para el caso de exposición ocupacional y 87 Vm^{-1} para el caso de exposición del público en general
b es 24,4 Am^{-1} (30,7 μT) para el caso de exposición ocupacional y 5 Am^{-1} (6,25 μT) para el caso de exposición del público en general

Los valores constantes a y b son utilizados para frecuencias por encima de 1 MHz para el campo eléctrico y para frecuencias por encima de 65 KHz para el campo magnético, ya que la suma está basada en las densidades de corriente inducidas, independientes de las consideraciones térmicas. Éstas últimas constituyen la base para E_{Li} y H_{Lj}, para frecuencias superiores a 1 MHz y 65 KHz, respectivamente, como se expresa en las Tablas 8.6. y 8.7.

Teniendo en cuenta las consideraciones térmicas concernientes a los 100 KHz, deberán aplicarse los siguientes requerimientos

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

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

donde

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i
E_{Li} es el nivel de referencia del campo eléctrico a la frecuencia i según las Tablas 8.6. y 8.7.
H_j es la intensidad de campo magnético a la frecuencia j
H_{Lj} es el nivel de referencia del campo magnético a la frecuencia j según las Tablas 8.6. y 8.7.
c es 610/f Vm^{-1}, para el caso de exposición ocupacional y $87/f^{0,5}$ Vm^{-1} para el caso de exposición del público en general
d es 1,6/f Am^{-1} (f en MHz) para el caso de exposición ocupacional y 0,73/f Am^{-1} para el caso de exposición del público en general

Para las corrientes en las extremidades y las corrientes de contacto, respectivamente, se aplicarán los siguientes requerimientos

$$\sum_{k=10MHz}^{110MHz}\left(\frac{I_k}{I_{L,k}}\right)^2\leq 1 \qquad \sum_{n>1Hz}^{110MHz}\left(\frac{I_n}{I_{C,n}}\right)^2\leq 1$$

donde

I_k es el componente de corriente en extremidades a la frecuencia k;
$I_{L,k}$ es el nivel de referencia de la corriente en extremidades (ver Tabla 8.8.)
I_n es el componente de corriente de contacto a la frecuencia n;
$I_{C,n}$ es el nivel de referencia de la corriente de contacto a la frecuencia n

Las fórmulas de suma anteriores asumen las condiciones del peor de los casos para campos resultantes de fuentes múltiples. Como resultado, las situaciones típicas de exposición pueden requerir, en la práctica, niveles de exposición menos restrictivos que los indicados por las fórmulas anteriores para los niveles de referencia.

8.4.2.7. Medidas de protección

ICNIRP aclara que las industrias causantes de la exposición a campos eléctricos y magnéticos son las responsables de asegurar el cumplimiento de todos los aspectos de estas recomendaciones.

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.

Es esencial establecer e implementar reglas para prevenir.

- la interferencia con equipos y dispositivos médicos electrónicos (incluyendo marcapasos)
- la detonación de dispositivos electroexplosivos (detonadores)
- el fuego y las explosiones resultantes de la ignición de materiales inflamables por chispas causadas por campos inducidos, corrientes de contacto o descargas eléctricas

8.5. ANEXOS SOBRE INSTRUMENTACIÓN

8.5.1. Medidas selectivas en frecuencia: analizador de espectro

Una sonda de banda ancha con detección incorporada no proporciona información acerca del contenido espectral de la señal y no permite identificar la aportación de cada posible fuente a la intensidad total. Para hacerlo se requiere un medidor en el dominio de la frecuencia, es decir, un analizador de espectro (COIT, 2002).

Un analizador de espectro presenta el contenido de frecuencias de la señal que suministra el sensor y la amplitud relativa de cada componente del espectro.

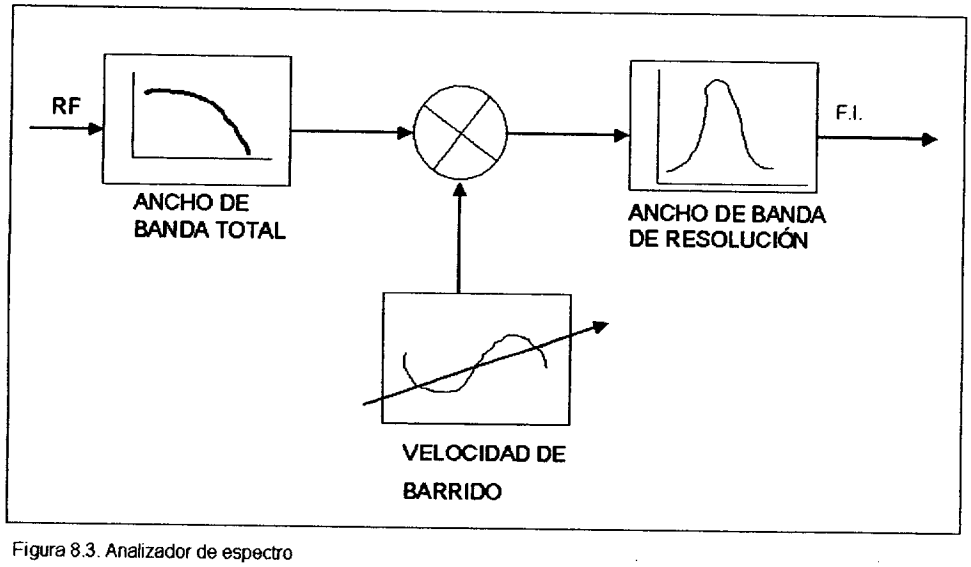


Figura 8.3. Analizador de espectro

El ancho de banda total del instrumento fija la banda de frecuencias en la que puede utilizarse el instrumento y debe elegirse de acuerdo con el sensor y la/s banda/s en que

van a realizarse las medidas e implica simplemente elegir un modelo de instrumento disponible en el mercado.

El ancho de banda de resolución y la velocidad de barrido fijan la posibilidad de separar señales de distintas frecuencias y de detectar señales de corta duración. Son ajustes que se realizan en cada medida.

El analizador de espectro no proporciona información de fase, por lo que su uso no permite reconstruir la variación temporal de la señal, que sólo se obtendría con un medidor en el dominio del tiempo (osciloscopio).

La realización de medidas utilizando analizador de espectro implica la realización imprescindible y repetida periódicamente de calibración absoluta del conjunto sensor-medidor. La calibración requiere generar unas señales perfectamente controladas y sólo puede realizarla un centro especializado.

Sin embargo, incluso con una calibración adecuada, han de tenerse en cuenta diversos errores de medida:

- el propio error de calibración
- el efecto de la frecuencia
- la linealidad del detector
- el error de polarización
- el efecto de la temperatura

que implicará la introducción de un factor de corrección entre 2 y 4 en la medida de la intensidad.

En este tipo de medidas también hay que tener en cuenta que en las proximidades de la antena

- no se cumple ninguna relación sencilla entre intensidades, luego será necesario medir E y H

- la densidad de potencia no se obtiene directamente de los valores eficaces de las intensidades, pero suministran una cota superior
- las variaciones espaciales del campo son muy rápidas, luego hay que realizar las medidas con mucha resolución espacial
- el campo puede no ser suficientemente uniforme en la región ocupada por el sensor, con lo que no está funcionando en la forma en que se hizo la calibración y no mide adecuadamente
- el sensor puede afectar a la antena (por ejemplo, alterar la corriente en uno de los elementos radiantes que la componen) y, por tanto, la antena produce un campo distinto del producido sin él
- la antena puede afectar la impedancia del sensor, con lo que el calibrado de éste deja de ser válido

Todas estas consideraciones indican la dificultad de la realización de las medidas en las proximidades de la antena. Éstas deben realizarse muy cuidadosamente y corregirse con un factor de seguridad alto.

Una situación similar a lo que ocurre cerca de la antena, es la presencia de obstáculos importantes (por ejemplo, el suelo) en las proximidades de la región de medida y/o si existen emisiones procedentes de varios puntos. En este caso:

- el campo en un punto es el resultado de la superposición de una onda directa desde cada antena y una o más ondas reflejadas
- cada componente tiene las propiedades de campo lejano en espacio libre pero el conjunto no tiene tales propiedades

Teniendo estos aspectos en cuenta, se puede intentar discernir entre las diversas ondas que constituyen el campo total utilizando un sensor con directividad y orientándolo en diversas direcciones hasta encontrar valores máximos, lo que permite aplicar a cada onda componente las relaciones de campo lejano en espacio libre, midiendo la intensidad para cada una de ellas. No debe olvidarse que cada componente tiene su polarización y que las reflexiones la alteran.

Si el sensor direccional es sensible a la polarización, al proceso de seleccionar las direcciones desde las que llega cada onda, hay que añadir otro proceso de identificación de polarización. Si el sensor no está conectado a un medidor en el dominio de la frecuencia, no se puede discriminar la contribución de cada uno de los emisores.

La metodología de la evaluación selectiva en frecuencia puede resumirse en:

1. Analizar el problema de medida y hacer un juicio del nivel de complicación
2. Si las medidas se realizan lejos de la fuente y los obstáculos no son de importancia (electromagnética), se pueden realizar las mediciones con una sonda de banda ancha e independiente de la polarización. Se evalúa la región de interés situando la sonda durante un par de minutos en diversos puntos e identificando aquellos en los que la lectura del medidor sea más importante
3. La existencia de variaciones rápidas con la posición indica que su escenario no es simple y que deben realizarse medidas más delicadas
4. Situar el sensor en los puntos de mayor intensidad y efectuar medidas a diversas alturas, manteniéndolo en cada una de ellas durante el tiempo que especifique la norma a aplicar. Se deberá repetir la medida a diversas horas, si se estima que las fuentes emiten con un horario preferente
5. Alejar el sensor del cuerpo y otros objetos de presencia no permanente
6. Si se conoce la existencia de una fuente predominante y su posición, intentar no interponerse entre ella y el sensor. Si no se dispone de esta información, se debe medir en cada punto situándose en diversas posiciones
7. Si se observa un valor próximo a los límites establecidos en la normativa y se desea identificar su procedencia, se necesita un receptor en el dominio de la frecuencia
8. La utilización de un sensor con directividad, sensible a la polarización y de banda limitada, tras situarse en un punto, habrá que girarlo respecto de tres ejes ortogonales
9. Anotar para qué orientación se produce el máximo de cada componente del espectro recibido y las amplitudes máximas de las mismas
10. Si a cierta frecuencia se observa un valor netamente predominante asociado a una cierta orientación, será conveniente utilizarlo para comparar con los niveles dados en la normativa, aplicando para ello las relaciones de onda plana
11. Si a cierta frecuencia se encuentran varios valores comparables, se realiza la suma cuadrática y se utiliza en la comparación

12. Se repite el proceso para cada una de las frecuencias observadas en el espectro y se realiza la suma ponderada respecto de los límites, tal como se especifica en la normativa

8.5.2. Antenas de pruebas

8.5.2.1. Antena de bocina

Las medidas realizadas a frecuencias superiores a los 4 GHz, se llevan a cabo con una antena de bocina con sus características de ganancia en función de la frecuencia conocidas. La antena se sitúa sobre un trípode de material no conductor.

En las denominadas antenas de apertura se conocen con un cierto grado de aproximación los campos en la antena. La superficie en la que se hallan los campos, se llama superficie de apertura y la zona con campos distintos de cero es la apertura ($E \neq 0$, $H \neq 0$).

El caso más simple es la guía de ondas rectangular, que propaga el modo fundamental y que se deja en circuito abierto. La terminación de la línea se adapta para que sea una antena y se elimine la reflexión. Otros ejemplos de antenas de apertura son las bocinas, que permiten aumentar la directividad. Los campos en la apertura se pueden calcular de forma simple a partir de los modos de las guías, junto con los términos de fase que tienen en cuenta la propagación.

Una bocina electromagnética es una antena que se utiliza de forma generalizada a frecuencia de microondas, por sus características de gran ancho de banda y por su facilidad de construcción y diseño. Se utiliza como antena individual, en forma de agrupaciones, o como alimentador primario de reflectores o lentes.

Una bocina se alimenta a partir de una guía de onda que propaga uno o varios modos. Las dimensiones van aumentando progresivamente hasta que la apertura equivalente tenga unas dimensiones suficientes para conseguir la directividad deseada.

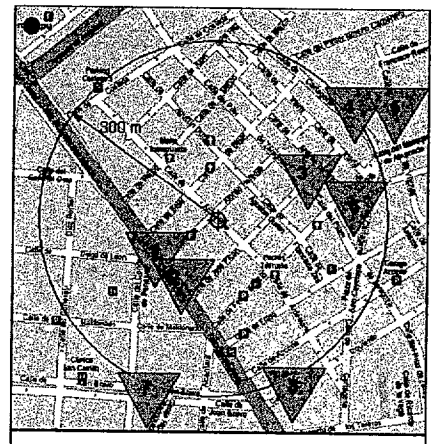
Las guías de onda rectangulares que propagan el modo fundamental TE_{10}, se puede abrir en el plano horizontal, dando lugar a las denominadas bocinas de plano H. Se pueden

abrir en el plano vertical, dando lugar a las bocinas de plano E y se pueden abrir en ambos planos simultáneamente, dando lugar a una bocina piramidal. El error de fase cuadrático depende de la posición y la distribución de amplitudes es la misma del modo fundamental de la guía de ondas.

8.5.2.2. Antena logarítmico-periódica

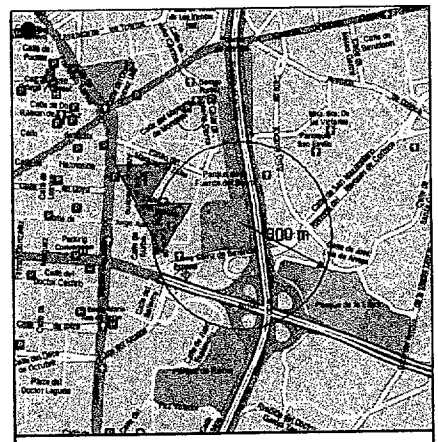
Las medidas realizadas en el rango de frecuencias entre 400 y 3000 MHz se pueden llevar a cabo con una antena logarítmico – periódica linealmente polarizada, que permite la transmisión y la recepción en banda ancha y puede utilizarse en el laboratorio o en espacio abierto.

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



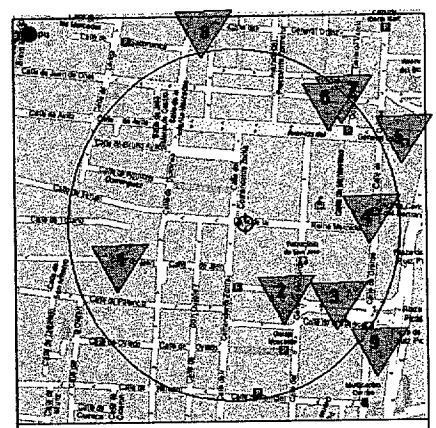
Ardemans, 41 – 5B

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Ardemans nº 41 – 5ºB	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	c/ Conde de Peñalver, 96
Número de visado:	PO2014398
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	c/ Francisco Silvela, 55
Número de visado:	PO2007186
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	c/ Pilar de Zaragoza, 57
Número de visado:	PO2008577
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	c/ Cartagena, 57
Número de visado:	PO2017292
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	c/ Cartagena, 62
Número de visado:	PO2006262
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**6**
Ubicación:	c/ Cartagena, 37
Número de visado:	PO2017293
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**7**
Ubicación:	c/ Conde de Peñalver, 68
Número de visado:	PO2012443
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**8**
Ubicación:	c/ Francisco Silvela, 30
Número de visado:	PO2013664
Operador:	VODAFONE



Parque Quinta Fuente del Berro

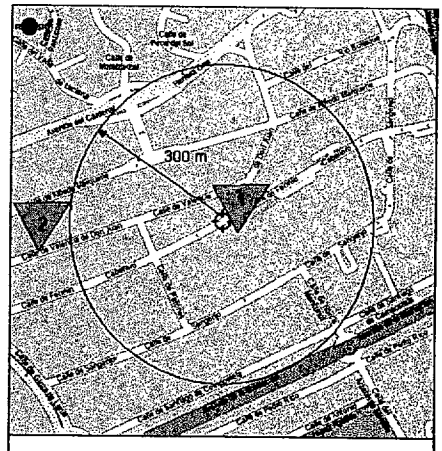
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Parque Quinta Fuente del Berro	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Jorge Juan, 120
Número de visado:	PO2006904
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Elvira, 26
Número de visado:	PO2015824
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



Reina Mercedes, 16- 5D

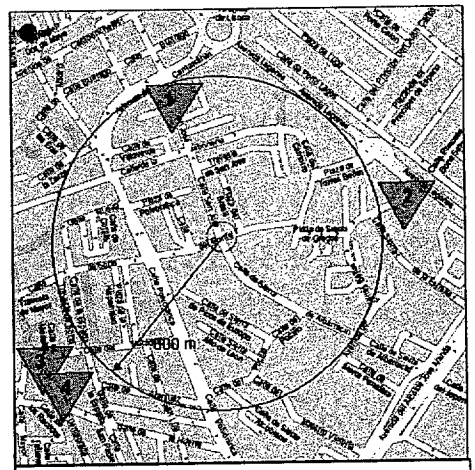
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Reina Mercedes, 16 – 5ºD	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Palencia, 37
Número de visado:	PO2021537
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ General Moscardó, 23
Número de visado:	PO2008468
Operador:	VODAFONE

ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Basílica, 19
Número de visado:	PO2008940
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	Farola c/ Orense Esquina c/ Reina Mercedes
Número de visado:	PO2035957
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	Av. Gral. Perón. Edificio Master Telfo 1
Número de visado:	PO2015814
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**6**
Ubicación:	C/ General Varela, 1
Número de visado:	PO2009507
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**7**
Ubicación:	C/ General Perón, 19
Número de visado:	PO211672
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**8**
Ubicación:	C/ General Orgaz, 9
Número de visado:	PO2021583
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**9**
Ubicación:	C/ Lérida, 41
Número de visado:	PO2016897
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**10**
Ubicación:	C/ Orense, 8
Número de visado:	PO2008534
Operador:	VODAFONE



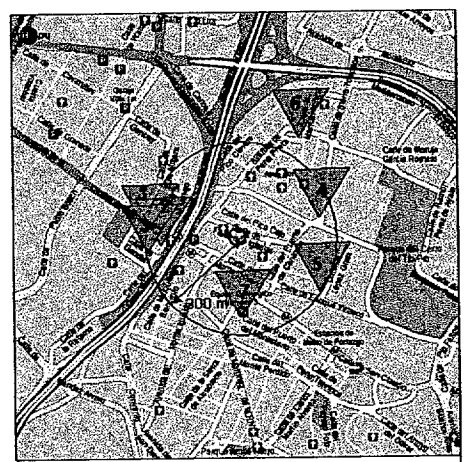
Fermín Caballero, 24

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Fermín Caballero, 24 – 2ºB	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Fermín Caballero, 19
Número de visado:	PO2035972
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Alfredo Marquerie, 16
Número de visado:	PO2036616
Operador:	VODAFONE



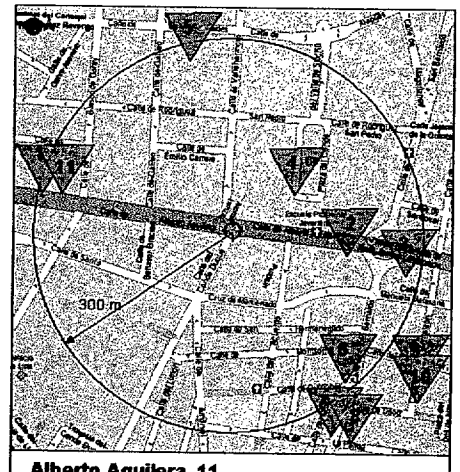
ALCORCÓN C/ Del Monte, 6

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



Emilio Ortuño, 22

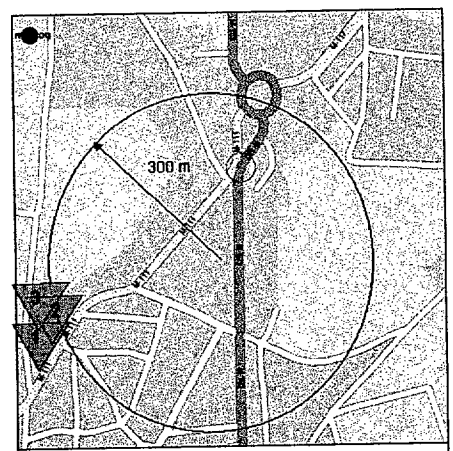
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Emilio Ortuño, 22 – 1º	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	Av. Ciudad de Barcelona, 220
Número de visado:	PO2007146
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	Av. Ciudad de Barcelona, 224
Número de visado:	PO2017320
Operador:	TELEFÓNICA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



Alberto Aguilera, 11

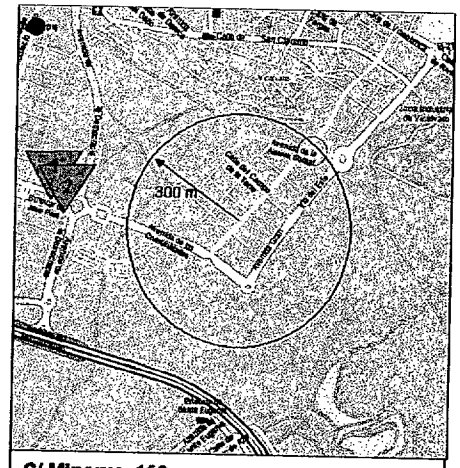
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alberto Aguilera, 11 – 1º	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 48
Número de visado:	PO2014030
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 3
Número de visado:	PO2345678
Operador:	VODAFONE
ESTACION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

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



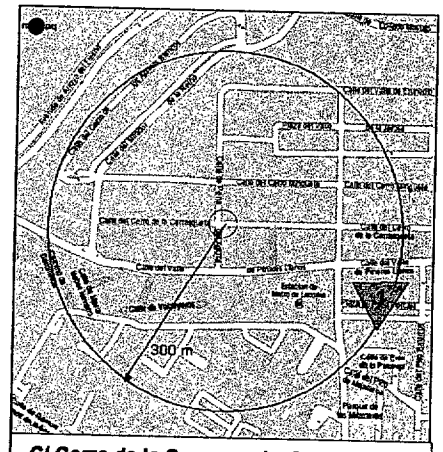
FUENTE EL SAZ DE JARAMA C/ Torrelaguna, 47

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



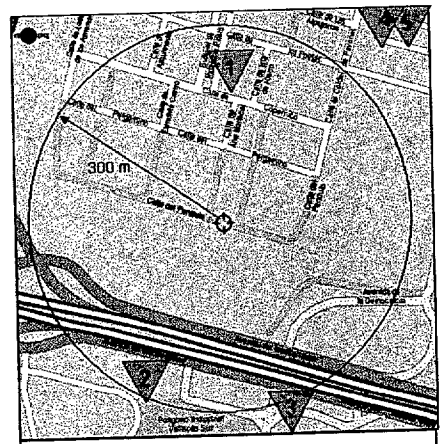
C/ Minerva, 153

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



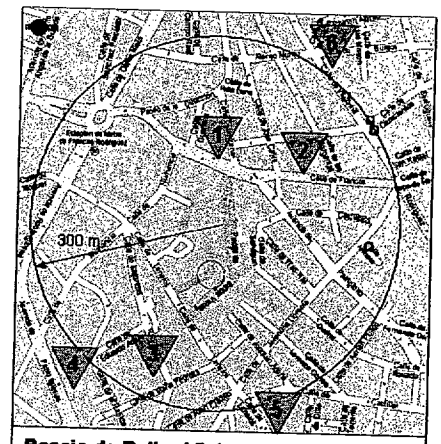
C/ Cerro de la Carrasqueta, 3

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



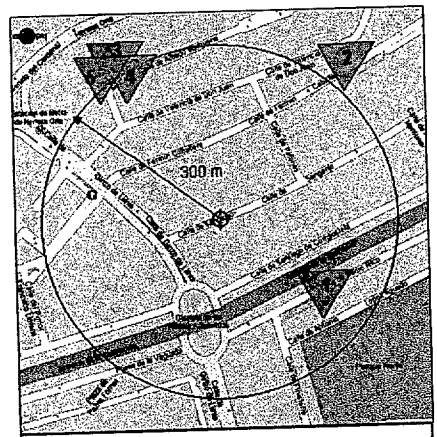
Péndulo, 17

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Péndulo, 17	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	Bulevar Indalecio Prieto, 45
Número de visado:	PO2031551
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	CNII KM 7200
Número de visado:	PO2008469
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	Av. Democracia, S/N
Número de visado:	PO2013639
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ Bulevar José Prat, 35
Número de visado:	PO2017278
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	C/ Bulevar José Prat, 35
Número de visado:	PO2032777
Operador:	VODAFONE



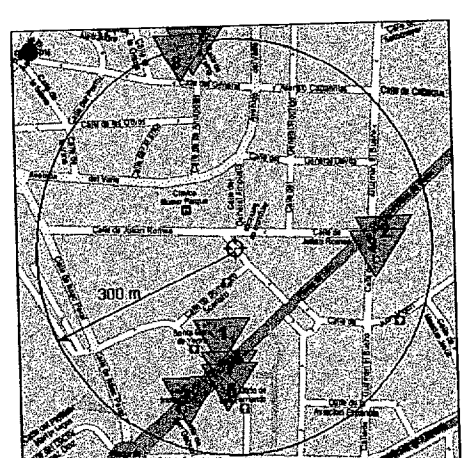
Pasaje de Bellas Vistas, 50

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



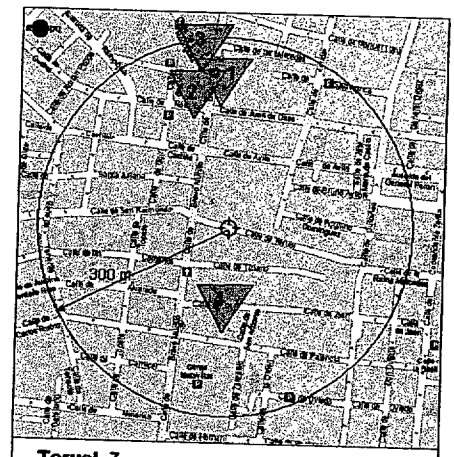
Sangenjo, 4

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Sangenjo, 4 – 5º	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	c/ Antonio López Aguado, 9
Número de visado:	PO2009590
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Fermín Caballero, 19
Número de visado:	PO2035972
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Alfredo Marquerie, 16
Número de visado:	PO2036616
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ Alfredo Marquerie, 16
Número de visado:	PO2009587
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	C/ Alfredo Marquerie, 16
Número de visado:	PO2023730
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



General Ampudia, 3

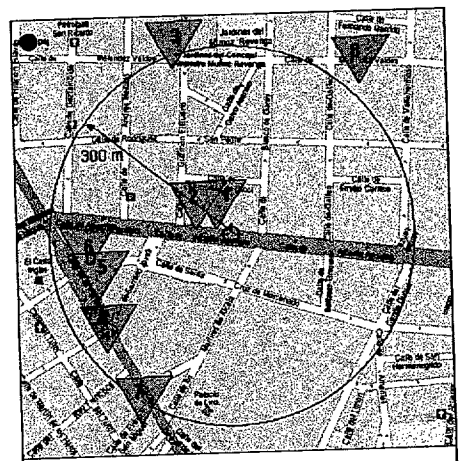
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ General Ampudia, 3	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	Ps. C/ San Francisco de Sales, 15
Número de visado:	PO2017055
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Guzmán el Bueno, 106
Número de visado:	PO2011270
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Guzmán el Bueno, 106
Número de visado:	P92029801
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ San Francisco de Sales, 12
Número de visado:	PO2035959
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	C/ San Francisco de Sales, 6
Número de visado:	PO2008948
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**6**
Ubicación:	C/ San Francisco de Sales, 12
Número de visado:	PO2036436
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**7**
Ubicación:	C/ La Loma, 1
Número de visado:	PO2016275
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**8**
Ubicación:	C/ La Loma, 1
Número de visado:	PO2012517
Operador:	VODAFONE



Teruel, 7

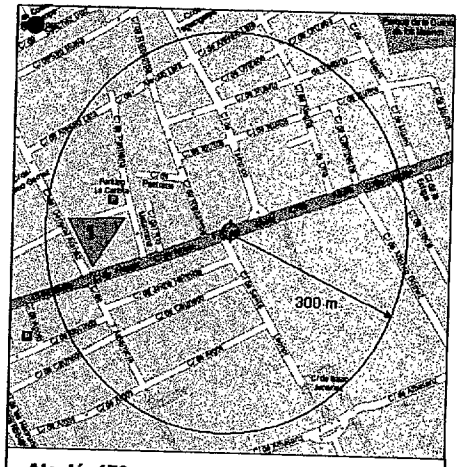
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Teruel, 7	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Juan de Olías, 1
Número de visado:	PO2032194
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Bravo Murillo, 179
Número de visado:	PO2007764
Operador:	AMENA

ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Bravo Murillo, 185
Número de visado:	PO2017289
Opeador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ Palencia, 37
Número de visado:	PO2021537
Operador:	AMENA



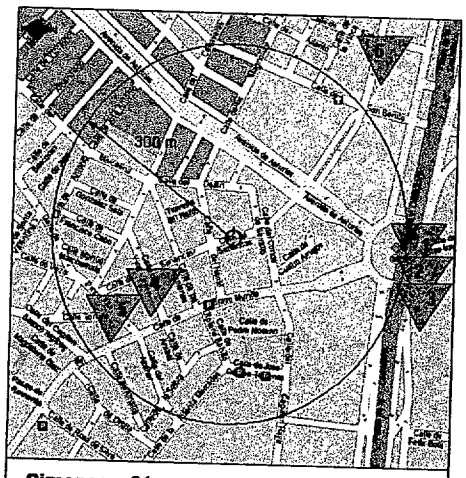
Alberto Aguilera, 44

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



Alcalá, 479

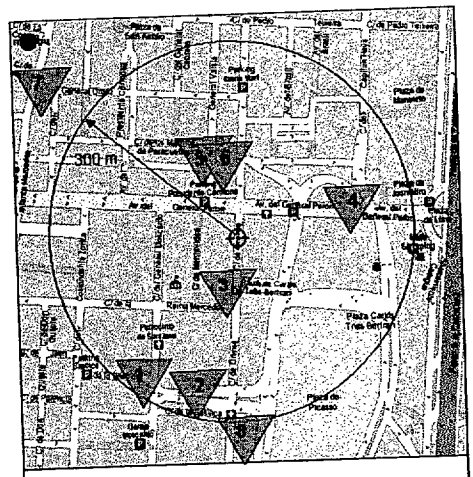
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Alcalá, 479	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ General Aranaz, 1
Número de visado:	PO2015484
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



Simancas, 21

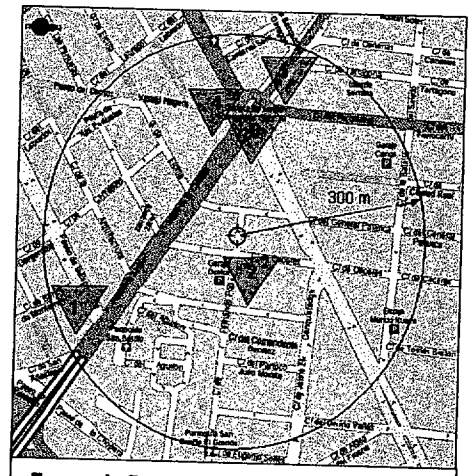
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Simancas, 21	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ General Lopez Pozas, S/N
Número de visado:	P12014825
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	Pz. De Castilla (Junto al Deposito)
Número de visado:	P02008010
Operador:	VODAFONE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

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



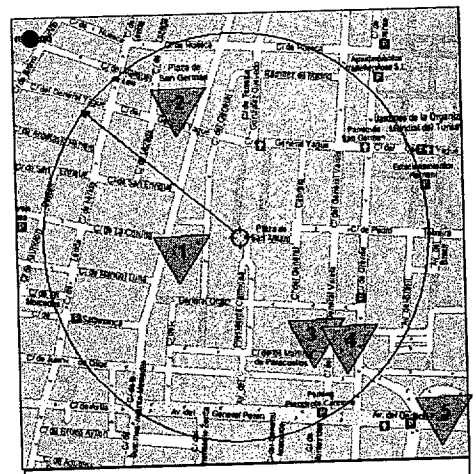
Orense, 29

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



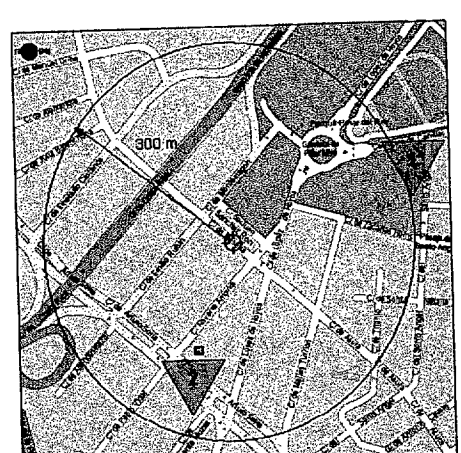
Fernando Poo, 11

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Fernando Poo, 11	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	Ps. Santa Mª de la Cabeza, 92
Número de visado:	P02009980
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Torres Miranda, 8 - 12
Número de visado:	P02017325
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	Pz. Gta. Santa Mª de la Cabeza, 9
Número de visado:	P02013527
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	Ps. Santa Mª de la Cabeza, 57
Número de visado:	P02013872
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	Gta. Santa Mª de la Cabeza, 57
Número de visado:	P02013872
Operador:	VODAFONE



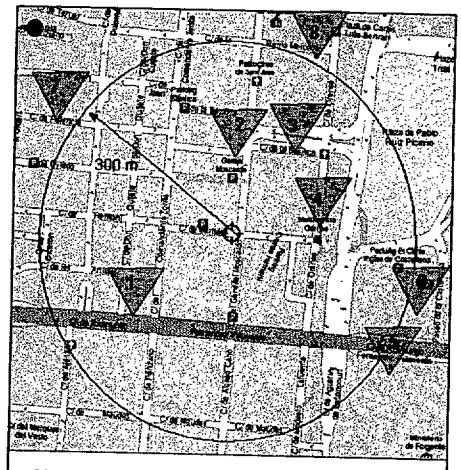
Plz. San Amaro, 1

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



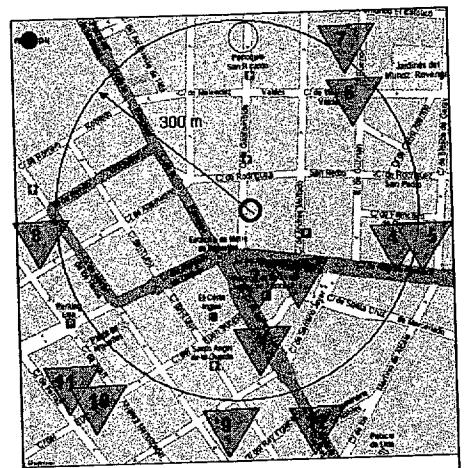
Mesena, 8

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Mesena, 8	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Santo Ángel, 79
Número de visado:	P02016378
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Vicente Muzas, 3
Número de visado:	P02012123
Operador:	AMENA



Hernani, 73

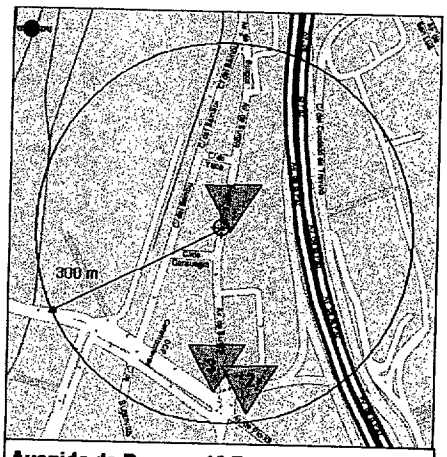
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Hernani, 73	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Raimundo Fernández Villaverde, 41
Número de visado:	P02016378
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ General Moscardó, 23
Número de visado:	PO2008468
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Basílica, 19
Número de visado:	PO2008940
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ Orense, 8
Número de visado:	P02008534
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	C/ Raimundo Fernández Villaverde, 79
Número de visado:	P02006230
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**6**
Ubicación:	Paseo de la Castellana
Número de visado:	P02008544
Operador:	VODAFONE



Gaztambide, 8

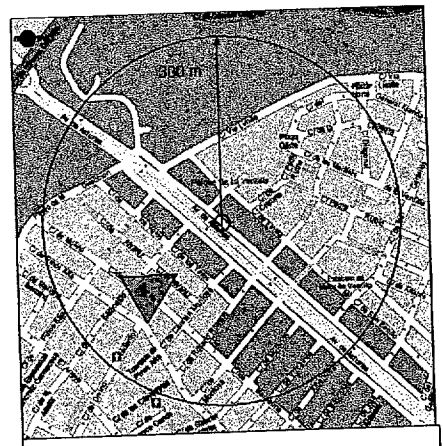
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Gaztambide, 8	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Princesa, 42
Número de visado:	PO2011557
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Princesa
Número de visado:	PO2008519
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Princesa, 37
Número de visado:	PO2006237
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**4**
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 48
Número de visado:	PO2014030
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**5**
Ubicación:	C/ Alberto Aguilera, 50
Número de visado:	PO2030893
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**6**
Ubicación:	C/ Guzmán el Bueno, 37
Número de visado:	PO2013506
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**7**
Ubicación:	C/ Guzmán el Bueno, 31
Número de visado:	PO2008503
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**8**
Ubicación:	C/ Juan Alvarez Mendizábal,80
Número de visado:	P02030892
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**9**
Ubicación:	C/ Rey Francisco, 9
Número de visado:	P02017296
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**10**
Ubicación:	C/ Ferraz, 33
Número de visado:	P02013504
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**11**
Ubicación:	C/ Ferraz, 33
Número de visado:	P02017052
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES

ESTACION BASE:	**12**
Ubicación:	C/ Princesa, 27
Número de visado:	P02016258
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES



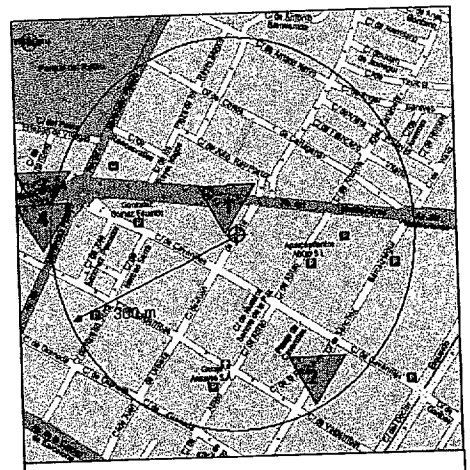
Avenida de Burgos, 16 B

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



Avenida de Asturias, 56

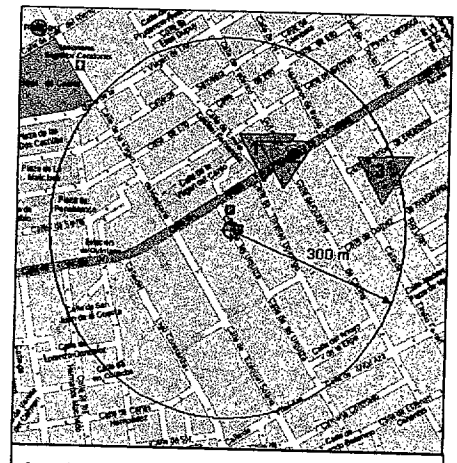
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Avda. de Asturias, 56	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Pinos Alta, 94
Número de visado:	P02036442
Operador:	VODAFONE



Juan de Urbieta, 37

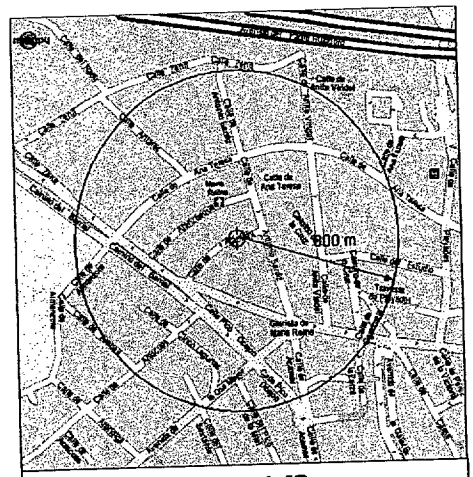
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA **Juan de Urbieta, 37**	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Juan de Urbieta, 37
Número de visado:	P02023939
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Sánchez Barcaiztegui, 20
Número de visado:	P02007840
Operador:	AMENA

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



Los Urquiza, 5

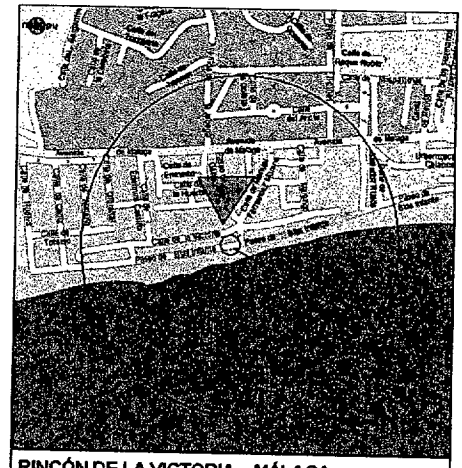
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA Los Urquiza, 5	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	C/ Alcalá, 346
Número de visado:	P02009572
Operador:	AMENA
ESTACION BASE:	**2**
Ubicación:	C/ Alcalá, 348
Número de visado:	P02013820
Operador:	VODAFONE
ESTACION BASE:	**3**
Ubicación:	C/ Río Ulla,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



ARAVACA C/ Aramunt, 5B

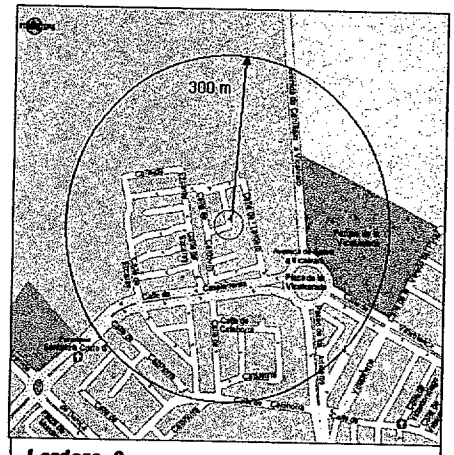
RINCÓN DE LA VICTORIA-MÁLAGA
C/ Cádiz, 16

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

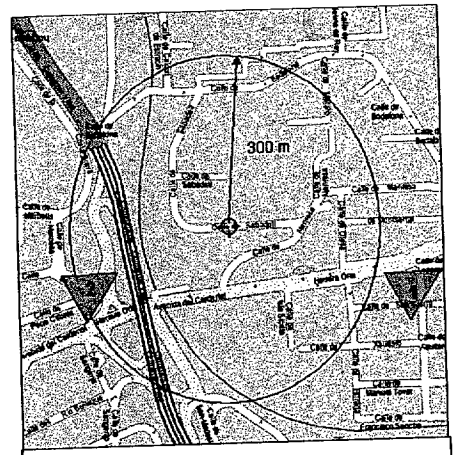


RINCÓN DE LA VICTORIA – MÁLAGA
Paseo Blas Infante, 126

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

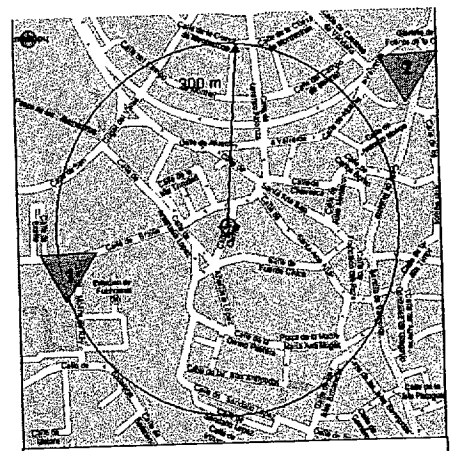


Lardero, 9



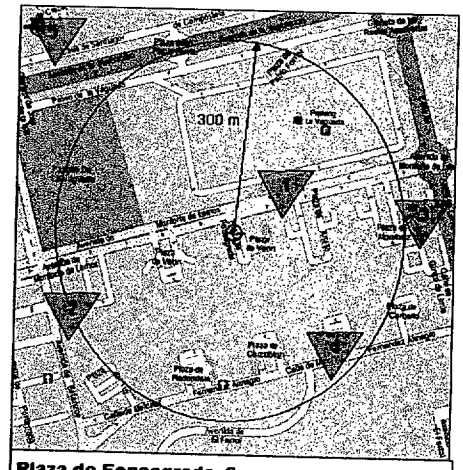
Sabadell, 96

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



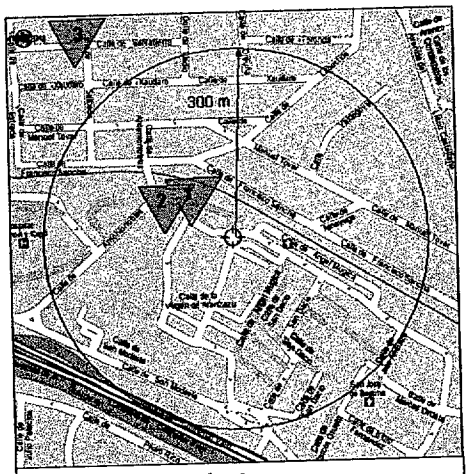
Cerrillo, 5

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



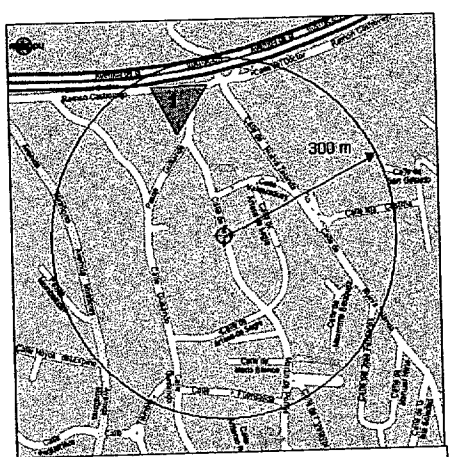
Plaza de Fonsagrada, 8

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



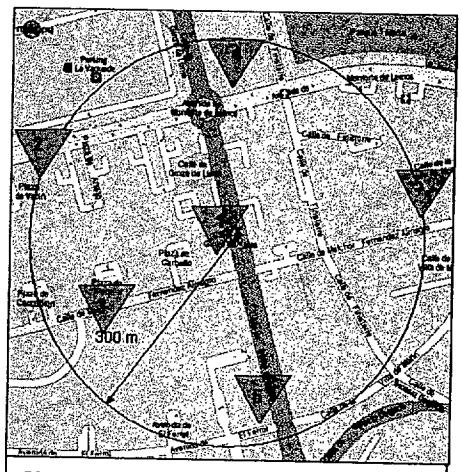
Virgen de Aranzazú, 22

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



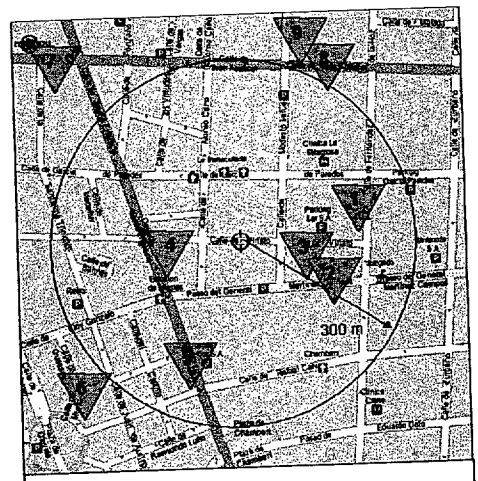
San Martín de Porres, 14

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



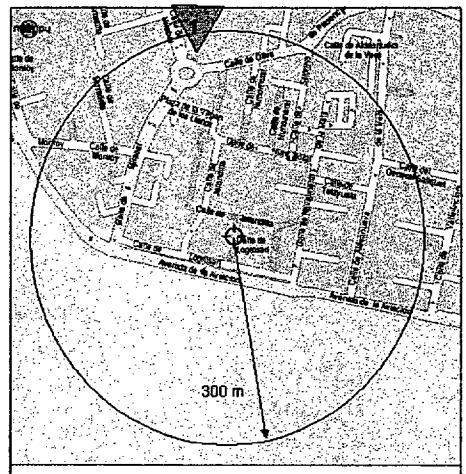
Ginzo de Limia, 23

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



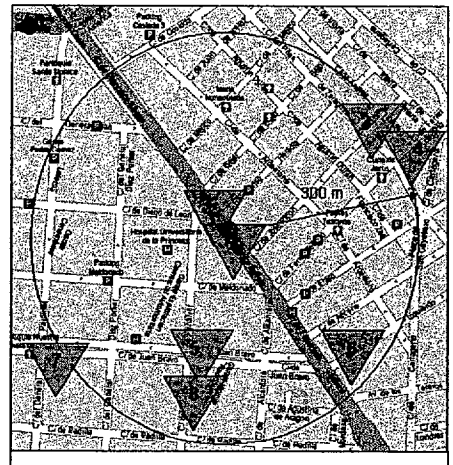
Viriato, 54

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



Logrosán, 12

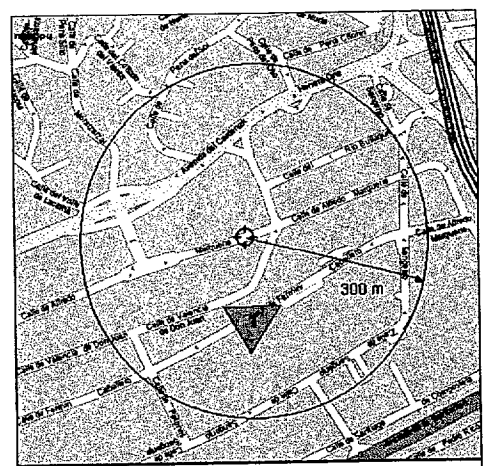
ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Logrosán, 12	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	Mirabel, 17
Número de visado:	P02011898
Operador:	VODAFONE



Francisco Silvela, 50

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS CERTIFICADAS EN EL ENTORNO DE LA C/ Francisco Silvela, 50	
ESTACION BASE:	**1**
Ubicación:	c/ Conde de Peñalver, 96
Número de visado:	PO2014398
Operador:	TELEFÓNICA MÓVILES

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



Alfredo Marquerie, 29

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

8.7. RESULTADOS DE MEDIDAS. CD-ROM.

Se adjunta un CD-ROM con los resultados de las medidas realizadas en los 46 domicilios, las realizadas en la C/ Ardemans, 41 y los niveles obtenidos en los distintos dispositivos electrónicos y/o electrodomésticos evaluados. Los resultados están agrupados en tres carpetas con los siguientes contenidos:

- La Carpeta titulada **Domicilios** contiene los siguientes ficheros:
  - Gráficas medidas
  - Gráficas medidas s-p
  - Domicilios E
  - Domicilios H

Como ya se ha explicado en el Apartado 4.1.1., el fichero denominado "Gráficas medidas" contiene los datos obtenidos directamente del dosímetro. El fichero denominado "Gráficas medidas s-p" contiene los mismos datos obtenidos sin los picos o ráfagas correspondientes a niveles en campo cercano. Los ficheros denominados "Domicilios E" y "Domicilios H" contienen los datos de campos E y H con las líneas de Promedio (Average) ± e(95%). También se encuentran en esta carpeta los ficheros correspondientes a tres domicilios.

- La Carpeta titulada **Ardemans, 41**, contiene los siguientes ficheros:
  - MedidasARDEMANS
  - MedidasARDEMANS-2
  - MedidasARDEMANS s-p
  - MedidasARDEMANS 2s-p
  - MedidasARDEMANS-E
  - MedidasARDEMANS-2E
  - MediasARDEMANS-H
  - MediasARDEMANS-2H

Los ficheros denominados "MedidasARDEMANS" y "MedidasARDEMANS-2" contienen los datos obtenidos directamente del dosímetro. Los ficheros denominados "MedidasARDEMANS s-p" y "MedidasARDEMANS 2s-p" contienen los datos sin los picos o ráfagas correspondientes a niveles en condiciones de campo cercano. Así mismo, los ficheros "MedidasARDEMANS-E", "MedidasARDEMANS-2E", "MedidasARDEMANS-H" y "MedidasARDEMANS-2H" contienen los datos de campos E y H con las líneas de Promedio (Average) ± e(95%).

- La Carpeta titulada **Dispositivos**, contiene el fichero Dispositivos.

En el fichero se recogen las medidas realizadas en condiciones de campo cercano a distintos dispositivos o electrodomésticos utilizados en los domicilios. Se indican los tipos de dispositivos, su marca y modelo, los máximos niveles registrados, la distancia a la que aparecen y la situación del máximo sobre el electrodoméstico.

ABREVIATURAS

CAPÍTULO 9. ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS DE UTILIDAD

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
AF	Audio Frequency
AIN	Advanced Intelligent Network
AM	Amplitude Modulation
AmI	Ambient Intelligence
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ANI	Automatic Number Identification
ANSI	American National Standards Institute
ASCII	American Standard Code for Information Interexchange
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BAN	Body Area Network
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
BISYNC	Binary Synchronous
BM	Broadband Modem
BPS	Bits Per Second
BRAN	Broadband Radio Access Network
BS	Base Station
BWA	Broadband Wireless Access

CATV	Cable Television
CDMA	Code Division Multiple Access
CO	Central Office
COAX	Coaxial
CO-LAN	Central Office-Local Area Network
dB	Decibel
DBS	Direct Broadcast Satellite
DCE	Data Communications Equipment
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DES	Data Encryption Standard
DNS	Domain Name System
DoD	Department of Defense
DOMSATS	Domestic Satellite Carriers
DOV	Data Over Voice
DSL	Digital Subscriber Line
DSP	Digital Signal Processor
EAS	Extended Area Service
EB	Estación Base
ECG	Electro Cardio Grama
ECSA	Exchange Carriers Standards Association
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EDI	Electronic Data Interexchange
EMC	Electro Magnetic Compatibility
EMI	Electro Magnetic Interference
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FAX	Facsimile
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplexing
FDM	Frequency Division Multiplexer
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEM	Flujo Espiratorio Máximo
FEV	Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo
FM	Frequency Modulation
FN	Fiber Node

FO	Fiber Optics
FOT	Fiber Optic Terminal
FRA	Fixed Radio Access
FSA	Fiber Serving Area
FSK	Frequency Shift Keying
FSO	Free Space Optics
FTTH	Fiber To The Home
FVC	Capacidad Vital Forzada
GBPS	Giga Bits Per Second
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global Standard for Telecommunication
HDSL	High-Bit-Rate Digital Subscriber Line
HDT	Host Digital Terminal
HDTV	High Definition Television
HFC	Hybrid Fiber/Coax
HLR	Home Location Register
Hz	Hertz
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
IEEE 802	IEEE LAN/MAN Standards Committee
IEEE 802.11	IEEE Wireless LAN Standard
IEEE 802.16	IEEE Wireless MAN Standard
IEEE-SA	IEEE Standards Association
IN	Intelligent Network
INS	Information Network System
I/O	Input/Output
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunications Union
JPEG	Joint Photographic Experts Group

KHz	KiloHertz
LAN	Local Area Network
LMDS	Local Multipoint Distribution System
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MBPS	Megabits Per Second
MHz	Megahertz
MIPS	Millions of Instructions Per Second
MM	Multi-Mode
MPEG	Moving Picture Experts Group
MS	Millisecond
MUX	Multiplexer
NAP	Network Access Point
NSP	Network Services Protocol
NTSC	National Television System Committee
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSA	Open System Architecture
OSI	Open Systems Interconnection
OTIS	Optical Transport Interconnection Services
PCM	Pulse Codification Modulation
PCS	Personal Communications Service
PHS	Personal Handy System
PIN	Personal Identification Number
PM	Phase Modulation
POP	Point of Presence
PSK	Phase Shift Keying
PSN	Packet Switching Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PS	Packet Switching Facilities
PTM	Packet Transfer Mode
PTT	Post Telephone & Telegraph Adm.

PVC	Permanent Virtual Circuits; Permanent Virtual Connection
RF	Radio Frequency
RS-232C	Recommended Standard-232C
RSA	Rural Serving Area
RSM	Remote Switching Module
RT	Remote Terminal
SDMA	Space Division Multiple Access
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDD	Time Division Duplexing
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TMUWB	Time Modulated Ultra Wide Band
UHF	Ultra High Frequency (TV)
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Standard
UWB	Ultra Wide Band
VAN	Value Added Network
VHF	Very High Frequency (TV)
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
WATS	Wide Area Telecommunications Service
WCDMA	Wideband CDMA
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access Forum
WLL	Wireless Local Loop
WOFDM	Wideband Orthogonal Frequency Division Multiplexing
WWW	World Wide Web
xDSL	Digital Subscriber Line (any version)

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ
SERVICIO DE POSTGRADO

DILIGENCIA PARA HACER CONSTAR QUE EL PRESENTE EJEMPLAR DE LA TESIS PRESENTADA POR DÑ. Victria Rayol Jiménez CONSTA DE 318 PAGINAS Y HA SIDO ENTREGADA CON FECHA 16 de noviembre de 2004 A EFECTOS DE DEPOSITO DE TESIS.

EL FUNCIONARIO

Reunido el Tribunal que suscribe en el día de la fecha acordó otorgar a la presente Tesis Doctoral la calificación de Sobresaliente cum laude

Alcalá de Henares, 25 de enero de 2005