PLAN ESPECIAL

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS ANTENAS DE RADIOCOMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ

Francisco del Pozo Guerrero
Catedrático. Grupo de Bioingeniería y Telemedicina.
Universidad Politécnica de Madrid

20 de Febrero de 2006

En la realización de este documento han colaborado:

José María Hernando Rábanos. Catedrático. Dpt. Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid.
Florentino Jiménez Muñoz y Rafael Herradón Díez, Profesores Titulares de de la Escuela Universitaria de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM.
Elvira del Pozo Campos, Javier Viejo Llorente, Francisco del Pozo Campos, Ignacio Piquero Cabañero y Enrique Gómez Aguilera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid

PLAN ESPECIAL

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS ANTENAS DE RADIOCOMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ

CONTENIDOS

ORDENANZA REGULADORA DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE RADIOCOMUNICACIONES DEL AYUNTAMIENTO DE TORREJÓN DE ARDOZ 9

PREÁMBULO 9
Competencia municipal *12*
Marco normativo, medio ambiente y protección de la salud. *13*
CAPÍTULO I.- OBJETO DE LA ORDENANZA 16
Articulo 1.- Objeto *16*
Artículo 2.- Ámbito de Aplicación *16*
CAPÍTULO II: SEGURIDAD DE LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS 17
Artículo 3.- Criterios de protección radioeléctrica *17*
Artículo 4.- Minimización de los niveles de protección radioeléctrica *18*
Artículo 5.- Concentración de antenas *19*
Artículo 6.- Evaluación y seguimiento *19*
Artículo 7.- Acceso al sistema radiante *19*
CAPÍTULO III.- IMPACTO MEDIOAMBIENTAL 20
Artículo 8.- Limitaciones de instalación. *20*
Artículo 9.- Uso compartido de estructuras base *20*
Artículo 10.- Condiciones de protección ambiental y de seguridad de las instalaciones. *21*
Artículo 11. Valoración del impacto visual *22*
CAPÍTULO IV.- PLAN DE IMPLANTACIÓN. PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LAS AUTORIZACIONES DE INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO 23
Artículo 12.- Obligación y objeto del plan de implantación *23*
Artículo 13.- Planificación de la red previa *23*
Artículo 14.- Contenido del Plan de Implantación. Licencias de obras y de actividad *24*
Artículo 15.- Evaluación y seguimiento de los niveles de radiación emitidos por las redes *27*
Artículo 16.- Actualización y modificación del Plan de Implantación *28*
Artículo 17.- Procedimiento de presentación de solicitudes *28*
CAPÍTULO V. RÉGIMEN JURÍDICO DE LAS LICENCIAS 29
Artículo 18.- Sujeción a licencia. *29*
Artículo 19.- Requisitos para la petición y tramitación de las solicitudes de licencia urbanística para las infraestructuras radioeléctricas en suelo no urbanizable. *29*
Artículo 20.- Disposiciones aplicables a la tramitación de las licencias. *29*
Artículo 21.- Disposiciones procedimentales de carácter general. *31*
CAPÍTULO VI. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES 32
Artículo 22.- Deber de conservación *32*

Artículo 23.- Renovación y sustitución de las instalaciones. *33*
Artículo 24.- Órdenes de ejecución *33*
Artículo 25.- Fianzas *34*
CAPÍTULO VII. RÉGIMEN DE PROTECCIÓN DE LA LEGALIDAD Y SANCIONADOR DE LAS INFRACCIONES 35
Artículo 26.- Inspección y disciplina de las instalaciones *35*
Artículo 27.- Protección de legalidad *35*
Artículo 28.- Infracciones y sanciones *35*
CAPÍTULO XIII.- RÉGIMEN FISCAL 37
Artículo 29.- Régimen fiscal. *37*
DISPOSICIONES ADICIONALES 37
DISPOSICIONES TRANSITORIAS 37
DISPOSICIONES FINALES 38

MEMORIA TÉCNICA. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS ANTENAS DE COMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ 41

INTRODUCCIÓN 41

CAPÍTULO I. 43

EL PANORAMA TECNOLÓGICO: LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIÓN Y LAS REDES RADIO EN EL ENTORNO URBANO 43

RADIOCOMUNICACIÓN. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO 43
SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES 47
Radiodifusión y Televisión *49*
Radiocomunicaciones móviles *50*
Radiotelefonía móvil privada *50*
Servicios de telefonía móvil pública *52*
Sistemas móviles de 3ª Generación *55*
Otros sistemas de radiocomunicaciones *55*

CAPITULO II. 57

PLANIFICACIÓN CELULAR DE REDES RADIO 57

PRINCIPIOS DE LA PLANIFICACIÓN 57
PLANIFICACIÓN GENÉRICA DE UNA RED DE MULTI-ACCESO RADIO 59
Extensión superficial de las redes de estaciones de Telefonía Móvil *59*
Planificación celular *60*
Estructuras celulares jerárquicas *64*
Desarrollo de los Planes *67*
PLANIFICACIÓN GENÉRICA DE UNA RED DE TELEFONÍA MÓVIL PARA TORREJÓN 68
TOLERANCIAS DE LOS EMPLAZAMIENTOS Y AJUSTES POSICIONALES 74
COMPARACIÓN CON LOS DESPLIEGUES DE LAS REDES EXISTENTES 74

CAPITULO III. 83

INFRAESTRUCTURAS RADIO 83

EQUIPAMIENTO TÉCNICO DE ESTACIONES BASE RADIO 83
Antenas de los sistemas de radiocomunicaciones *84*
SISTEMAS RADIANTES: SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y PROTECCIONES 89
Instalación de antenas *89*
Cálculo de las estructuras *94*
Accesorios de las estructuras *95*
IMPACTO VISUAL. MIMETIZACIÓN E INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA DE LAS ANTENAS 95

DENSIDADES DE FLUJO DE POTENCIA RADIADA 98
ANÁLISIS DEL IMPACTO VISUAL DE LAS ANTENAS GSM DEL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ 100
Antenas de la red Movistar de Telefónica *102*
Antenas de la red Airtel *108*
Antenas de la red Amena de Retevisión-Auna *115*

CAPITULO IV. 123

SEGURIDAD RADIOELÉCTRICA. EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS ESTACIONES RADIANTES DE LAS REDES URBANAS DE RADIOCOMUNICACIÓN 123

EL PROBLEMA 124
LA MEDIDA DE LA ENERGÍA ABSORBIDA POR LOS TEJIDOS (*DEL REAL DECRETO 1066/2001*) 125
LA INTERACCIÓN DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS CON LOS TEJIDOS: EFECTOS TÉRMICOS *VS* EFECTOS NO-TÉRMICOS 127
Efectos térmicos *127*
Efectos no térmicos *128*
CONCLUSIONES DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA DISPONIBLE RELACIONADA CON EL EFECTO BIOLÓGICO DE LAS RADIACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES 129
LA PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA: NECESIDAD DE UN MAYOR CONTROL DE LAS OPERADORAS Y DE UNA MAS DIRECTA INFORMACIÓN A LOS CIUDADANOS 132
CRITERIOS OPERATIVOS 136
INTRODUCCIÓN DE LA NORMATIVA VIGENTE 136

CAPITULO V 139

MEDIDAS RADIOELÉCTRICAS 139

MÉTODOS: PROCEDIMIENTO Y PLAN DE MEDIDAS 140
Sistema de medida de la intensidad de radiación producida por las torres radiantes de GSM. *140*
Sistema para el análisis espectral de la radiación electromagnética emitida por los sistemas de radiocomunicación *141*
Plan de medidas *143*
RESULTADOS DE LAS MEDIDAS 146
RESULTADOS EN LAS BANDAS DE MÓVILES 146
Niveles de potencia recibida para la operadora Telefónica Móviles (MoviStar). *148*
Niveles de potencia recibida para la operadora Airtel. *152*
Niveles de potencia recibida para la operadora Amena. *154*
Niveles de potencia recibida para el conjunto de operadores de GSM. *156*
Análisis de los resultados *158*
RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL 159
Análisis espectral en el Ayuntamiento *160*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Severo Ochoa *161*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública 1º de Mayo *162*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública 1º de Mayo *163*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Rafael Alberti. *164*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Antonio Machado. *165*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Giner de los Rios. *166*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública La Gaviota. *167*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Miguel Hernández *168*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Ramón y Cajal. *169*
Análisis espectral en el colegio concertado J.A.B.Y. *170*
Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Juan Ramón Jiménez. *171*
COMPARACIÓN CON LOS LÍMITES DEL REAL DECRETO 1066/2011 172
Comparación de las medidas de móviles con la normativa. *173*

Comparación del análisis espectral con la normativa *174*
CONCLUSIONES. 180

CAPITULO VI. **183**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **183**

LA PLANIFICACIÓN DE LA RED. UBICACIÓN DE LAS ANTENAS 183
La planificación en la Normativa (Real Decreto 1066/2001) *184*
Participación del Ayuntamiento. Análisis de la situación *185*
Participación del Ayuntamiento. Recomendaciones *186*
TECNOLOGÍAS DE ANTENAS E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL 188
Minimización del impacto visual: tamaño de las antenas *188*
Minimización del impacto visual: tamaño de los soportes *189*
Minimización del impacto visual: Otros factores *189*
IDONEIDAD DE PARQUES DE ANTENAS IDENTIFICADOS POR EL AYUNTAMIENTO 190
EL IMPACTO EN LA SALUD DE LAS TORRES RADIANTES 190
Marco de partida *190*
Los ejes del Plan en los aspectos de seguridad *192*
Recomendaciones del Plan *192*
La información a los ciudadanos *194*
Los niveles de radiación permitidos. Normativa *195*
Restricciones básicas y niveles de referencia *196*
Restricciones básicas *197*
Niveles de referencia *198*
Niveles de campo *199*
Exposición a fuentes con múltiples frecuencias *200*
Restricciones básicas *200*
Niveles de referencia *200*

ANEXOS. **202**

NORMATIVA VIGENTE EN ESPAÑA Y LA UE **202**

ANEXO I. 203
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 203
ANEXO II. 225
RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO DE MINISTROS DE SANIDAD DE LA UNIÓN EUROPEA, DE 12 DE JULIO DE 1999 225
ANEXO III 229
ORDEN CTE/23/2002, DE 11 DE ENERO, POR LA QUE REESTABLECEN LAS CONDICIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE DETERMINADOS ESTUDIOS Y CERTIFICACIONES POR OPERADORES DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES 229



ORDENANZA REGULADORA DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE ANTENAS DE RADIOCOMUNICACIONES DEL AYUNTAMIENTO DE TORREJÓN DE ARDOZ

ORDENANZA REGULADORA DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE RADIOCOMUNICACIONES DEL AYUNTAMIENTO DE TORREJÓN DE ARDOZ

Preámbulo

El uso extensivo de teléfonos móviles ha ido paralelo a un intenso debate público sobre los posibles efectos biológicos nocivos de las radiaciones electromagnéticas procedentes de los teléfonos celulares y de las estaciones fijas que reciben y trasmiten la señal. Aunque el nivel de la radiación recibida de los teléfonos móviles por sus usuarios es muy superior al recibido de las antenas fijas, dado que están mucho mas cerca de algunas partes del cuerpo de quien los usa, los ciudadanos en general han manifestado siempre su especial preocupación por la radiación proveniente de las estaciones de las redes de móviles. Comprensible si se tiene en cuenta que la utilización del teléfono móvil es un acto voluntario cuyo beneficio es intrínseco a su utilización, mientras que la presencia de una antena próxima es algo que no se ha elegido y su beneficio no se percibe tan fácilmente, sobre todo si no se entiende bien porque esa antena tiene que estar ahí o en un lugar semejante.

La "Sociedad de la Información" en la que estamos inmersos, en buena medida soportada por las redes móviles, crea una dinámica social y económica irreversible; especialmente intensa si se advierte que la velocidad de su desarrollo e implantación es hoy día uno de los indicadores principales del grado de desarrollo de una comunidad, en el contexto de competencia global en que vivimos. Los nuevos entornos de trabajo, negocio, cultura o esparcimiento demandan servicios de comunicación multimedia ubicuos de capacidad y velocidad de transmisión continuamente crecientes, hoy día centrados en el acceso móvil a Internet o la transmisión de vídeo con calidad suficiente.

Consecuentemente, cualquier normativa que incida en esa velocidad de desarrollo de la Sociedad de Información y, en el caso concreto de esta Ordenanza en el despliegue de redes móviles en el ámbito de un ayuntamiento, deberá contribuir a aquellos objetivos.

El Acuerdo entre la FEMO y la AETIC con el soporte del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (14/6/05) para el fomento de la Sociedad de la Información, con un enfoque especial en el despliegue del nuevo estándar UMTS, configura fielmente la situación actual. Dicho Acuerdo y el Código de Buenas Prácticas para la instalación de infraestructuras de telefonía móvil derivado contribuyen a consolidar un marco de colaboración para el

establecimiento consensuado de criterios técnicos, medioambientales y urbanísticos que favorezcan el desarrollo armónico de las infraestructuras de redes de comunicación.

Sin embargo tanto la normativa vigente que establece los límites de exposición para las fuentes de emisión radioeléctrica (RD 1066/2001) como la iniciativa indicada en el párrafo anterior (FEMO-AETIC) tratan el tema de la seguridad y protección frente a posible efectos de las radiaciones electromagnéticas en la salud humana de manera excesivamente simplista.

Hasta hace poco la explicación científica de los efectos que las radiaciones electromagnéticas producen en los seres vivos se enmarcaba en un sencillo paradigma: los efectos de las radiaciones no-ionizantes están asociados a los procesos térmicos que aquellas provocan en los tejidos. Consecuentemente, las radiaciones electromagnéticas implicarán un riesgo para la salud pública solo cuando las energías absorbidas por los tejidos superan unos umbrales de calentamiento a partir de los que se pueden iniciar procesos dañinos.

Desde este paradigma, amparados por la seguridad que da el conocimiento preciso de los mecanismos de absorción de la energía y de las alteraciones biológicas que desencadena la elevación térmica, es posible definir una normativa de protección fiable. Considerando únicamente los efectos térmicos, los criterios de seguridad de la normativa en vigor resultan claros, la energía absorbida para garantizar la ausencia de efectos térmicos perjudiciales para los seres vivos debe ser significativamente menor que los valores del metabolismo basal. Definiéndose de esta manera el criterio en el que se apoya la recomendación de que habrán de evitarse energías que provoquen elevaciones superiores a 1 grado centígrado; que implican valores de SAR (*Specific Energy Absorption*): SAR Medio entre 0.4 a 0.08 W/Kg y SAR Máximo entre 8.0 a 1.6 W/Kg.

Esta situación, sin embargo, empieza a desestabilizarse como resultado de la descripción en la literatura científica de otros efectos biológicos para energías muy por debajo de aquellas que provocan efectos térmicos, lo que obliga a plantear hipótesis sobre la existencia de mecanismos de interacción de la radiofrecuencia con los tejidos distintos de los térmicos; en definitiva a revisar nuestro sólido paradigma térmico.

La polémica está lanzada, y no es, ni será, pequeña si se advierte que incide en unos sectores económicos que mueven magnitudes económicas enromes y, quizás más importante, constituyen pilares esenciales e inevitables de nuestras vidas y de nuestra organización social.

Es evidente que el avance imparable, necesario y deseable de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones se está produciendo sin un esfuerzo paralelo de proporcionar a la población una información suficiente sobre la naturaleza del tipo de radiación que estas tecnologías emplean y sobre sus posibles consecuencias sobre los seres vivos. Utilizando el símil de la seguridad vial sería como si para gestionar el riesgo real, por todos asumido, de accidente en carretera no se abordaran con la máxima prioridad posible las medidas de señalización, diseño de las infraestructuras o educación vial a los conductores para minimizar los accidentes debidos a infinidad de causas, muchas de ellas impredecibles.

Por otra parte, la disminución progresiva de costes de la telefonía móvil y la oferta de nuevos servicios en el contexto antes enunciado de la Sociedad de la Información está provocando un aumento no solo en los niveles globales de exposición de la población a los campos de radiofrecuencia asociados sino nuevas frecuencias y usos del espectro, cuyo lanzamiento nunca espera la demostración de su inocuidad para la salud humana. Condición, en todo caso, difícil de cumplir si se advierte la compleja naturaleza de los campos de radiofrecuencia empleados en los sistemas de telecomunicaciones móviles, a la hora de investigar los efectos biológicos de los mismos, potencialmente asociados a múltiples factores como: los niveles de potencia media o instantánea, los valores de las frecuencias de sus portadoras, la estructura temporal de las emisiones, las formas de modulación, etc.; que complican enormemente los diseños experimentales de los estudios científicos y la validez de sus conclusiones.

En cualquier caso esa complejidad no altera la convicción generalizada y evidente de que solo existe una alternativa posible, que se materializa en dos criterios principales:

- Es imprescindible evaluar el riesgo para la salud debido a la exposición de cualquier tipo de radiación mediante estudios científicos *ad hoc*, que determinen la influencia de estos campos en el estado de salud general de la población, desde la perspectiva de las instituciones sanitarias responsables y muy especialmente de la Organización Mundial de la Salud, que define la salud como un estado de bienestar físico, mental y social y no meramente como la ausencia de enfermedad.
- Ante la posibilidad de existencia de efectos no conocidos en la actualidad solo cabe la adopción del principio de precaución y evitación prudente que habrá de materializarse en dos acciones: 1) cualquier despliegue de red ha de incluir como criterio principal de diseño la minimización de la radiación emitida, compatible con la calidad de servicio demandado y no simplemente el hecho de estar dentro de los límites de seguridad de una normativa que no tiene en cuenta posibles mecanismos de interacción de la radiofrecuencia con los tejidos vivos salvo el efecto de calentamiento y 2) informar debidamente a los ciudadanos sobre el tema como mejor aproximación para que cada uno entienda que esos riesgos potenciales, de existir, son consustanciales con la tecnología de redes móviles y consecuencia inevitable de los servicios celulares.

La preocupación social por la exposición a radiaciones no ionizantes, originada en la desconfianza del grado de protección de las normas vigentes que regulan la exposición de las personas, se agrava cuando ciudadanos tienen la percepción de que la instalación de estaciones base, antenas repetidoras o radioenlaces, están fuera de control de los ayuntamientos, al carecer en muchos casos de la preceptiva licencia de instalación.

El Real Decreto (RD 1066/2001) establece que es responsabilidad de los Ministerios de Sanidad y Consumo y de Industria, Turismo y Comercio la definición de los límites de protección sanitaria y evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas, asumiendo el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio el cumplimiento de los procedimientos para la autorización e inspección de las instalaciones radioeléctricas, en relación con los límites de

exposición. Es evidente, sin embargo, que para mejor garantizar la aplicación del principio de precaución recomendado por la OMS, es imprescindible que los ayuntamientos asuman, sin menoscabo de aquellas disposiciones, una responsabilidad directa en los procesos de autorización y evaluación de los impactos que la instalación de las redes radioeléctricas tienen en los municipios; sobre todo si se tiene en cuenta que, además, corresponde a los municipios intervenir en este proceso en función de las competencias de las que disponen en materia urbanística, medio ambiental y de sanidad, reconocidas en los artículos 25, 26 y 28 de la Ley 7/1985 de 2 de abril, reguladora de las bases de Régimen Local.

Ha de advertirse que el involucramiento de los ayuntamientos en los procedimientos de autorización y evaluación continuada de las estaciones de radiocomunicación, está justificada porque solo desde una perspectiva próxima al problema, desde dentro del propio Municipio, será posible sacar el máximo beneficio de los grados de libertad disponibles a la hora de realizar la planificación de una red de radiocomunicaciones o de una antena específica, para la minimización de los niveles de radiación e impacto urbanístico.

Competencia municipal

La presente Ordenanza tiene por objeto la reglamentación de las condiciones aplicables a la localización, instalación y desarrollo de la actividad inherente a las infraestructuras radioeléctricas de telecomunicación. Contiene normas relativas a las condiciones de protección ambiental y de seguridad de las instalaciones y normas que disciplinan el régimen jurídico de las licencias sometidas a la Ordenanza y el régimen sancionador de las infracciones a las mismas.

Con esta Ordenanza se pretende compatibilizar adecuadamente la necesaria funcionalidad de tales infraestructuras radioeléctricas de telecomunicación y la utilización por los usuarios de los servicios de telecomunicación con los niveles de calidad requeridos, con las exigencias de protección frente a efectos no deseados de las radiaciones, preservación del paisaje urbano y natural y de minimización de la ocupación y el impacto que su implantación pueda producir.

Se dicta esta Ordenanza de acuerdo con la habilitación legal que otorga la capacidad y legitimidad a los Ayuntamientos para intervenir, dentro de su ámbito territorial y en el marco de la legislación del Estado y de sus Comunidades Autónomas, en el proceso de implantación de las infraestructuras necesarias para el funcionamiento de los distintos servicios de telecomunicación a través de las oportunas ordenanzas municipales y de la concesión de las correspondientes licencias, tanto urbanísticas, como de actividad, apertura, instalación, etc., conforme a lo dispuesto en el artículo 84 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.

Por ello, el Excmo. Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz desarrolla a través de esta Ordenanza las competencias que le están reconocidas en citada la Ley 7/1985 en las

siguientes materias: ordenación, gestión, ejecución y disciplina urbanística -artículo 25.2.d)-, el patrimonio histórico artístico -artículo 25.2.e)-, la protección del medio ambiente -artículo 25.2.f.)-, la salubridad pública -artículo 25.2.h)-.

Marco normativo, medio ambiente y protección de la salud.

Sin perjuicio de la regulación urbanística municipal contenida en esta Ordenanza, será plenamente aplicable y de obligado cumplimiento la normativa sectorial específica reguladora del sector de las telecomunicaciones, constituida en la actualidad básicamente por la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones; los Reales Decretos 1651/1998, de 24 de julio, y 1736/1998, de 31 de julio, por los que se aprueban los Reglamentos de desarrollo de los títulos II y III de la citada Ley 11/1998, respectivamente; el Real Decreto-Ley 1/1998, de 27 de febrero, y el Real Decreteo 279/1999, de 22 de febrero, sobre infraestructuras comunes de telecomunicación, así como las reglamentaciones y especificaciones técnicas relativas a las distintas clases de instalaciones y equipos de esta índole; el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, las restricciones y las medidas de protección de las emisiones radioeléctricas, así como la legislación vigente o que, en su caso, pudiera aprobar esta Comunidad Autónoma en las materias afectadas por la presente Ordenanza.

Como ha sido referido, uno de los aspectos de mayor preocupación para los ciudadanos en relación con este tipo de instalaciones es el relativo a la protección frente a los posibles efectos nocivos que para la salud de las personas pudieran derivarse de la exposición a los campos electromagnéticos.

En este tema es imprescindible hacer referencia al contenido de la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos 0 hz. a 300 GHz. (1999/519/CE), en la que se basa la reglamentación española vigente (Real Decreto 1066/2001). En ella se afirma que es absolutamente necesaria la protección de los ciudadanos contra los efectos nocivos para la salud, que se sabe pueden resultar por la exposición a campos electromagnéticos y que el marco comunitario debe basarse en los mejores datos y asesoramientos científicos disponibles en cada momento en este ámbito. Una situación necesariamente dinámica, ajustada en cada momento a los resultados científicos disponibles, que, junto con la percepción subjetiva que tiene la ciudadanía de los riesgos relacionados con la exposición a los campos electromagnético y los factores de incertidumbre asociados a la sensibilidad individual, no puede nunca justificar la aplicación sin mas de unos límites de seguridad como los de la ley vigente.

En este sentido, las Administraciones Públicas habrán de jugar un importante papel de regulación y control y estar al tanto del progreso de la tecnología y de los conocimientos científicos sobre la protección contra las radiaciones no ionizantes.

Esta ordenanza tiene presente que de acuerdo con el artículo 62 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, corresponde al Gobierno de la Nación la gestión del dominio público radioeléctrico y el desarrollo reglamentario entre otros aspectos, de los procedimientos de determinación de los niveles de emisión radioeléctrica tolerables.

Esta Ordenanza municipal establece una serie de cautelas añadidas, tanto mediante la reglamentación de las condiciones urbanísticas, de protección ambiental y de seguridad que tendrán que cumplir este tipo de instalaciones, como mediante el sometimiento a licencia de la actividad inherente a ellas.

Por otra parte, la Ordenanza prevé la creación de un registro especial en el que se inscribirán todas las instalaciones de emisión y recepción de los servicios de telecomunicación existentes en el término municipal para facilitar cualquier consulta relativas a las solicitudes de licencia de actividad, de realizar el seguimiento de la ejecución de la Ordenanza, de proponer las modificaciones, revisiones y mejoras que resulten necesarias o convenientes introducir en su texto y, en general, de todas aquellas cuestiones e incidencias de la competencia municipal relacionadas con las materias que son objeto de regulación.

El Ayuntamiento expresa su decidida voluntad de colaborar con las operadoras en todas las tareas para la minimización de los niveles de radiación durante la planificación y operación de las redes, estrategia principal de la Ordenanza para abordar el problema de la protección radioeléctrica. Asimismo establecerá canales estables de intercambio de información con la Comisión Sectorial para el Despliegue de Infraestructuras de Radiocomunicación del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (CSDIR) y el Servicio de Asesoramiento Técnico e Información (SATI) creado desde el Acuerdo entre la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y la Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España (AETIC)

El Ayuntamiento considera igualmente esencial la comunicación directa con los ciudadanos en los temas motivo de esta Ordenanza, como materialización del criterio de que solo una información sin sesgos de oportunidad política, intereses comerciales o fanatismos diversos pueden facilitar a cada persona la elaboración de una actitud razonable ente el problema y una sensación de protección aceptable.

Para la facilitación de esos objetivos se proveerán los medios y recursos necesarios para la agregación de la información disponible y su acceso eficiente. Dicha información se extraerá de los Planes de implantación proporcionados por las operadoras, los expedientes de autorización de las redes y de las mediciones de campo efectuadas por la empresa, el Ministerio y los propios del Ayuntamiento en su caso, siguiendo las pautas de los Capítulos pertinentes de la presente Ordenanza.

El Ayuntamiento, igualmente, elaborará la información anterior de manera que resulte comprensible a sus vecinoas, como mejor manera de contribuir a que entiendan y practiquen el criterio principal de evitación prudente indicado, en que se fundamente la seguridad frente este tipo de radiaciones. Para este fin el Ayuntamiento estudiará la conveniencia de colgar dicha información para consulta pública en la web del Ayuntamiento. Recomendándose, asimismo, para eliminar las barreras al acceso de los no usuarios de Internet, que la información de la base de datos pueda ser igualmente consultada a través de servicios *ad hoc* alternativos del Ayuntamiento

CAPÍTULO I.- Objeto de la Ordenanza

Articulo 1.- Objeto

El objeto de esta Ordenanza es regular las condiciones a las que deben someterse la instalación y el funcionamiento de las instalaciones de telefonía móvil en el municipio de Torrejón de Ardoz para que su implantación produzca la menor ocupación de espacio, el menor impacto visual y medioambiental posibles y preserve el derecho de los ciudadanos de mantener unas condiciones de vida sin peligro para su salud. Y permita crear un entorno de información y transparencia en el que los ciudadanos perciban que están adecuadamente protegidos de los efectos de las emisiones radioeléctricas.

Artículo 2.- Ámbito de Aplicación

2.1.- El ámbito aplicable de la Ordenanza serán las infraestructuras e instalaciones de radiocomunicación. Título que engloba las redes y dispositivos que se describen en el Capítulo I del documento de Impacto Medioambiental que sigue, a saber:

- las antenas e infraestructuras de las redes de radiocomunicacion móviles públicas
- las antenas e infraestructuras de las redes de radiocomunicacion móviles privadas (PMR: *Private Mobile Radio*) o semipúbicas (PAMR: *Public access Mobile Radio*; MP13XX o TETRA)
- Antenas e infraestructuras de emisión de radiodifusión y televisión
- Antenas e infraestructuras de radioaficionados
- Radioenlaces y comunicaciones publicas y privadas

Aunque de todos ellos los sistemas de radiocomunicación móviles públicos, telefonía celular, constituyen la categoría de mas relevancia para el presente Plan Especial

2.2.- El ámbito geográfico de aplicación de este Plan es el Municipio de Torrejón de Ardoz

Capítulo II: Seguridad de las emisiones radioeléctricas

Artículo 3.- Criterios de protección radioeléctrica

La presente normativa en el tema de seguridad ante los potenciales efectos de las emisiones radioeléctricas en la salud y confort de los seres vivos, asume los niveles de seguridad (Anexo II) del Real Decreto1066/2001, de 28 de septiembre de 2001, que, a su vez, sigue las Recomendaciones del Consejo de la UE de 12 de Julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). El mencionado Real Decreto se incluye en el Anexo I del documento de Impacto Medioambiental que sirve de base técnica a esta Ordenanza. Por tanto, corresponde al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a sus servicios técnicos, la inspección y reconocimiento satisfactorio de las instalaciones y la valoración de los informes de las operadoras al respecto.

Sin embargo, la presente ordenanza incorpora y desarrolla varios artículos adicionales motivados por dos razones fundamentales:

- Existe una intensa controversia científica sobre los posibles efectos de las radiaciones motivo de esta Ordenanza que no puede obviarse. Controversia que necesariamente demanda una actitud acorde tanto de las operadoras como de los ayuntamientos
- Los niveles de protección asumidos por países y regiones del mundo son muy diferentes como consecuencia del punto anterior. Así encontramos desde cotas de seguridad superiores a la del Real Decreto1066/2001 de 450 $\mu W/cm^2$ a valores como 0,01 $\mu W/cm^2$ en Nueva Zelanda. En España, en particular, existe un buen número de ejemplos de esa diversidad: 200 $\mu W/cm^2$ en Cataluña, 10 $\mu W/cm^2$ en Castilla La Mancha e incluso 0,1 $\mu W/cm^2$ en esta Comunidad para el caso de lugares sensibles.

Consecuentemente, la presente Ordenanza asume que independientemente de la reglamentación vigente sobre los niveles permitidos de radiación del Real Decreto1066/2001 es ineludible que exista un reflejo explícito en su articulado de los aspectos siguientes:

- La adopción decidida y activa del principio de Prevención (o de Evitación Prudente, que puede enunciarse como: siempre se ha de garantizar la mínima exposición que sea posible), sugerido por todas las instituciones de salud implicadas, no puede consistir en una simple comparación con una cota de radiación máxima.
- Que los límites actuales de seguridad de la normativa se han definido teniendo en cuenta exclusivamente los efectos térmicos de la radiación

- Que ciertos resultados científicos sugieren seguir investigando sobre posibles efectos diferentes a aquellos efectos térmicos
- La evidencia de que es posible desplegar redes con calidad suficiente en países y regiones con normativas de seguridad con límites máximos permitidos muy inferiores a los del Real Decreto de España.
- El hecho contrastado de que los sistemas radiantes comúnmente instalados comportan niveles de radiación muy por debajo de los máximos permitidos
- La convicción de que trastornos denunciados por los ciudadanos tienen su origen en la desconfianza de que no se hacen las cosas lo mejor que es posible

Artículo 4.- Minimización de los niveles de protección radioeléctrica

4.1.- Las operadoras, como consecuencia de la adopción del principio de Prevención y los criterios igualmente apuntados en el artículo anterior, habrán de realizar su planificación de redes y sistemas radiantes con el criterio principal de minimización de las energías radiadas, compatible con los criterios de impacto medioambiental y calidad del servicio, igualmente imprescindibles.

La planificación de las redes de móviles, específicamente, la selección de las ubicaciones de los emplazamientos para las antenas constituye el principal grado de libertad para la optimización del impacto medio-ambiental y sanitario de las antenas. La operadora habrá de justificar que la planificación elegida ha seguido ese criterio de minimización de los niveles de radiación mediante un estudio que analice los niveles de exposición previstos de la red considerada globalmente, es decir, con todas sus estaciones.

Las operadoras a tal fin elaborarán un documento de Planificación Óptima en los Niveles de Radiación de la Red propuesta, que incluya los resultados de sus análisis y simulaciones de los patrones de radiación de las distintas opciones de despliegue. Información que, una vez instalada la red o el nuevo elemento radiante, habrá de completarse con un anexo con las medidas de los niveles de radiación máximos reales resultantes.

Para el proceso de diseño indicado se define una cota de seguridad de 10 $\mu W/cm^2$ como límite máximo de radiación permitida. En el caso de que la operadora no pueda reducir la potencia por debajo de ese límite, esta habrá de demostrar que no son posibles despliegues alternativos mejores en términos de niveles de radiación.

4.2.- Para los proyectos de incorporación a redes físicas existentes de nuevos protocolos de comunicación (nuevas licencias de radiocomunicación) el Ayuntamiento exigirá a las compañías, aunque reutilicen total o parcialmente la infraestructura existente, la negociación con el Ayuntamiento de su nuevo plan de despliegue global. Esto podrá igualmente aplicarse en el caso de ampliaciones o modificaciones de las redes existentes si el Ayuntamiento considera que la modificación propuesta modifica sustancialmente la situación de la red de partida.

Artículo 5.- Concentración de antenas

En el caso de compartición de torres de soporte de las estaciones base por los distintos operadoras ha de advertirse que ello aumenta las energías totales radiadas y, por tanto, aumenta las intensidades de radiación sobre la población. Las operadoras, en este caso, como establece el Real Decreto 1066/2001, se facilitarán mutuamente o a través del gestor del emplazamiento, los datos técnicos necesarios para realizar el estudio de radiación conjunta de las instalaciones del emplazamiento, comprobando que no supera los niveles radioeléctricos máximos permitidos y se ajusta a los criterios de seguridad de la presente ordenanza. En este caso se aplicarán los mismos criterios de los artículos 3 y 4 anteriores, para los niveles de radiación conjuntos de todos los elementos radiantes concentrados

Artículo 6.- Evaluación y seguimiento

6.1.- El Ayuntamiento velará en todo momento por el cumplimiento de las condiciones de seguridad ante las exposiciones radioeléctricas de sus ciudadanos. Para ello de manera programada, aleatoria o bajo demanda efectuará mediciones de las energías radiadas en el Municipio. El Ayuntamiento mantendrá una vigilancia preferente de los niveles de radiación en las cercanías de las antenas, sobre todo si están próximas a lugares donde los vecinos puedan pasar mucho tiempo, en la calle y en el interior de los edificios. Dichas inspecciones del Ayuntamiento serán comparadas con los datos de la licencia, iniciándose un proceso sancionador en el caso de detectarse anomalías que la operadora no pueda justificar.

6.2.- Las mediciones efectuadas por el Ayuntamiento se realizarán con la metodología de medida, tecnología y procedimientos definidos en el Capítulo V del documento de Impacto Medioambiental adjunto a la presente Ordenanza.

Artículo 7.- Acceso al sistema radiante

Aunque no se superen los límites de radiación del Real Decreto1066/2001 es recomendable establecer una zona de exclusión alrededor del sistema radiante de manera que no se pueda acceder a la zona de la antena donde los niveles de radiación son los mas elevados, en algunos casos mayores que los niveles máximos permitidos. Estas zonas deben estar contempladas en los planes de instalación de toda antena. La barrera física que delimite dicha zona incluirá un cartel que advierta de peligro a los trabajadores y al público en general de que las radiaciones RF pueden exceder los límites máximos establecidos.

Capítulo III.- Impacto medioambiental

Artículo 8.- Limitaciones de instalación.

8.1.- Con carácter general, se prohíbe la instalación en la fachada de los edificios de las infraestructuras radioeléctricas incluidas en el ámbito de aplicación de esta Ordenanza, a excepción del cableado. Asimismo, su instalación sobre cubierta se realizará de forma que se reduzca su impacto visual sobre la vía pública.

8.2.- Sin perjuicio de la normativa específica, no podrán establecerse instalaciones de radiocomunicación en los bienes inmuebles de interés cultural declarados monumentos por la Ley del Patrimonio Histórico.

8.3.- Se limitarán las instalaciones en los conjuntos histórico-artísticos, zonas arqueológicas y jardines declarados como bienes de interés cultural. En todos aquellos casos en los que no exista alternativa mejor a la ubicación propuesta, las operadoras deberán ofrecer soluciones aceptables, haciendo uso de los métodos de mimetización y armonización con el entorno para la reducción del impacto paisajístico.

8.4.- Cualquier instalación que se solicite en un edificio protegido precisará del dictamen favorable de la Comisión Municipal de Patrimonio.

Artículo 9.- Uso compartido de estructuras base

La concentración de infraestructuras, por la compartición de torres de soporte de las estaciones base por los distintos operadoras, es una práctica muy recomendable para minimizar el impacto visual en zonas muy pobladas. Sin embargo ha de advertirse que ello aumenta las energías totales radiadas y, por tanto, aumenta las intensidades de radiación sobre la población.

El Ayuntamiento podrá establecer la obligación de compartir emplazamiento para aquellas instalaciones que se ubiquen en terrenos de dominio público.

Cuando se trate de la utilización por diferentes operadoras de una determinada ubicación, se procurará la menor separación entre las diferentes antenas y la mejor composición rítmica, para lograr la máxima integración en el paisaje urbano.

Artículo 10.- Condiciones de protección ambiental y de seguridad de las instalaciones.

10.1.- Con carácter general las estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones deberán:

- Utilizar la solución constructiva disponible en el mercado que con las menores dimensiones, reduzca al máximo el impacto visual y ambiental. Las instalaciones de telefonía móvil deberán utilizar la tecnología disponible en el mercado que comporte el menor impacto ambiental y visual posible. Siempre que no se justifique debidamente lo contrario las operadoras habrán de optar por aquellas tecnologías que supongan un número de antenas y unos tamaños y pesos menores, que exijan infraestructuras de soporte, torres, mástiles, mas ligeros para minimizar el impacto visual y medioambiental
- Resultar compatibles con el entorno e integrarse arquitectónicamente de forma adecuada.

10.2.- La intervención del Ayuntamiento en este ámbito salvaguardará los principios de transparencia, proporcionalidad y no discriminación.

10.3.- En las instalaciones de las infraestructuras radioeléctricas se adoptarán las medidas necesarias para reducir al máximo el impacto visual sobre el paisaje arquitectónico urbano, con las debidas condiciones de seguridad.

10.4.- La climatización de cualquier recinto contenedor se efectuará de forma que los sistemas de refrigeración se sitúen en lugares no visibles y su funcionamiento se ajuste a las prescripciones establecidas por la vigente normativa de protección del medio ambiente urbano, según figura en el Plan General de Ordenación Urbana y en los demás instrumentos de ordenación urbanística.

10.5.- La instalación de las infraestructuras radioeléctricas se efectuará de forma que se posibilite el tránsito de personas, necesario para la conservación y mantenimiento del espacio en el que se ubiquen.

10.6.- Los contenedores se destinarán exclusivamente a albergar el equipamiento propio de las infraestructuras radioeléctricas. Si son visitables, dispondrán de una puerta de acceso de dimensiones mínimas de 0,80 por 1,90 m. de altura, que se abrirá en el sentido de la salida. En la proximidad de los contenedores, se situarán extintores portátiles de polvo polivalente o de anhídrido carbónico, cuya eficacia dependerá de las características de la instalación. Se dispondrá, como mínimo, de un extintor de eficacia 21-A y 113-B.

10.7.- Las características y sistemas de protección de las infraestructuras radioeléctricas cumplirán lo establecido por la normativa específica de aplicación y por el planeamiento urbanístico y demás Ordenanzas vigentes.

Artículo 11. Valoración del impacto visual

11-1.- El Ayuntamiento valorará el impacto visual por: 1) la fragilidad visual intrínseca, descrita en el capítulo III del documento adjunto sobre Impacto Medioambiental; y 2) la accesibilidad a la observación, donde se consideran, por una parte, la altura de las torres y, por otra, la distancia y accesibilidad visual, obteniéndose finalmente el índice de fragilidad visual total. El valor de la fragilidad visual será evaluado mediante la metodología expuesta en el mencionado capítulo.

11-2.- Asimismo el Ayuntamiento habrá de aprobar el impacto producido por otros dos factores: 1) el suministro de energía eléctrica a las estaciones base, particularmente en entornos con alto valor paisajístico o histórico, donde el suministro de energía eléctrica suponga la instalación de tendidos eléctricos muy invasivos; 2) el ruido generado por los equipos de aire acondicionado y por los demás equipos que componen las estaciones de base. A este respecto las casetas propuestas de las estaciones base deberán proporcionar el aislamiento necesario.

Capítulo IV.- Plan de implantación. Procedimiento para obtener las autorizaciones de instalación y funcionamiento

Artículo 12.- Obligación y objeto del plan de implantación

12.1.- Cada una de las operadoras que desee la instalación o modificación de las infraestructuras de telecomunicaciones a que se refiere el artículo 2.1 anterior estará obligada a la presentación ante el Ayuntamiento de un Plan de Implantación que contemple el conjunto de todas sus instalaciones radioeléctricas dentro del término municipal. La presentación del Plan de Implantación será condición indispensable para que el municipio otorgue las licencias pertinentes para el establecimiento de las instalaciones.

Las operadoras podrán presentar Planes de Implantación de desarrollo conjunto para ofrecer servicio a una determinada zona, tanto para el caso de tecnologías de comunicaciones futuras, como en el de las actuales cuyo despliegue de red aún no haya sido acabado.

12.2.- El Ayuntamiento, a la vista de los diferentes Planes de Implantación presentados por los operadoras, podrá requerir la incorporación de criterios o medidas adicionales para la coordinación de los despliegues o para la atenuación del impacto visual-ambiental o relacionado con la seguridad de las personas expuestas a las radiaciones electromagnéticas.

12.3.- Dicho Plan proporcionará la información necesaria para la adecuada integración de las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de esta Ordenanza en la ordenación medioambiental y territorial, asegurando el cumplimiento de las limitaciones establecidas en la legislación vigente y en la presente Ordenanza.

Artículo 13.- Planificación de la red previa

13.1.- La tramitación del plan de implantación propuesto por cualquier compañía de telefonía móvil está sujeta a la previa presentación al Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz de una propuesta de Planificación de la Red para la minimización de la radiación emitida, incluyendo toda la red de radiocomunicaciones instalada en el Término Municipal Torrejón de Ardoz así como aquellas estaciones que, estando fuera del mismo, den cobertura radioeléctrica y de servicio a zonas del Municipio. La operadora deberá elaborar para tal fin, previo a la presentación del Plan de Implantación, el documento denominado en el Artículo 4 “Planificación Óptima en los Niveles de Radiación de la Red”, que de respuesta adecuada a los Artículos 3, 4 y 5 del capítulo II de la presente Ordenanza.

En esta propuesta de planificación se incluirán todos aquellos aspectos del proceso de planificación de las redes de radiocomunicación, descritos en el Capítulo II y en el

documento de Impacto Medioambiental anexo, que inciden en los niveles de radiación resultante, compatible con la calidad de servicios pretendida y salvaguardando el principio de competencia entre empresas. Es decir:

- Elección del tamaño y tipo de células en función de la distribución del tráfico previsto.
- Diseño de la red o malla celular con los tipos de células establecidos.
- Identificación de varios despliegues posibles
- Localización aproximada de bases. Elección de los sistemas radiantes y sus diagramas de radiación.
- Selección de emplazamientos disponibles para las ubicaciones de estaciones base. Identificación de infraestructuras disponibles para mástiles, casetas de equipos y tiradas de cables. Suministro de energía. En este punto se indicarán las ubicaciones que corresponden a instalaciones existentes y las áreas de búsqueda para aquéllas previstas y no ejecutadas
- Selección del despliegue óptimo y elaboración de mapas de cobertura radio con estimaciones de niveles de potencia en las calles y en el interior de edificios próximos a las bases

El informe "Planificación Óptima en los Niveles de Radiación de la Red" incluirá al menos un análisis comparativo de opciones de despliegue posible y la selección de la planificación óptima sustentada en :

- Tabla y gráfico de densidad de potencia (µW/cm2),
- Planos a escala adecuada que expresen gráficamente la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) máxima en W en todas las direcciones del diseño.
- Gráfico de radiación en campo cercano y campo lejano hasta 10 picoWatios/cm2.
- Justificación técnica, en su caso, de la posibilidad de uso compartido de la infraestructura por otras operadoras.

13.2.- Una vez aprobada la propuesta de planificación por el Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz, la compañía deberá presentar los correspondientes proyectos para la obtención de la licencia de actividad y de obra que se definen a continuación.

13.3.- La presentación de la propuesta de planificación se hará por triplicado y deberá acompañarse de la correspondiente solicitud con los requisitos formales de carácter general que determina la Ley 30/1991, de 28 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Artículo 14.- Contenido del Plan de Implantación. Licencias de obras y de actividad

Para la obtención de la Licencia de Actividad el Plan de Implantación habrá de contener la documentación siguiente, elaborada por técnicos con la competencia exigida:

14.1.- Datos de la empresa y título habilitante para la implantación de la red de telecomunicaciones.

14.2.- Proyecto básico. Memoria con la descripción de los servicios prestados, las soluciones constructivas utilizadas y, al menos, las medidas adoptadas para la minimización del impacto paisajístico y medioambiental de las instalaciones previstas en el Plan. A estos efectos, se justificara, con la amplitud suficiente, la solución adoptada y la necesidad de las instalaciones planteadas. Dicha memoria deberá proporcionar información suficiente sobre:

- Descripción de la actividad, con indicación de las fuentes de las emisiones y el tipo y la magnitud de estas.
- Incidencia de la actividad en el medio potencialmente afectado con la justificación del cumplimiento de la normativa sectorial vigente.
- Las técnicas de prevención y control de emisiones de radiación no ionizante incluyendo el documento de Planificación Óptima en los Niveles de Radiación de la Red aprobado por el Ayuntamiento.
- Los sistemas de control de las emisiones.

Dicha memoria deberá incluir, para analizar el cumplimiento del articulado de esta Ordenanza, los siguientes elementos:

- Los cálculos justificativos de la estabilidad de las instalaciones desde un punto de vista estructural.
- Justificación de la utilización de la mejor tecnología en lo que se refiere a la tipología y características de los equipos para conseguir la máxima minimización de los impactos visual y ambiental.
- La descripción y justificación de las medidas correctoras adoptadas para la protección contra descargas eléctricas de origen atmosférico y para evitar interferencias electromagnéticas con otras instalaciones.
- Documentación fotográfica, gráfica y escrita, justificativa del impacto visual, que exprese claramente el emplazamiento y el lugar de colocación de la instalación en relación con la finca y la situación de ésta: descripción del entorno en el que se implanta, dimensiones, forma, materiales y otras características. Deberá de aportarse simulación gráfica del impacto visual.
- Declaración o compromiso de mantener la instalación en perfectas condiciones de seguridad.
- Documento que exprese la conformidad del titular del terreno sobre la cual se propone la instalación de las antenas e infraestructuras auxiliares.

14.3.- Datos de la instalación**,** donde se señalen las características técnicas de las instalaciones, incluyendo:

Planos del esquema general del conjunto de las infraestructuras radioeléctricas, indicando las instalaciones existentes y las que se pretendan instalar, con localización en

coordenadas UTM (coordenadas exactas para instalaciones existentes y coordenadas del centro del área de búsqueda para instalaciones no ejecutadas), código de identificación para cada instalación y cota altimétrica.

Documentación técnica para cada instalación con descripción de los elementos y equipos que la integran y zona de servicio; localización del emplazamiento con la calificación urbanística del suelo, afecciones medioambientales y al patrimonio histórico-artístico; incidencia de los elementos visibles de la instalación sobre los elementos que se consideran protegidos y que afecten al paisaje o al entorno medioambiental en los supuestos en que la ubicación se realice en suelo no urbanizable.

La información gráfica ha de señalar los lugares de emplazamiento, con coordenadas UTM sobre la cartografía siguiente:

- A escala 1:25.000 para las instalaciones que se emplacen en la demarcación no urbana.
- A escala 1:2.000 con cuadrícula incorporada para las instalaciones que se emplacen en la demarcación urbana.
- Con representación de las infraestructuras que tengan incidencia sobre la evaluación ambiental. Se procurará, siempre que sea posible, que la información suministrada en estos datos de la instalación utilizar medios y formatos compatibles con los planos electrónicos del Ayuntamiento.
- Plano a escala 1:200 que exprese la situación relativa a las construcciones colindantes, con alzado o secciones, longitudinales y transversales, que muestren la disposición geométrica del haz emisor y los inmuebles potencialmente afectados.

14.4.- Programa de ejecución de las nuevas instalaciones y/o modificación de las existentes que incluirá, al menos, la siguiente información:

- Calendario previsto de implantación de las nuevas instalaciones.
- Fechas previstas de puesta en servicio.
- Fechas previstas de retirada de instalaciones, para instalaciones que hayan quedado o queden en desuso.

14.4.- Programa de mantenimiento de las instalaciones, especificando la periodicidad de las revisiones (al menos una anual) y las actuaciones a realizar en cada revisión.

14.6.- Las solicitudes de licencia para la instalación de elementos de radiocomunicación serán sometidas a informe de los técnicos municipales. El Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz podrá solicitar la colaboración de entes supra-municipales, y de los técnicos que estime oportunos.

El técnico competente en la materia según el apartado anterior emitirá su informe manifestando la conformidad o no de la documentación técnica a la normativa aplicable y como conclusión si el informe es favorable o desfavorable a la concesión de la licencia. El

informe desfavorable deberá concretar la subsanabilidad o insubsanabilidad de las deficiencias observadas en el expediente.

14.7.- Para la concesión de la licencia de obras el interesado deberá presentar los documentos en la forma establecida en las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana.

Artículo 15.- Evaluación y seguimiento de los niveles de radiación emitidos por las redes

15.1.- Una vez concluida la instalación de la red habrán de comprobarse los niveles de radiación estimados en el documento de Planificación Óptima en los Niveles de Radiación de la Red e incluidos en el Plan de Implantación. Para ello la operadora suministrará una vez en funcionamiento la red los mismos planos de densidad de potencia del documento mencionado, medidos en este caso en condiciones de peor caso. Dicho estudio incluirá su análisis comparativo con los valores teóricos del artículo 13.1 estimados inicialmente. Justificando las diferencias o abordando los cambios pertinentes si aquellas fueran consideradas inadmisibles.

Las mediciones anteriores incluirán las zonas especialmente sensibles, bien por cercanía a las antenas o por ser lugares de permanencia prolongada de personas

15.2.- La operadora deberá suministrar al Ayuntamiento copia de la documentación sobre Inspección y Evaluación (Artículo 9 del Reglamento del Real Decreto 1066/2001) de las instalaciones radioeléctricas, elaborada por los servicios técnicos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en los términos establecidos en el artículo 65 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones.

15.3.- Las operadoras que tengan desplegada una red en el Municipio enviarán al Ayuntamiento copia del informe preceptivo al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el primer trimestre de cada año natural, que demuestre que no se han superado los límites de exposición establecidos en el Anexo II del Reglamento durante el año anterior.

15.5.- El Ayuntamiento solicitará al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio los resultados que, en lo referente al Municipio de Torrejón de Ardoz, elaborará con carácter anual, a partir de los resultados obtenidos en sus inspecciones y a los informes presentados por los operadoras, el informe público sobre la exposición a emisiones radioeléctricas de las instalaciones y su adaptación a lo dispuesto en el Reglamento que desarrolla la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas.

Artículo 16.- Actualización y modificación del Plan de Implantación

16.1.- Las operadoras deberán comunicar las modificaciones del contenido del Plan de Implantación presentado, solicitando su actualización para poder proceder a hacer efectivos dichos cambios. Cualquier modificación al contenido deberá ser comunicada de oficio al Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz. La modificación deberá ser autorizada por el Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz antes de su puesta en práctica.

16.2.- En todo caso, las operadoras deberán adecuar el Plan a la normativa que en cada momento sea de aplicación en esta materia.

16-3.- Las operadoras deberán presentar, cuando así lo requiera el Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz, el programa de desarrollo actualizado.

Artículo 17.- Procedimiento de presentación de solicitudes

17-1.- Los procedimientos para la petición y tramitación de las solicitudes de licencias de actividad y de obra para las instalaciones de radiocomunicación en suelo no urbanizable, serán los de la Normativa Vigente.

17-2.- La Licencia de Obras y de Actividad solamente se podrá otorgar una vez presentado y aprobado el programa de desarrollo de instalaciones que exige la presente ordenanza.

17-3.- La documentación que integra el Plan de Implantación se presentará por triplicado en el Registro General de la Corporación. La documentación que se acompañará a la solicitud se presentará al Registro General del Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz. Esta documentación irá acompañada de la documentación acreditativa del cumplimiento de las obligaciones tributarias que determinen las Ordenanzas Fiscales Municipales correspondientes.

Capítulo V. Régimen jurídico de las licencias

Artículo 18.- Sujeción a licencia.

Estarán sometidos a la obtención de licencia municipal las obras, instalación actividad y funcionamiento de las infraestructuras radioeléctricas incluidas en el ámbito de aplicación de esta Ordenanza.

Artículo 19.- Requisitos para la petición y tramitación de las solicitudes de licencia urbanística para las infraestructuras radioeléctricas en suelo no urbanizable.

19.1.- La tramitación se ajustará a lo establecido en esta Ordenanza con carácter general, con la salvedad referida en el apartado siguiente.

19.2.- El Ayuntamiento deberá trasladar el expediente al órgano de la Administración Autonómica competente en la materia. El Ayuntamiento emitirá un dictamen sobre las solicitudes de licencia en suelo no urbano y en él hará constar todo lo referido al impacto o afectación de la instalación sobre el medio y la proximidad a viviendas o zonas habitadas.

Artículo 20.- Disposiciones aplicables a la tramitación de las licencias.

20.1.- Además de la documentación requerida con carácter general por las normas de procedimiento del Plan General de Ordenación Urbana y demás instrumentos urbanísticos, que sea necesaria y congruente con la naturaleza y características de la instalación de que se trate, a la solicitud de las licencias se acompañará:

A) Proyecto técnico firmado por técnico competente y visado por el correspondiente colegio profesional en el que se incluya, como mínimo, la siguiente documentación:

1) Estudio de calificación ambiental que describa con detalle la posible incidencia de su implantación y funcionamiento en el medio natural exterior e interior de las edificaciones y construcciones de su entorno, con indicación de los siguientes datos:

- Acreditación fehaciente del cumplimiento de las normas y directrices dictadas por los órganos competentes en materia de salud ambiental.
- Impactos ambientales producidos por ruidos y vibraciones y por la expulsión forzada de aire caliente o viciado.
- Impacto visual en el paisaje arquitectónico urbano.
- Medidas correctoras que se proponen adoptar para eliminar dichos impactos y grado de eficacia previsto.

2) Documentación gráfica ilustrativa del impacto visual de la instalación desde el nivel de la vía pública y justificativa de la localización y de la solución de instalación elegidas en la que se incluyan:

- Fotomontajes:
  - Frontal de instalación (cuando fuese posible).
  - Lateral derecho: desde la acera contraria de la vía, a 50 metros de la instalación.
  - Lateral izquierdo: desde la acera contraria de la vía, a 50 metros de la instalación.

Si lo estimasen procedente los servicios técnicos municipales, deberá aportarse, además, simulación gráfica del impacto visual desde la perspectiva de la visión del viandante o desde otros puntos.

3) Plano, a escala adecuada, de la localización de la instalación y del trazado cableado.

4) Descripción de las medidas correctoras adoptadas para la protección contra las descargas eléctricas de origen atmosférico, así como de las de señalización y vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a la zona.

B) Referencia al Plan de Implantación previamente presentado que contemple las características de la instalación para la que se solicita la licencia, con expresión del código de identificación correspondiente.

C) Declaración o compromiso de mantener la instalación en perfectas condiciones de seguridad, estabilidad y ornamentación.

D) Acreditación de la presentación ante el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del proyecto técnico necesario para la autorización por éste de las instalaciones radioeléctricas.

20.2.- Para la concesión de las licencias será preceptivo el informe favorable de los servicios municipales competentes en materia de medio ambiente, de patrimonio histórico y estética urbana y, cuando proceda según la normativa sectorial aplicable, el informe de los órganos o instituciones competentes en materia de protección del patrimonio histórico-artístico natural.

20.3.- Se concederán simultáneamente las licencias que autoricen la instalación, las obras precisas y la actividad de telecomunicación a la que se refiera la solicitud presentada.

20.4.- La puesta en marcha de estas instalaciones, estará sometida a la concesión por el Ayuntamiento de la correspondiente licencia de funcionamiento. Para la obtención de esta licencia el solicitante deberá acreditar la aprobación por el Ministerio de Industria, Turismo y

Comercio del correspondiente proyecto técnico y el informe favorable de la inspección realizada por el mismo Ministerio.

20.5.- No obstante lo anterior, en el caso de estaciones radioeléctricas de menos de 10 vatios de potencia y de estaciones de radioenlace que, conforme a lo previsto en esta Ordenanza, precisen de licencia municipal, se aportará la siguiente documentación:

A) Memoria descriptiva y justificativa de las obras e instalaciones con fotomontajes y simulación gráfica del impacto visual en el paisaje arquitectónico urbano.
B) Planos a escala adecuada de las obras y de las instalaciones, de la localización de la instalación en la construcción o en el edificio y del trazado del cableado.
C) Certificación de la acreditación oficial de la empresa responsable de las obras e instalaciones.

Para este tipo de estaciones, se concederá simultáneamente además la licencia que autorice su puesta en funcionamiento.

Artículo 21.- Disposiciones procedimentales de carácter general.

21.1.- La solicitud y la correspondiente documentación se presentará por triplicado en el Registro General del Ayuntamiento. Esta documentación irá acompañada de la acreditativa del cumplimiento de las obligaciones tributarias que determinen las Ordenanzas Fiscales correspondientes y del aseguramiento, mediante la suscripción de la correspondiente póliza de responsabilidad civil, de los daños que las instalaciones pudieran ocasionar a las personas o los bienes.

21.2.- La presentación incompleta o defectuosa de la documentación, a que hacen referencia los artículos anteriores deberá ser subsanada en el plazo de 10 días a partir de la notificación que, a este respecto, remita el Ayuntamiento al interesado. La no subsanación en plazo comportará la desestimación de la solicitud.

21.3.- Sin perjuicio del preceptivo trámite de audiencia a los interesados, se acreditará, en su caso, la autorización del titular o titulares del predio donde se ubique la instalación.

21.4.- La competencia para resolver la petición corresponde al Alcalde. La resolución concediendo o denegando las licencias deberá dictarse conforme al procedimiento y en el plazo establecidos en sus respectivas Ordenanzas y, supletoriamente, en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Capítulo VI. Conservación y mantenimiento de las instalaciones

Artículo 22.- Deber de conservación

22.1.- Los titulares de las licencias, así como los propietarios de las instalaciones, están obligados a mantenerlas en las debidas condiciones de seguridad, estabilidad y conservación, así como a incorporar las mejoras tecnológicas que contribuyan a minimizar el impacto ambiental y visual de las mismas.

Asimismo, tendrán que revisar las instalaciones anualmente, notificando al Ayuntamiento en el plazo de dos meses la acreditación de dicha revisión y aportando la siguiente documentación:

- Certificación del cumplimiento de los niveles de emisión según los criterios de la presente Ordenanza.
- Documentación gráfica del estado visual de la instalación.
- Informe de afección de la instalación sobre la estructura del edificio que la soporta (en caso de instalaciones en edificios).
- Plan de medidas correctoras de los problemas detectados.

Cuando los servicios municipales detecten un estado de conservación deficiente, lo comunicarán a los titulares de la licencia para que, en un plazo de quince días a partir de la notificación de la irregularidad, adopten las medidas oportunas. En caso de urgencia, cuando existan situaciones de peligro para las personas o los bienes, las medidas habrán de adoptarse de forma inmediata. De no ser así, la instalación podrá ser retirada por los servicios municipales, a cargo del obligado.

22.2.- En los supuestos de cese definitivo de la actividad o existencia de elementos de la instalación en desuso, el titular de la licencia o, en su caso, el propietario de las instalaciones deberá realizar las actuaciones necesarias para desmantelar y retirar los equipos de radiocomunicación o sus elementos, restaurando el estado anterior del terreno, la construcción o edificio que sirva de soporte a dicha instalación.

22.3.- Además del titular de la licencia y del propietario de las instalaciones, serán responsables subsidiarios del cumplimiento de las obligaciones reguladas en este artículo, a excepción del deber de revisión, el promotor de la obra o de la actividad, el que hubiere

realizado la instalación y el propietario o comunidad de propietarios del inmueble donde se ubican.

Artículo 23.- Renovación y sustitución de las instalaciones.

Estarán sujetas a los mismos requisitos que la primera instalación la renovación o sustitución completa de una instalación y la reforma de las características de la misma que hayan sido determinantes para su autorización, así como la sustitución de alguno de sus elementos por otro de características diferentes a las autorizadas.

Artículo 24.- Órdenes de ejecución

24.1.- Con el fin de asegurar el cumplimiento de lo establecido en la presente Ordenanza, el órgano competente del Ayuntamiento dictará las órdenes de ejecución que sean necesarias, las cuales contendrán las determinaciones siguientes:

- de los trabajos y obras a realizar para cumplir el deber de conservación de las infraestructuras radioeléctricas y de su instalación o, en su caso, de su retirada o de la de alguno de sus elementos.
- del plazo para el cumplimiento voluntario de lo ordenado, que se fijará en razón directa de la importancia, volumen y complejidad de los trabajos a realizar.
- La orden de ejecución determinará, en función de la entidad de las obras a realizar, la exigibilidad del proyecto técnico y, en su caso, dirección facultativa.

24.2.- En los casos de infracciones graves o muy graves, aparte de la sanción que en cada caso corresponda, la Administración municipal podrá disponer el desmontaje o retirada de las instalaciones, con reposición de las cosas a su estado anterior al de comisión de la infracción. De no ser ejecutada dicha orden por el responsable, se iniciará expediente de ejecución subsidiaria con repercusión de los gastos al interesado.

24.3.- Las infraestructuras radioeléctricas instaladas sin licencia sobre suelo de uso o dominio público municipal, no necesitarán el requerimiento previo al responsable de la instalación y serán retiradas por el Ayuntamiento, con repercusión de los gastos al interesado, además de la imposición de las sanciones que correspondan.

24.4.- El Ayuntamiento de Torrejón de Ardoz, por razones de interés público podrá exigir en cualquier momento la modificación de la ubicación de las instalaciones o de cualquiera de sus elementos, siendo esta modificación obligatoria para la empresa autorizada, sin que pueda reclamar indemnización alguna por daños, perjuicios o coste alguno.

Artículo 25.- Fianzas

El Ayuntamiento podrá exigir una fianza al titular de la instalación para cubrir la ejecución de todas las medidas de protección y de corrección que se impongan y el desmantelamiento de la misma.

Capítulo VII. Régimen de protección de la legalidad y sancionador de las infracciones

Artículo 26.- Inspección y disciplina de las instalaciones

Las condiciones urbanísticas de localización, instalación –incluidas las obras- y seguridad de las instalaciones reguladas por esta Ordenanza, estarán sujetas a las facultades de inspección municipal, correspondiendo a los servicios y órganos que tengan encomendada la facultad protectora de la legalidad y de disciplina.

Artículo 27.- Protección de legalidad

27.1.- Las acciones u omisiones que contravengan lo dispuesto en la presente Ordenanza podrán dar lugar a la adopción de las medidas que a continuación se establecen, que serán impuestas por el procedimiento previsto para cada una de ellas:

- Restitución del orden vulnerado en materia de urbanismo, medio ambiente o salud.
- Imposición de multas a los responsables previa tramitación del procedimiento sancionador que corresponda, conforme a lo establecido por la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común y demás normas de aplicación.

27.2.- En todo caso, la Administración municipal adoptará las medidas tendentes a reponer los bienes afectados al estado anterior a la producción de la situación ilegal.

Artículo 28.- Infracciones y sanciones

28.1.- Infracciones

Las acciones u omisiones que vulneren lo dispuesto en la presente Ordenanza en relación al emplazamiento, instalación y funcionamiento de las infraestructuras radioeléctricas constituirán infracciones que serán sancionadas de conformidad con lo establecido en la legislación estatal, autonómica y municipal que resulte de aplicación, en los términos regulados en esta Ordenanza y en lo dispuesto en los apartados siguientes:

28.1.1.- Infracciones muy graves:

A) La instalación sin las correspondientes licencias de las infraestructuras radioeléctricas.

28.1.2. Infracciones graves:

A) El funcionamiento de la actividad con sus equipos de comunicaciones sin respetar las condiciones que figuren incorporadas a la licencia concedida.

B) El incumplimiento de los deberes de conservación, revisión y retirada de las instalaciones radioeléctricas.

C) El incumplimiento de los plazos de adecuación de las instalaciones existentes establecidos en la presente Ordenanza.

28.1.3. Infracciones leves:

Aquellas otras acciones y omisiones, no contempladas en los apartados anteriores, que vulneren lo dispuesto en lo referente a las instalaciones radioeléctricas.

En todo caso, cuando en el procedimiento sancionador se demuestre la escasa entidad del daño producido a los intereses generales, las acciones y omisiones que vulneren lo dispuesto en la presente Ordenanza serán calificadas como infracciones leves.

28.2.- Sanciones:

La determinación de las sanciones que corresponde imponer por la comisión de las infracciones tipificadas en esta Ordenanza, se realizará en la forma siguiente:

28. 2.1.- La comisión de las infracciones leves a que se refiere esta Ordenanza se sancionará con multa de 100 a 300 euros.

28.2.2.- La comisión de las infracciones calificadas como graves en la presente Ordenanza serán sancionados con multa del 15 al 30% del valor de la instalación.

28.2.3.-La comisión de las infracciones muy graves se sancionará con multa del 30 al 50% del valor de la obra, instalación o actuación realizada.

28.3.- Las actuaciones reguladas en esta Ordenanza que, aún amparadas en una licencia, se realicen en contra de las condiciones impuestas por la misma, serán consideradas, a los efectos de aplicación del régimen de protección de la legalidad y sancionador de las infracciones correspondientes, como actuaciones sin licencia, imponiéndose la sanción de acuerdo con los criterios establecidos en los apartados anteriores, que se calcularán por los Servicios Técnicos competentes.

28.4.- En la aplicación de las sanciones previstas en la presente Ordenanza, así como en la posible adopción de las medidas cautelares y los plazos de caducidad y prescripción, se estará a lo establecido en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Capítulo XIII.- Régimen fiscal

Artículo 29.- Régimen fiscal.

Las instalaciones reguladas en esta Ordenanza, así como la obtención de las licencias preceptivas, estarán sujetas a los tributos previstos en las Ordenanzas fiscales con arreglo a los preceptos de éstas.

Disposiciones adicionales

PRIMERA

1. En el plazo de un año, contado a partir de la entrada en vigor de esta Ordenanza, el Ayuntamiento creará un Registro Especial en el que se inscribirán todas las instalaciones radioeléctricas sujetas a la misma que hayan obtenido las correspondientes licencias municipales.

2. La inscripción registral se realizará de oficio o a instancia del interesado y deberá contener los datos relativos al titular de la licencia y a las condiciones impuestas para la autorización de la instalación.

Disposiciones transitorias

PRIMERA

Las instalaciones existentes con anterioridad a la entrada en vigor de esta Ordenanza, aunque hubieren obtenido en su momento las licencias entonces preceptivas, deberán adecuarse a la misma en el plazo de tres meses contados a partir de dicha entrada en vigor.

En caso contrario, el Ayuntamiento suspenderá cautelarmente la actividad de las citadas instalaciones hasta que procedan a la referida adecuación, y ordenará su clausura si, transcurrido un mes desde la suspensión, no se hubieren iniciado al efecto los oportunos trámites mediante la solicitud de las licencias que correspondan y la presentación del correspondiente Plan de Implantación.

SEGUNDA

Las solicitudes de licencia, presentadas antes de la entrada en vigor de esta Ordenanza y sobre las que aún no haya recaído resolución, se tramitarán de acuerdo con las determinaciones de esta Ordenanza.

TERCERA

Considerando el carácter temporal y progresivamente residual establecido por la legislación vigente para los servicios de telefonía móvil automática analógica, se respetará el estado actual de sus instalaciones, hasta la fecha en la que finalmente se extinga su correspondiente título habilitante o licencia individual que, conforme a la reglamentación actual no podrá extenderse más allá del 1 de Enero de 2007.

No obstante, siempre que sea posible, las instalaciones actuales de telefonía móvil automática analógica se adaptarán para conseguir el menor impacto visual.

Disposiciones finales

PRIMERA

En lo no previsto en esta Ordenanza, se estará a lo dispuesto en la normativa Estatal y Autonómica sobre la materia.

SEGUNDA

De acuerdo con lo establecido en los artículos 70.2 y 65.2 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, la presente Ordenanza entrará en vigor a los quince días hábiles de su publicación completa en el Boletín Oficial de la Provincia, una vez aprobada definitivamente por el Pleno de la Corporación.

Torrejón de Ardoz, fecha

MEMORIA TÉCNICA DEL PLAN ESPECIAL

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS ANTENAS DE COMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ



MEMORIA TÉCNICA. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS ANTENAS DE COMUNICACIONES EN EL MUNICIPIO DE TORREJÓN DE ARDOZ

***NOTA:** Los estudios de campo de esta Memoria fueron realizados en el año 2001. El texto fue igualmente redactado en esa fecha y revisado en el año 2004*

Introducción

El presente estudio analiza los distintos aspectos necesarios para caracterizar el impacto que las radiaciones electromagnéticas emitidas desde las estaciones radiantes de las redes de radiocomunicación pudieran tener en el entorno geográfico del Municipio de Torrejón de Ardoz, con especial énfasis en su efecto sobre la salud humana. Con ello se pretenden definir los criterios operativos necesarios para la elaboración de las recomendaciones y normativa que configuran las ordenanzas del Plan Especial sobre el impacto medioambiental de las antenas de comunicaciones en el municipio de Torrejón de Ardoz

El documento está estructurado en capítulos que abordan todos los aspectos que entendemos han de considerarse para la elaboración de aquellos criterios operativos.

El primer capítulo presenta una revisión breve de los servicios de radiocomunicación que sirve de introducción conceptual, terminológica y tecnológica al resto del documento.

El capítulo segundo aborda la planificación celular de las redes radio, planteado de manera que los responsables de la ejecución del Plan Especial conozcan los grados de libertad que tiene el operador de redes radio a la hora de elegir los lugares donde situar las estaciones base. Al final del capítulo se incluye una planificación celular de una red GSM, independiente de las propuestas por las operadoras, con varios propósitos: 1) estimar la envergadura que ha de tener una red de telefonía móvil (GSM) para ofrecer una calidad de servicios adecuada en el Municipio de Torrejón; 2) justificar las recomendaciones que se derivan al Plan Especial para el despliegue de las redes de radiocomunicación, e identificar las opciones viables ante cualquier propuesta de planificación; y 3) demostrar que es posible una planificación acorde con las recomendaciones del Plan Especial

El Capítulo tercero se centra en la tecnología de las estaciones base para deducir las posibilidades de esa tecnología a la hora de optimizar aspectos esenciales del Plan como son el impacto visual y la seguridad estructural de las torres y mástiles y las posibilidades de mimetización e integración paisajística de las estaciones.

El Capítulo cuarto analiza el tema del impacto que las radiaciones de las estaciones radiantes tienen o pueden tener en la salud de los seres vivos. Aspecto enormemente sensible

en el que no resulta sencillo elaborar una opinión y mucho menos una normativa. El problema esencial aquí no es solo si las torres radiantes están dentro o fuera de la normativa, sino si la normativa refleja y protege de todos los efectos que las radiaciones de interés pudieran tener sobre los seres vivos. Por esa razón el capítulo tiene un doble objetivo: 1) presentar la normativa vigente y 2) ofrecer una visión del conocimiento científico disponible en la materia, relacionándolo con los fundamentos de la normativa vigente y sus deficiencias, para facilitar una concienciación, científicamente soportada, sobre el tema en el Plan Especial. El Capítulo introduce, además, incluido en forma de Anexo, la normativa vigente.

El Capítulo quinto presenta los resultados de las medidas de energía radioeléctrica efectuadas en el Municipio para las distintas bandas y operadoras de las redes de telefonía móvil. Asimismo, incluye los estudios espectrales amplios de todas las radiaciones generadas por los sistemas de radiocomunicación urbana. Estos estudios se han realizado en una amplia muestra de edificios y localizaciones especialmente sensibles. Con estos estudios se pretende tener una visión comparativa de todas las fuentes emisoras y su relación con la normativa vigente. El análisis espectral amplio tiene una ventaja añadida: facilitar que las conclusiones derivadas para las torres radiantes GSM puedan ser válidas a la hora de elaborar recomendaciones para otras redes y sistemas, algunos en el aire hace muchos años (radio, TV) y otros cuyo despliegue ha empezado recientemente (LMDS, UMTS,..)

En el Capítulo sexto se presentas las conclusiones de los capítulos anteriores y se elaboran a modo que faciliten la redacción del articulado de la Ordenanza.

CAPÍTULO I.
EL PANORAMA TECNOLÓGICO: Los servicios de radiocomunicación y las redes radio en el entorno urbano

Radiocomunicación. Ondas Electromagnéticas. Espectro radioeléctrico

Se define la Radiocomunicación como Telecomunicación realizada por ondas radioeléctricas, que son ondas electromagnéticas que se propagan por los medio naturales, como el aire y el espacio, sin guía artificial.

Las ondas forman parte de nuestra vida diaria: la luz y el calor que recibimos del Sol vienen en forma de ondas electromagnéticas. Los rayos X, los infrarrojos y las radiaciones radiactivas son también otras familias de ondas electromagnéticas.

Las ondas transportan energía en forma de campos eléctricos y magnéticos oscilantes. Toda onda se caracteriza por los siguientes parámetros:

1) Amplitud, que es proporcional a la energía de la onda.

2) Longitud de onda, que mide la separación entre dos máximos o mínimos consecutivos de la onda.

3) Frecuencia, que expresa el número de oscilaciones de los campos por unidad de tiempo.

La longitud de onda, λ, es inversamente proporcional a la frecuencia *f*, estando ambas ligadas por la relación:

$$\lambda = c / f$$

donde *c* es la velocidad de propagación de la luz.

Estos parámetros intervienen decisivamente en los aspectos operativos de las radiocomunicaciones. Así, la longitud de onda influye sobre el tamaño de las antenas de las estaciones y la frecuencia incide sobre la interacción entre las ondas y la materia en general.

En principio, la frecuencia se expresa en ciclos por segundo o Hertzios (Hz). Sin embargo, en la práctica, se usan los siguientes múltiplos de esta unidad:

- Kilohertzio (kHz)
- Megahertzio (MHz)
- Gigahertzio (GHz)

que equivalen, respectivamente a mil, un millón y mil millones de Hz.

El conjunto de las ondas forma el denominado espectro electromagnético. A grandes rasgos, pueden identificarse dos zonas en este conjunto:

1) La zona denominada “espectro radioeléctrico”, que comprende todas las frecuencias utilizadas en las radiocomunicaciones, dentro de la gama comprendida entre unos cientos de kHz a unos 100 GHz.

2) La zona denominada de “radiaciones” situada muy por encima de la anterior, donde están las ondas de frecuencias muy altas que corresponden a los rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioleta y radiaciones radiactivas ionizantes.

Todas las ondas electromagnéticas interaccionan con la materia, pero su acción es muy diferente en función del grupo donde se encuentren.

Sin perjuicio de una exposición ulterior más detallada, podemos anticipar aquí que las ondas del Grupo 1) anterior, al incidir en un cuerpo material generan en el mismo unas débiles corrientes eléctricas. Precisamente, mediante este mecanismo, la información que transporta una onda se introduce en los sistemas radio-receptores a través de sus antenas. Las corrientes producen un efecto calorífico sobre los cuerpos siendo la profundidad de penetración de estas corrientes inversamente proporcional a la frecuencia de la onda. Esto se utiliza en Medicina en ciertos tratamientos óseos y musculares y también es conocida su aplicación en los hornos de microondas. A este tipo de radiaciones cuyos efectos son térmicos se les denomina “no-ionizantes”.

Las radiaciones del Grupo 2) son más agresivas. Al tener unas frecuencias tan elevadas, su energía es tal, que cuando inciden en un cuerpo material pueden romper los enlaces moleculares. Los componentes de una molécula así disgregada se llaman iones. Por ello, estas radiaciones se denominan ionizantes y la exposición de los organismos a las mismas debe estar sujeta a un control estricto.

La frontera de separación entre ambos tipos de ondas es muy nítida, por lo que puede afirmarse con rotundidad que las ondas usadas en radiocomunicaciones están muy lejos de ser ionizantes.

Gracias a la propiedad de las ondas de su libre propagación por el espacio, pueden realizarse telecomunicaciones sin hilos con las ventajas inherentes de ubicuidad y movilidad de los usuarios.

El enlace radio entre dos terminales solo es posible si ambos funcionan en la misma frecuencia (sintonía). Por ello, en un mismo ámbito espacial, pueden efectuarse múltiples radiocomunicaciones simultáneas e independientes entre sí, utilizando frecuencias distintas.

Esta característica tiene también su cara negativa. Las ondas no tienen fronteras espaciales rígidas ni fronteras territoriales entre países, por lo que su utilización requiere dos niveles de coordinación: uno a escala mundial, que regula el uso de las ondas para diferentes servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones y, otro, a nivel nacional, en el que se coordinan los usos de las ondas dentro de los países y con las naciones limítrofes.

La técnica de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir, puesta en forma eléctrica, sobre una onda electromagnética soporte llamada portadora, que tiene una frecuencia determinada. Como consecuencia de este proceso, se genera una onda modulada compleja, constituida por un conjunto de ondas individuales con frecuencias situadas alrededor de la portadora, ocupando lo que se denomina una banda de frecuencias.

La inserción de la información a transmitir en la onda portadora puede hacerse de forma analógica o digital.

En el primer caso, se varía la amplitud o la frecuencia de la portadora de forma proporcional a esa información. Surgen así los sistemas analógicos de radiocomunicación con modulación de amplitud AM o de frecuencia FM.

En el segundo caso, la información a transmitir se digitaliza, convirtiéndose en un tren de impulsos binarios (bits) los cuales se aplican a la onda portadora. La técnica digital es la más moderna y tiene sobre la analógica la ventaja de una mejor calidad y resistencia a las perturbaciones (ruido, interferencias), por lo que se está utilizando cada vez más en las radiocomunicaciones.

La onda modulada se genera en un equipo llamado emisor o transmisor y se radia al espacio mediante un sistema radiante constituido por un conjunto de antenas, sus elementos de soporte y los cables de conexión al transmisor.

El conjunto de frecuencias utilizables para las radiocomunicaciones se llama, como ya se ha indicado, espectro radioeléctrico. El espectro, como tal, es un recurso de la naturaleza muy escaso, aunque reutilizable en cierto grado, debiendo tratarse de optimizar su uso, de forma que pueda utilizarlo el mayor número posible de estaciones radio con el mínimo de perturbaciones mutuas.

De la disponibilidad de este recurso espectro y de las tecnologías que lo utilizan dependen las potencialidades, limitaciones y capacidades de los servicios de radiocomunicación.

Además de absorber una porción de espectro, todo proceso de radiocomunicación comprende una cierta cobertura espacial y se presta durante un cierto tiempo (que puede ser las 24 horas del día), por lo que su ámbito de ocupación es tridimensional:

1) Espectro o banda de frecuencias utilizadas (MHz).

2) Superficie de cobertura (km^2).

3) Tiempo (Horas).

En la Figura 1 se representa simbólicamente el "volumen de emisión": espectro (F) × espacio (E) × tiempo (T), ocupado por una radiocomunicación.

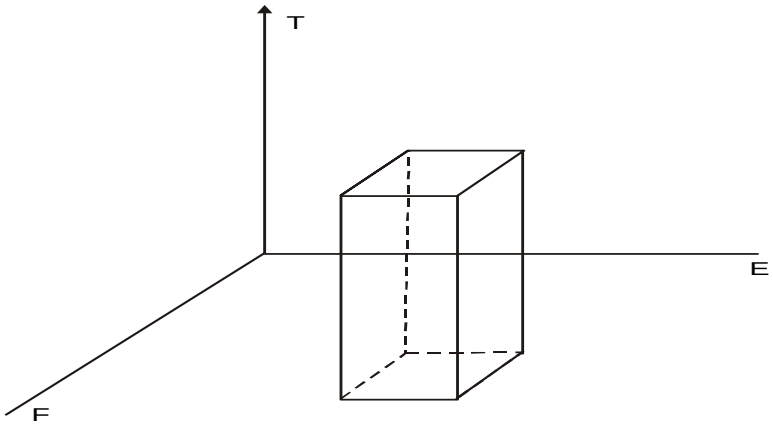


Fig. 1. Volumen de emisión de un servicio de radiocomunicación

Por razones de interferencia mutua, las emisiones de radio deben ocupar volúmenes disjuntos, es decir, dos emisiones distintas han de estar separadas en tiempo, frecuencia o espacio. Una notable excepción es la técnica CDMA utilizada en la Telefonía Móvil de 3ª

Generación UMTS mediante la cual, las emisiones se separan por código, pudiendo compartir varias de ellas espacio, tiempo y frecuencia. Sin embargo, ello implica una mayor ocupación de espectro.

Dada la importancia del volumen de emisión y la necesidad de su adecuada gestión, el Estado lo considera un bien de Dominio Público, habiéndole asignado el nombre de Dominio Público Radioeléctrico (DPR).

Los operadores de los servicios de radiocomunicaciones pueden utilizar parte del DPR, previa la correspondiente aprobación gubernamental, sea bajo la forma de una simple autorización o en la modalidad de concesión administrativa. La utilización del DPR por parte de un operador devenga un canon anual que es proporcional al volumen de emisión, es decir, intervienen en su cuantía la extensión superficial de cobertura, el tiempo de utilización y el consumo de espectro radioeléctrico (anchura de banda) del servicio de radiocomunicación en cuestión.

Como contraprestación por este canon, la Administración de Telecomunicaciones autoriza al operador a desplegar su red radio en el área de servicio prevista y a proteger la radiocomunicación en esa área frente a interferencias externas, para asegurar un grado de calidad de servicio adecuado.

El operador ha de presentar a la Administración el Proyecto Técnico de la instalación radio completa en su área de servicio y dicha instalación es luego supervisada para verificar que se ajusta al citado proyecto. Cumplidos estos trámites, el operador recibe autorización para la puesta en marcha y explotación del servicio de radiocomunicaciones. Durante la fase de operación de la red, de una forma sistemática, los Órganos de Control de Emisiones Radioeléctricas de la Administración mantienen una supervisión de las frecuencias y del espectro en general, para asegurar que las redes radio están funcionando de conformidad con las condiciones de la concesión. Por consiguiente, tanto en la fase de proyecto como en la de operación, los servicios de radiocomunicaciones son objeto de un estricto control técnico.

Seguidamente, se describen estos servicios y se resaltan las implicaciones de infraestructura y utilización de ondas que conllevan.

Servicios de radiocomunicaciones

Un Servicio de Radiocomunicación es un Servicio de Telecomunicación que utiliza ondas Radioeléctricas. Dada la ubicuidad y versatilidad que permiten las ondas, la gama de servicios es muy variada.

Pueden clasificarse los servicios de radiocomunicación en tres grandes grupos:

1) Servicio Fijo.

2) Servicio Móvil.

3) Servicio de Radiodifusión.

Todos los servicios de radiocomunicación requieren estaciones emisoras principales donde se genera o termina el tráfico de telecomunicación y, otras estaciones de radio llamadas repetidoras, en las que el tráfico es de tránsito, que se utilizan para extender la cobertura de un emisor principal o para alcanzar lugares recónditos (por ej. túneles o interiores). Según estén los repetidores situados en el planeta tierra o, a bordo de un satélite artificial, se califica a los servicios anteriores en terrenales y por satélite, respectivamente.

El servicio fijo lo constituyen redes de radio que interconectan entre sí estaciones fijas. Se establecen, entre ellas, enlaces radio, punto a punto.

El servicio móvil comprende aplicaciones de radiocomunicaciones en las que los terminales radio pueden desplazarse por toda una zona, que puede abarcar desde una pequeña población a todo un país e, incluso, un continente.

El servicio de radiodifusión consiste en conexiones radio entre uno o más centros de emisión y múltiples receptores fijos o móviles, dispersos por las áreas de servicio de esos centros. Las radiocomunicaciones son unidireccionales de centro emisor a receptores.

Estos tres servicios han adquirido el rango de interés social por su repercusión en el desarrollo de la Sociedad moderna, en múltiples ámbitos, como el informativo (Medios de Comunicación), los negocios y el ocio. Hoy día se les considera servicios esenciales en la moderna Sociedad de la Información. Por ello, los Estados los consideran bienes de titularidad Estatal con gestión por el propio Estado o las Comunidades Autónomas de forma directa o a través de Entes Públicos o, indirecta, mediante Concesiones Administrativas que se otorgan tras los correspondientes Concursos.

En los países desarrollados, no cabe duda alguna de que los sectores de Medios de Comunicación Social y Telecomunicaciones son potentes motores del desarrollo de los pueblos. Y soporte esencial de la Sociedad de la Información, con un protagonismo creciente de los que se prestan vía radio.

Desde la implementación generalizada de la radiodifusión a partir de los años 20 y de la televisión en los 50, los ciudadanos han venido disfrutando de esos servicios, pero también se han visto sometidos, inevitablemente, a la exposición a las ondas de radio que los soportan. Ello se ha acentuado, recientemente, con la introducción de los servicios de telefonía móvil en sus amplias ofertas y prestaciones.

Radiodifusión y Televisión

El servicio de Radiodifusión tiene dos variantes:

1) Radiodifusión de sonido: Es la radio "clásica" que comprende cuatro clases de emisiones:

Emisiones en onda corta, entre unos 2 y 26 MHz, destinadas al servicio exterior por su gran distancia de cobertura.

Emisiones en onda media, entre unos 500 kHz y 1500 kHz, para programas hablados, con cobertura nacional.

Emisiones en ondas métricas y modulación de frecuencia, entre 87,5 y 108 MHz, con cobertura variable desde una localidad (emisoras municipales) hasta todo el país (grandes cadenas de radiodifusión). Aunque se ofrecen programas hablados, tienen gran importancia los musicales. Su técnica analógica se ha explotado al máximo de sus posibilidades, ofreciendo la recepción estereofónica y servicios auxiliares de datos RDS, para facilitar a los usuarios informaciones adicionales como, por ejemplo, el tráfico viario.

Emisiones de radiodifusión digital. Se trata de un servicio en fase de implantación en España y otros países europeos que utiliza algunos de los canales de TV en desuso. Permitirá la recepción musical con calidad CD (Compact Disk) libre de parásitos y perturbaciones, además de informaciones adicionales. Será un servicio que, en su día, requerirá infraestructura nueva en cuanto a centros emisores y antenas.

2) Radiodifusión de imagen o más popularmente Televisión. También aquí hay dos variantes:

Televisión analógica en las bandas de VHF (canales 2 a 12, entre 48,25 MHz y 224,25 MHz) y UHF (canales 21 a 65, entre 471,25 MHz y 823,25 MHz) para la difusión de vídeo en color y sonido, además de un servicio de información adicional que es el Teletexto.

Televisión digital. De forma análoga a la radiodifusión digital es un nuevo servicio en fase de implementación con licencias ya concedidas. Se ofrecerá en modalidades de pago por visión y libre recepción. Su despliegue se realizará en fases sucesivas dentro de un período que abarca desde julio de 1999, con el establecimiento de 3 canales (66 a 69) hasta enero de 2012, que marcará el fin de las emisiones analógicas de TV actualmente existentes. Como en el caso de la radio digital, la introducción de este servicio puede requerir nuevas infraestructuras en poblaciones o lugares estratégicos para la emisión

Los sistemas de radiodifusión están diseñados en general, para que ofrezcan grandes coberturas superficiales. Además, por razones económicas y sociales, los receptores han de ser baratos y por ello, las potencias de los emisores tanto de radio como de TV son elevadas, oscilando entre 1 kilowatio y centenares de kilowatios. Sus sistemas radiantes han de ubicarse

en lugares con buena visibilidad óptica, en cimas de montes, torres elevadas o edificios altos. En ocasiones, no es posible asegurar los alcances deseados utilizando los centros emisores, por lo que se emplean repetidores o re-emisores de radio para extender la cobertura radio a zonas de difícil acceso directo. Dependiendo de las circunstancias, estos repetidores pueden estar ubicados en el campo o en edificios urbanos y, normalmente, radian poca potencia (entre 1 y 100 watios).

Radiocomunicaciones móviles

Los servicios de radiocomunicaciones móviles aprovechan plenamente el carácter inalámbrico de las radiocomunicaciones y su movilidad inherente, la cual tiene una doble interpretación. Por una parte, permite que los usuarios puedan establecer comunicaciones desde cualquier lugar, dentro de la zona de cobertura de servicio y, por otra, posibilita la realización de estas comunicaciones en marcha con el usuario caminando o a bordo de vehículos.

En función del medio por donde se desplazan los terminales, se distinguen tres clases de servicios móviles:

- Servicio móvil terrestre.
- Servicio móvil marítimo.
- Servicio móvil aeronáutico.

Para el objeto de este informe, únicamente tiene interés el primero de ellos por lo que, en lo sucesivo, nos referiremos exclusivamente a él. Los servicios móviles terrestres se pueden clasificar, en función de su utilización, como sigue:

1) Servicios móviles privados: PMR (Private Mobile Radio).

2) Servicios móviles semipúblicos: PAMR (Public Access Mobile Radio).

3) Servicios de telefonía móvil pública: PLMN (Public Land Mobile Radio).

Radiotelefonía móvil privada

Los servicios PMR y PAMR utilizan redes radio móviles propiedad de Empresas e Instituciones cuya actividad, que se desarrolla en el exterior de sus locales, requiere la existencia de flotas de vehículos o grupos de agentes con quienes hay que intercambiar órdenes y actuaciones. Pueden citarse como ejemplos típicos, Organismos de protección y seguridad, Policía, Protección Civil, Empresas de reparto: mensajerías, mercancías; de vigilancia; de facilidades: distribución de agua, gas, electricidad; de servicios: ambulancias, bomberos, autobuses, taxis, etc. Todas estas actividades necesitan servicios de

comunicaciones móviles con transferencia de voz y datos entre un controlador (*Dispatcher*) y el personal distribuido geográficamente. A este tipo de servicios móviles se les denomina genéricamente servicios de despacho (*Dispatching*) y tienen las siguientes características:

- La cobertura suele ser de tipo local o regional.
- Se requiere un acceso rápido del Despacho a los terminales móviles y viceversa.
- Las llamadas de móvil a móvil deben ser posibles y de establecimiento rápido.
- Las llamadas son frecuentes y de corta duración.
- Deben poder realizarse llamadas a grupos específicos de móviles y llamadas generales a todos los móviles.
- Se deben poder constituir agrupaciones de usuarios para el desarrollo de comunicaciones de grupo.

En el caso de redes pequeñas, los servicios de despacho se establecen sobre sistemas PMR, siendo las empresas usuarias propietarias de la red, que instalan y explotan a su costa.

Cuando las necesidades de comunicaciones son grandes, sea por el elevado volumen de tráfico o por la extensión de la zona de cobertura del servicio, éste se implementa mediante sistemas PAMR. Los sistemas PAMR llamados también troncales (*Trunking*) ofrecen gran capacidad de usuarios, por lo que son utilizados por empresas de servicios.

Usualmente, una red PAMR está explotada por una empresa que la utiliza para sus propias necesidades de comunicaciones móviles (autoprestación) pudiendo arrendar su infraestructura y parte de su capacidad para uso de otros usuarios, con percepción de tarifas, previa concesión de una licencia por la Administración de Telecomunicaciones.

Otra variante de sistema PAMR es aquella en que la red la instala y explota un operador legalmente habilitado como tal y que ofrece servicios de red troncal a clientes de diversos colectivos que constituyen sus propios grupos cerrados de usuarios y perciben la red como propia en sus aplicaciones, aún cuando la comparten con otros. El operador puede ser propietario también de los terminales móviles que cederá a sus abonados en régimen de alquiler, o puede permitir que los usuarios utilicen sus propios terminales, debidamente homologados, con arreglo al estándar que se utilice en la red.

Existen dos estándares de PAMR, uno antiguo, analógico, denominado MPT13XX usado ampliamente hoy día y otro, más moderno, digital, llamado TETRA (TErrestrial Trunking RAdio). TETRA es una norma europea que permite la interoperabilidad de equipos de diferentes fabricantes.

Recientemente, en España, se han concedido dos licencias de operación TETRA a Telefónica Móviles y Dolphin y se están desplegando redes para Comunidades Autónomas: Gobierno Vasco, Gobierno de Navarra y grandes empresas como Iberia Líneas Aéreas.

Hay también un estándar propietario desarrollado por la Compañía francesa MATRA, denominado TETRAPOL, diseñado para su uso por los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad principalmente. En España, se está desplegando una red TETRAPOL para la Guardia Civil y la Policía Nacional.

Además de estos servicios radiomóviles para comunicaciones bidireccionales, existen los de radiobúsqueda (*paging*), de carácter unidireccional para avisos a usuarios equipados con terminales portátiles. La información puede presentarse bajo diversas formas: por tono audible o vibración del equipo, tono y voz, mensajes alfanuméricos, etc.. Pueden clasificarse estos servicios en privados y públicos. Los primeros se prestan en recintos cerrados (hospitales, factorías) para uso interno de entidades y empresas. Los de uso público se prestan a través de la Red Telefónica. En su primera generación se utilizó el estándar POCSAG, ampliamente difundido en Europa, que proporciona avisos en forma de voz y alfanumérica, en una pequeña pantalla del equipo. Esta última es la tendencia actual, por lo que estos servicios se denominan hoy día servicios de mensajería y requieren también estaciones base y antenas radiantes.

Además de estos sistemas existen otros de tipo privado utilizados para el acceso "sin cordón" a la red telefónica básica en los hogares. Se trata de los teléfonos, sin hilos o inalámbricos, que establecen una conexión radio entre el terminal y una pequeña estación radio base conectada a la red telefónica. Los teléfonos inalámbricos más antiguos usan tecnología analógica y frecuencias en torno a los 50 MHz. Hoy día, se emplea la tecnología digital DECT en frecuencias de 1890 MHz. La potencia máxima de emisión es de 250 mW. Como la transmisión es discontinua, en forma de ráfagas, la potencia promedio es menor y su valor es de 10 mW aproximadamente.

Otro nuevo servicio emergente es el denominado "Bluetooth". Se trata de un sistema de interconexión de equipos informáticos (PC portátiles, *lap-tops*, agendas electrónicas, impresoras, etc.) entre sí y con teléfonos móviles, mediante ondas electromagnéticas.

Todas estas radiocomunicaciones de interiores son responsabilidad de los usuarios, quienes deberán controlar su exposición a las mismas.

Servicios de telefonía móvil pública

Los servicios de telefonía pública utilizan sistemas telefónicos móviles que son redes telefónicas en las que el acceso del usuario a la red se realiza vía radio, por ondas, en vez de utilizar un par de hilos de cobre, como sucede en la telefonía convencional.

En consecuencia, los clientes de las redes móviles gozan de dos ventajas sobre la red fija, a saber: ubicuidad y movilidad.

Por ubicuidad se entiende la posibilidad de que el usuario pueda acceder a la red desde cualquier lugar donde se encuentre, dentro de la zona de servicio de su operador. A este respecto, se distingue entre redes doméstica y visitada. La red doméstica de un usuario es la del operador con quien ha contratado el servicio, sea mediante abono o con tarjeta prepago. La red se circunscribe al país donde actúa tal operador.

Un usuario fuera de su país puede seguir utilizando el servicio de telefonía móvil, como cliente itinerante, a través de la red de algún operador del país visitado. En este caso, a esa red se le llama red visitada.

La característica de movilidad permite que un usuario pueda iniciar y mantener comunicaciones telefónicas en estado de movimiento.

La telefonía móvil ha sido, sin duda, una de las realizaciones de telecomunicaciones más espectaculares en el último cuarto del siglo XX. Tras una época en torno a los años 50-60 con desarrollos de alcance y prestaciones muy limitados (escasa capacidad, conmutación manual, equipos voluminosos), la aplicación de la teoría celular permitió el despliegue de redes móviles, en los años 70, con unas características operativas que las hacían atractivas para los usuarios.

Los servicios móviles telefónicos utilizaron hasta los años 80 tecnologías analógicas con una capacidad de usuarios y unas prestaciones limitadas. Al principio de la década de los 80 ya se preveía su obsolencia, a la par que se iniciaba la liberalización de las telecomunicaciones, empezando por el sector de la telefonía móvil. Todo ello auspició el desarrollo, en Europa, de un nuevo sistema móvil, paneuropeo, que permitiera la itinerancia internacional, es decir, la posibilidad de realizar comunicaciones desde cualquier país europeo con un mismo teléfono. Nació así el estándar GSM, que definía una tecnología móvil celular de gran capacidad y con posibilidad de evolución para ir incorporando nuevos servicios y aplicaciones.

El desarrollo de GSM ha sido espectacular, con un crecimiento exponencial motivado por políticas de subvención de teléfonos derivadas de las ventajas de las economías de escala. También ha influido la competitividad entre operadores como consecuencia de la liberalización de la telefonía móvil.

Esta diversidad de ofertas y servicios y sus niveles de calidad y cobertura asociados requieren la existencia de un elevado número de instalaciones radioeléctricas. Seguidamente se presenta el sistema de telefonía móvil GSM que es el paradigma de este tipo de aplicaciones. Se hará también referencia a los futuros sistemas móviles de 3ª Generación.

Sistema GSM

El sistema GSM, de telefonía móvil celular, se diseñó con la más moderna tecnología digital disponible a finales de los años 80. Se reservó para el mismo en toda Europa la banda de frecuencias de 900 MHz, a fin de facilitar la interoperabilidad de los equipos, dividiéndose esta banda en canales de 200 kHz de anchura. En total, hay 124 canales disponibles. Un canal puede dar servicio hasta 8 usuarios simultáneos, cada uno de los cuales lo utiliza durante una fracción de tiempo. Por ello, las transmisiones de los usuarios se producen en forma de breves ráfagas intercaladas entre sí. La emisión es en forma de impulsos de potencia, por lo que la potencia promediada en el tiempo, es la octava parte de la potencia emitida en una ráfaga.

Los 124 canales disponibles en la banda de 900 MHz en cada país, se han distribuido entre los operadores habilitados para la explotación del servicio.

Dado el auge de GSM pronto se alcanzó la capacidad de comunicación de la banda de 900 MHz, por lo que se abrió a la explotación la banda de 1800 MHz para aumentar la capacidad. Ello supuso la instalación de nuevas antenas en las estaciones base. Los teléfonos actuales son duales: operan indistintamente en 900 MHz y 1800 MHz, con selección automática de la frecuencia al realizar la llamada.

La capacidad de la banda de 1800 MHz es el triple de la de 900 MHz por lo que ha permitido la concesión de nuevas licencias de telefonía móvil. Así, en España, se han otorgado tres licencias adicionales en GSM-1800 a Telefónica Móviles, Airtel y Retevisión, esta última, con el nombre comercial de Amena. En consecuencia, los dos primeros operadores han de explotar sus estaciones radio bases en las dos frecuencias de 900 y 1800 MHz y en principio, ello requeriría dos sistemas de antenas e, inicialmente así fue, pero, hoy día, para minimizar el impacto visual, se han diseñado antenas duales, de forma que la estructura radiante es única y soporta las dos frecuencias. Obviamente, la potencia radiada por una antena única dual es la suma de las potencias de las emisiones en 900 y en 1800 MHz lo que supone un incremento del 90%, aproximadamente, sobre la potencia inicial de 900 MHz.

La potencia máxima de transmisión permitida en los móviles GSM para 900 MHz es de 2 vatios y para 1800 MHz, de 1 vatio. En una comunicación, el teléfono autoajusta la potencia en las ráfagas al mínimo valor necesario para mantener el enlace radio y como ya se ha indicado, la potencia media es la octava parte de la potencia en la ráfaga. Además, cuando el usuario está a la escucha, su teléfono no transmite. Como un ciclo de conversación suele ser del 50% habla y el 50% escucha, la fracción de potencia queda reducida a la mitad. Todo ello disminuye, sustancialmente, la cuantía de la energía de radiofrecuencia a la que está expuesta el usuario de un teléfono móvil.

Como las distancias a las estaciones base en medios urbanos son muy pequeñas, también lo son las potencias radiadas por los teléfonos. En medio rural las distancias y potencias serán mayores

Sistemas móviles de 3ª Generación

El sistema GSM se diseñó, en especial, para la transmisión de voz. Sus prestaciones en cuanto a servicios de datos son limitadas, ya que no permiten una alta velocidad de transmisión.

Hoy día el mercado de la "Sociedad de la Información" en la que estamos inmersos, demanda servicios móviles de gran capacidad y velocidad de transmisión para informaciones multimedia, no sólo de voz sino, sobre todo, de acceso móvil a Internet y transmisión de vídeo.

Para satisfacer esta necesidad y habida cuenta del grado de saturación que ya empezó a percibirse en GSM (pese a su ampliación en 1800 MHz), se ha desarrollado una nueva familia de sistemas móviles en el marco del estándar IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications*). El sistema desarrollado se denomina UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) y operará en la banda de 2000 MHz.

Se trata de un sistema radio de banda ancha capaz de soportar transmisiones simultáneas de voz, imágenes y datos siendo su tecnología radio muy sofisticada. Las radiocomunicaciones se identifican mediante códigos individuales por lo que la transmisión está protegida frente a escuchas intencionadas. Los requisitos de potencia son algo inferiores a los de GSM, tanto para las estaciones radio base como para los teléfonos móviles.

En Marzo de 2000 se han concedido 4 licencias de explotación de UMTS a los operadores Telefónica Móviles, Airtel, Amena y X-fera con la obligación de desplegar su red a partir de Julio de 2001 en ciudades de más de 200.000 habitantes, lo que implicará la instalación de nuevos sistemas de antenas. Los operadores actuales Telefónica Móviles, Airtel y Amena utilizarán las torres y mástiles que están usando para GSM, pero X-fera necesitará nuevos emplazamientos.

En los últimos años se ha producido un importante retraso en los planes de puesta en marcha de las redes UMTS por razones fundamentalmente financieras y de disponibilidad de la tecnología, que han impedido a las operadoras iniciar el despliegue previsto. En la actualidad el despliegue de esta red UMTS es el tema principal a tener en cuenta.

Otros sistemas de radiocomunicaciones

Otras familias de sistemas de radiocomunicaciones son los de ayudas a la navegación marítima y aeronáutica y los sistemas de radiocomunicación por satélite. Los primeros, constan de radares de seguimiento de barcos y aeronaves, estaciones de radiobalizas y de radiocomunicaciones. En general, estas instalaciones están situadas fuera de los cascos urbanos y alejadas de otros lugares habitados, por lo que su incidencia sobre los núcleos poblacionales puede considerarse despreciable. Lo mismo sucede con los sistemas por

satélite, ya que la energía radioeléctrica que llega desde un satélite a cualquier población es irrelevante desde el punto de vista de su posible efecto sobre las personas.

En el caso específico de Torrejón de Ardoz sí se han analizado con detalle, en el Capítulo V, las emisiones de radionavegación y radar, abundantes en la zona con potencias radiadas suficientes para justificar su estudio.

Existe también una gran variedad de sistemas que utilizan ondas radioeléctricas englobados en la categoría de Aplicaciones Científicas y Médicas, como son los de telecontrol, calentadores industriales de RF utilizados en la industria del plástico y sellado térmico, equipos de diatermia en medicina, etc. Estos sistemas pueden producir niveles más altos de exposición a trabajadores, enfermos, etc. que en los de telefonía, pero por mucho menos tiempo. Su interés, sin embargo, para este estudio es menor por tratarse de radiaciones presentes en espacios cerrados y controlados con un impacto nulo en el espacio abierto.

CAPITULO II.
Planificación celular de redes radio

En esta sección se aborda la planificación celular de las redes radio, planteada de manera que los responsables de la ejecución del Plan Especial conozcan los grados de libertad que tiene el operador de redes radio a la hora de elegir los lugares donde situar las estaciones base. Para justificar las recomendaciones sobre el despliegue de las redes de radiocomunicación del Plan Especial, se incluye, al final del capítulo, una planificación celular de una red GSM, independiente de las propuestas por las operadoras; con ello se pretende: 1) estimar la envergadura que ha de tener una red GSM para ofrecer una calidad de servicios adecuada en el Municipio de Torrejón de Ardoz; y 2) identificar las opciones viables ante cualquier propuesta de planificación y demostrar que es posible una planificación negociada, acorde con las recomendaciones del Plan Especial.

Principios de la planificación

La característica de ubicuidad de los sistemas radio móviles requieren la disponibilidad de un enlace radio permanente con los usuarios para la realización de funciones de localización, seguimiento y registro de éstos, así como para el establecimiento y mantenimiento de las comunicaciones. Por consiguiente, han de disponerse estaciones radio en la zona de servicio, con unas coberturas que rellenen toda esa zona, de manera que aseguren los enlaces radio con los teléfonos de los usuarios. A esas estaciones se les llaman estaciones de base.

Una estación de base, en consecuencia, es la puerta de acceso de un teléfono móvil a la red telefónica. Las estaciones base han de estar conectadas al conjunto de elementos de red fija (controladores, registros de abonados, centros de conmutación). Ello requiere, en ocasiones, el uso de radioenlaces del servicio fijo. Las redes de telefonía móvil de diferentes operadores están conectadas entre sí y con las redes de telefonía fija para posibilitar toda clase de llamadas: de fija a móvil y entre móviles.

Toda estación base tiene dos características fundamentales que son:

- Cobertura radioeléctrica.

- Capacidad de tráfico.

La cobertura radioeléctrica es la superficie de terreno dentro de la cual la estación puede enlazar con los teléfonos móviles. La extensión de cobertura radio depende de la altura de la antena de la estación sobre el suelo, el despejamiento de obstáculos en torno a la antena y la potencia transmitida. Por otro lado, gracias a los mecanismos de reflexión de las ondas de radio en los suelos y fachadas de edificios y difracción en las esquinas de éstos, las ondas pueden alcanzar lugares recónditos, como calles angostas, subterráneos o interiores de edificios. Como en telefonía móvil el enlace radio tiene que ser bidireccional, esto es, de base a móvil, (descendente) y de móvil a base (ascendente), en la cobertura influyen no solamente los parámetros de la estación base, sino también los del móvil.

Los móviles tienen su antena a baja altura (la del usuario), rodeada de obstáculos (cuerpo del usuario, edificios próximos) y radian una potencia baja. Por ello, la cobertura está, en principio, limitada por el enlace móvil → base. En consecuencia, no pueden diseñarse coberturas extensas actuando sobre los parámetros de la estación base porque, de hacerlo así, el enlace base → móvil podría ser de largo alcance, pero el móvil → base no lo será. Esta es una primera razón por la cual las coberturas de estaciones base de telefonía móvil no pueden ser grandes.

Hay que tratar de igualar las coberturas de los enlaces descendente y ascendente y como éste es el más desfavorable, por las limitaciones del móvil en transmisión, resulta necesario potenciar la recepción en la base mediante el uso de estructuras de antenas dobles. Ello se hacía con elementos separados, por lo que una estación base requería por cada sector 3 antenas, una de transmisión y dos de recepción. La tecnología actual ha permitido la integración de las dos antenas de recepción en una sola estructura, reduciéndose así la envergadura de las torres y su impacto visual.

La capacidad de tráfico de una estación base determina el número de usuarios a los que puede dar servicio dentro de su zona de cobertura. Si el número potencial de clientes es grande, habrá que reducir la extensión de esa zona. Se dice entonces que la cobertura de la estación está limitada por tráfico, en vez de por radiopropagación. Este suele ser el caso habitual en las grandes urbes.

En consecuencia, el alcance de una estación depende del entorno de servicio, y puede variar, típicamente, entre algo menos de 1 km. en medios urbanos, hasta unos 30 km.

En medio rural. Por lo tanto, el número de estaciones radio bases debe ser elevado, sobre todo en áreas urbanas.

La limitación de cobertura permite que una o más frecuencias utilizadas en una estación, puedan reutilizarse en otra estación situada a cierta distancia de la primera. El proceso es repetitivo, de forma que todo juego de frecuencias es objeto de múltiple uso, con lo cual se rentabiliza este escaso y oneroso recurso radio.

Los operadores reciben de la Administración de Telecomunicaciones de sus países una dotación de frecuencias como parte de la licencia de explotación del servicio móvil y deben gestionar estos recursos especificando el número de frecuencias que deben asignarse a las estaciones radio bases y los patrones de reutilización de las mismas. Para ello, se basan en la Teoría Celular, que se comenta, brevemente, a continuación.

Planificación genérica de una red de multi-acceso radio

Extensión superficial de las redes de estaciones de Telefonía Móvil

Como se ha indicado, la consecución del objetivo de ubicuidad de una red de telefonía móvil requiere la instalación de múltiples estaciones base cuyas coberturas individuales rellenen, sin lagunas ni zonas de sombra, todo el área de servicio. El número de estaciones debe ser elevado, ya que la cobertura de cada una está limitada por la propagación de las ondas o por la capacidad de tráfico de la estación.

Como veremos seguidamente, en medios urbanos, en los que residen la mayoría de los usuarios, es el tráfico quien limita la cobertura.

Como el número de frecuencias portadoras que pueden asignarse a una estación base está limitado, también lo está el número N de usuarios a los que dicha estación puede dar servicio.

En telefonía móvil, se hacen previsiones en cuanto al número de abonados por km^2 o densidad de móviles, m, que un operador espera tener en una zona determinada. Entonces si S_b es el área de cobertura de una estación base, se tendrá que

$$N = m \cdot S_b$$

Como N, función de los recursos, suele ser fijo, resulta que m y S_b son inversamente proporcionales. En consecuencia, si se prevén altas densidades de móviles, S_b tiene que ser pequeña. Así sucede en las redes desplegadas en los entornos urbanos. La superficie de cobertura está limitada por capacidad de tráfico (m alta, S_b pequeña), más que por cobertura radio.

Esto tiene una ventaja. Como la cobertura depende de la potencia, si la cobertura es pequeña, también lo deberá ser la potencia. Y así ocurre en la realidad. La limitación por capacidad de la cobertura implica que tanto las estaciones base como los móviles, radien potencias moderadas, inferiores a las máximas nominales. Ello es favorable desde el punto de vista de la energía electromagnética presente en el medio ambiente.

Las consideraciones anteriores ponen de manifiesto que no es posible el despliegue de una red de telefonía móvil con pocas estaciones de gran cobertura cada una, ya que o bien el

móvil no alcanzaría a la base, aún radiando su máxima potencia, o la base no podría atender al número elevado de usuarios situados dentro de esa gran zona de cobertura.

Volviendo a la expresión anterior, si S_t designa el área total de cobertura deseada, como cada estación base abarca un área S_b, la red necesitará un número de estaciones:

$$N_E = S_t / S_b$$

redondeado por exceso al entero superior.

Planificación celular

La organización de este conjunto de estaciones base y la asignación de frecuencias a las mismas, se realiza mediante la planificación celular. Para ello, la zona de servicio se divide en áreas más pequeñas llamadas células. Toda célula está servida por una estación base a la que se asigna un juego de frecuencias. Cada uno de estos conjuntos de frecuencias se reutiliza en células separadas entre sí, a una cierta distancia, llamada distancia de reutilización, que es lo suficientemente grande como para que las interferencias radio, que se producen entre las células que usan las mismas frecuencias, sean irrelevantes.

El número de juegos de frecuencias diferentes *J* define la llamada agrupación celular. Por ejemplo, en GSM *J* puede valer 3 ó 4, según la tecnología utilizada, para contrarrestar las interferencias. Si el número de frecuencias disponibles es *F*, a cada célula le corresponderán *F/J* frecuencias, supuesto un reparto uniforme de las mismas. Además de estos parámetros de espectro de frecuencias, en los planes celulares hay que obtener el radio de las células *R*, la distancia de reutilización *D* y la disposición de las células. Los planes se basan en la Teoría celular, que es un modelo teórico con ciertas hipótesis, que permite obtener relaciones entre *J*, *D* y *R*, optimizar las asignaciones de recursos (potencia, frecuencias) y determinar los emplazamientos de las estaciones de base.

La planificación es una actividad compleja en la que han de tenerse en cuenta numerosos factores interdependientes entre los que pueden destacarse los siguientes:

- Cobertura radioléctrica.
- Limitación del número de frecuencias disponibles.
- Movilidad de los usuarios.
- Distribución del tráfico.
- Introducción de nuevos servicios.

A ello se le suma el factor económico ya que hay que adquirir o alquilar las ubicaciones de las estaciones de base y disponer su infraestructura: casetas de equipos,

energía eléctrica, torres de antenas, accesos, enlaces de comunicaciones, etc. Es cierto que la calidad del servicio mejora cuanto mayor es el número de células, pero también entonces crecen los costes. En consecuencia, los proyectistas de redes deberán tratar de optimizar la relación calidad/coste, ponderando debidamente el factor de calidad que, a largo plazo, les puede dar una buena cuota de mercado, si sus clientes se encuentran satisfechos con la calidad del servicio. La planificación celular comprende, al menos, las siguientes tareas:

1) Desarrollo de un modelo de tráfico (tanto de voz como de otros servicios) y movilidad de los clientes, basado en datos de prognosis de la demanda en función del tipo de zona (urbana comercial, de negocios, extrarradio, rural, etc.).

2) Elección del tamaño y tipo de células en función de la distribución del tráfico.

3) Diseño de la red o malla celular con los tipos de células establecidos.

4) Elección de los sistemas radiantes y sus diagramas de radiación en el plano horizontal (omnidireccional/sectorizado) y en el plano vertical, con la inclinación del haz (*down tilt*), cuando proceda.

5) Ajuste de las ubicaciones de estaciones base a los emplazamientos disponibles.

6) Determinación de la cobertura básica y células mejores servidoras. Detección y tratamiento de puntos de cobertura dudosa y entornos especiales (túneles, interiores, etc.).

7) Utilización de datos de medidas radioeléctricas para apoyo de la fase 5.

8) Asignación de frecuencias a las estaciones base.

9) Evaluación de las interferencias de la propia red. Reajustes necesarios si en algunas células el resultado no es satisfactorio. Análisis y resolución de interferencias con otras redes móviles u otros sistemas de radiocomunicaciones.

10) Determinación de los planes de interconexión y transmisión entre estaciones base y los controladores de estaciones y centros de conmutación.

La planificación parte de hipótesis sencillas y hace uso de un modelo geométrico simple, por lo que es un instrumento puramente teórico que proporciona una información preliminar acerca del sistema celular en proyecto, permite sistematizar el diseño de la red y tener una idea general de las prestaciones previsibles en cuanto a cobertura y capacidad, así como comparar diferentes soluciones alternativas. El resultado de la planificación sirve de patrón o guía para el despliegue físico de la red sobre el terreno. Durante la instalación, se van realizando las correcciones al plan derivadas de las situaciones reales y ajustando los parámetros de funcionamiento de los equipos y sistemas radiantes, contemplando el conjunto de la red. Una red celular es una estructura con elementos interdependientes, por lo que las modificaciones que se efectúen en los parámetros de un elemento influyen en los demás. Debe subrayarse, además, que, como una red celular es un ente en constante evolución, un plan

nunca puede considerarse cerrado y concluido, sino que deberá reajustarse y modificarse con el tiempo, para atender al crecimiento de la red y mantener la calidad del servicio.

Aunque, conceptualmente, la planificación es simple, como comprende muchas estaciones, se requiere el tratamiento de numerosos datos, por lo que las metodologías de planificación están informatizadas, disponiéndose de programas específicos para esta tarea.

Para la planificación celular, se idealizan las coberturas de las estaciones base, suponiendo que tienen forma hexagonal. Se ha elegido el hexágono por ser el polígono regular que, para un radio dado, tiene la mayor área y recubre el plano sin huecos ni solapamientos. Así será mínimo el número de células necesario para cubrir una superficie determinada.

La geometría celular proporciona los emplazamientos de estaciones base y los datos necesarios para los cálculos de interferencias, tamaño de la agrupación celular y distancia de reutilización.

El hexágono resulta adecuado para describir la cobertura de una estación base que radia igual hacia todas las direcciones (cobertura omnidireccional). Esta disposición, es la utilizada cuando la densidad de usuarios (móviles/km^2) es pequeña. En la Figura 2 se ve un conjunto de células omnidireccionales cuyas estaciones base se han representado por letras. Las bases que utilizan los mismos juegos de frecuencias se han designado con la misma letra.

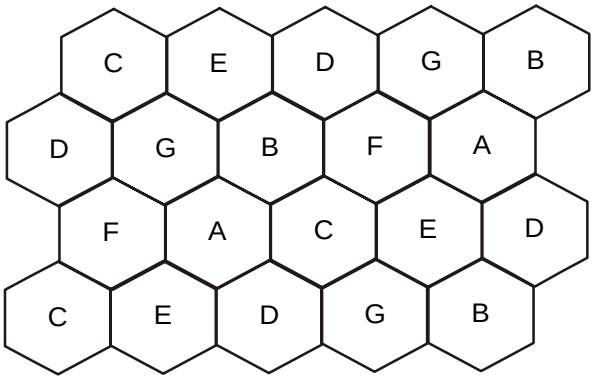


Fig. 2

En entornos urbanos, en los que esa densidad es elevada, se emplean las llamadas estructuras celulares sectorizadas, que son más eficaces para soportar esas altas densidades, debido a su mayor resistencia a las interferencias. En estas estructuras, cada emplazamiento de estación base consta de tres conjuntos de equipos transmisores/receptores los cuales, con sus antenas, definen otros tantos sectores de radiación o células. Las antenas tienen sus direcciones principales de radiación formando ángulos de 120º entre sí, de forma que definen 3 sectores, los cuales, habitualmente, se orientan al N, SE y SO. La forma del diagrama de radiación de cada antena es tal, que la cobertura de cada estación se puede asemejar a un hexágono, de manera que la estructura comprende tres hexágonos con un vértice común,

como se muestra en la Figura 3, en la que se han representado por flechas los ejes de radiación de las antenas que se numeran de 1 a 3.

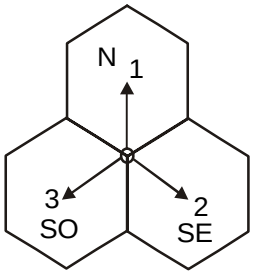


Fig. 3

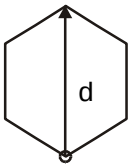


Fig. 4

La distancia de cobertura de cada estación es igual al diámetro del sector (Fig. 4). Cada sector tiene su propia dotación de frecuencias, por lo que es una unidad celular, con una superficie

$$S_{sector} = \frac{3\sqrt{3}\, d^2}{8}$$

donde d es el diámetro.

Si el número de móviles a los que se puede atender con los recursos de frecuencias del sector es N y la densidad prevista de usuarios es m (móviles/km^2) el diámetro del sector debe ser:

$$d = \sqrt{\frac{8\,N}{3\,\sqrt{3}\,m}}$$

Por ejemplo, en GSM con 2 portadoras por sector, puede darse servicio con buena calidad a N = 400 móviles. Suponiendo que en las ciudades la densidad de teléfonos es m = 400 móviles/km^2, resulta d = 1,1 km., que es un valor típico en medios urbanos con densidades moderadas de usuarios. La superficie del sector es S_c = 0,786 km^2. Si la zona de servicio tiene un área de 60 km^2, se requerirán 76 sectores, es decir, 26 emplazamientos de estaciones base.

En las grandes urbes m puede llegar a alcanzar valores superiores a 1000 móviles/km^2, por lo que el diámetro del sector resulta inferior a 1 km.

En la Figura 5 se ilustra una configuración celular constituida por agrupaciones de 4 células sectorizadas, que es muy utilizada en la práctica.

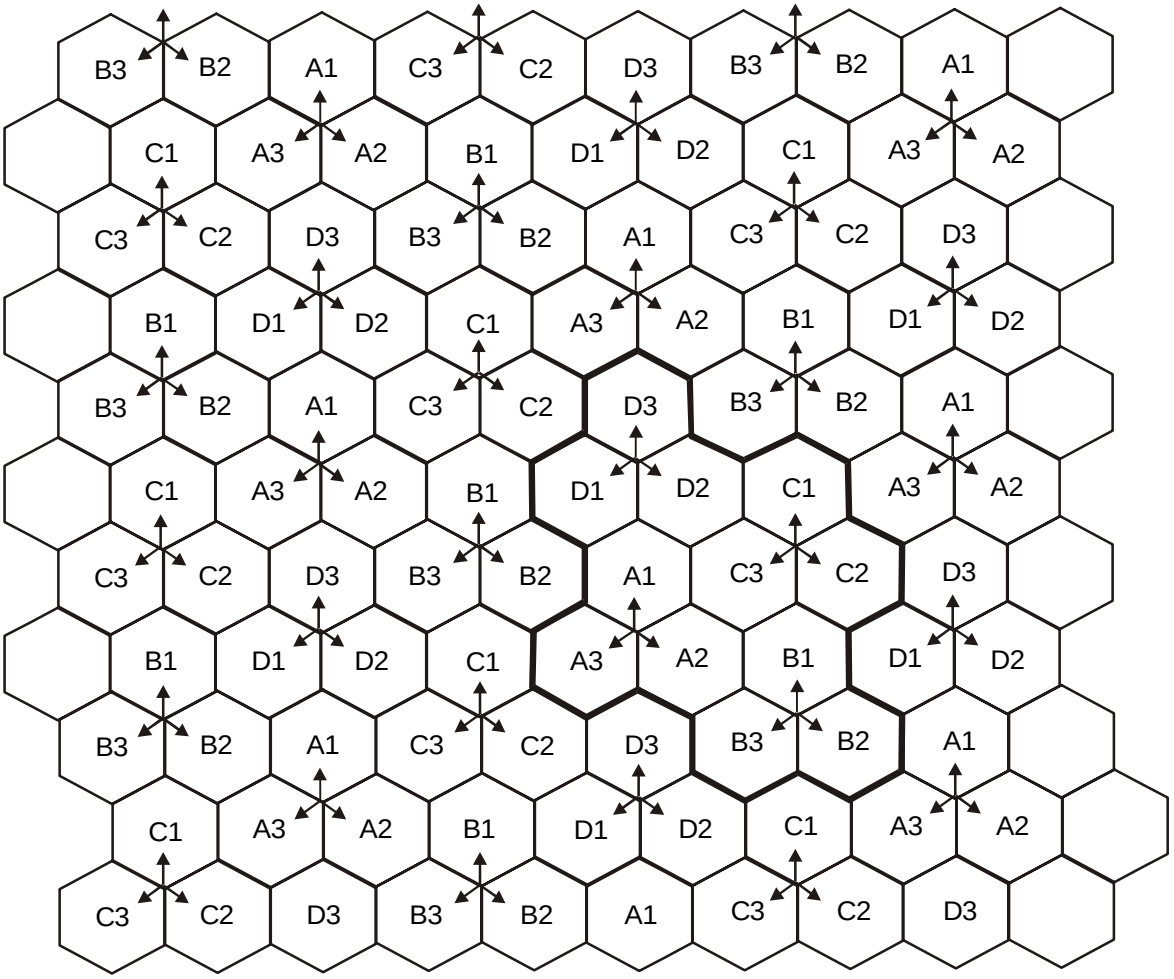


Fig. 5

Estructuras celulares jerárquicas

Como se desprende de la expresión que da el diámetro *d* de la célula, éste es inversamente proporcional a la densidad de usuarios *m.* En la zona de servicio, esta densidad es variable, por lo que también lo será el diámetro de la celda. Generalmente, los operadores dividen la zona de servicio en tres partes, como sigue:

1) Area de gran densidad de usuarios, que corresponde a núcleos urbanos. Se utilizan configuraciones sectoriales con diámetros de 0,7 a 1 km.

2) Areas suburbanas, con densidades de clientes menores, que corresponden a los anillos exteriores residenciales de las grandes urbes. Se emplean estructuras también sectoriales con diámetros de 1 a 3 km.

3) Areas rurales, que abarcan ejes viarios (carreteras, ferrocarriles) y poblaciones con densidades de móviles moderadas. Se planifican células omnidireccionales con radios variables entre unos 3 y 10 km.

Esta regla de planificación tiene numerosos casos particulares, en función del tipo de entorno y de la densidad de tráfico.

En ocasiones no es posible la cobertura de lugares específicos, como pueden ser aparcamientos subterráneos o túneles. Otras veces, la densidad de tráfico de voz o datos es tan elevada que la disposición clásica llevaría a células demasiado pequeñas.

La solución práctica de estos problemas se basa en las denominadas estructuras celulares jerárquicas, que establecen tres capas de células relacionadas entre sí: macrocélulas, microcélulas y picocélulas.

Macrocélulas

Las macrocélulas conforman la mayor parte de la red móvil. Son células de gran cobertura cuya configuración y características radioeléctricas dependen del entorno y resultan aptas para las comunicaciones peatonales y con vehículos. Aunque estos circulen a cierta velocidad, el tiempo de permanencia en las células es suficiente para asegurar la localización de los móviles y el traspaso de las llamadas.

Se distinguen dos tipos de macrocélulas:

1) Macrocélulas omnidireccionales, para áreas rurales. Las antenas constan de un elemento radiante transmisor y dos receptores, montados verticalmente sobre torres a una altura de 30 a 40 m. sobre el suelo. El radio de cobertura suele variar entre 3 y 30 km.

2) Macrocélulas sectorizadas para zonas suburbanas y urbanas. Las antenas se sitúan sobre los tejados de los edificios, en mástiles o torretas a unos 10 m. de altura sobre el tejado. Su montaje es vertical, aunque para delimitar la cobertura superficial del sector se inclinan ligeramente.

El eje de radiación máxima es perpendicular a la antena y debe estar libre de obstáculos. Ello limita la distancia de retranqueo del mástil respecto del borde del edificio, como se ve en la Figura 6.

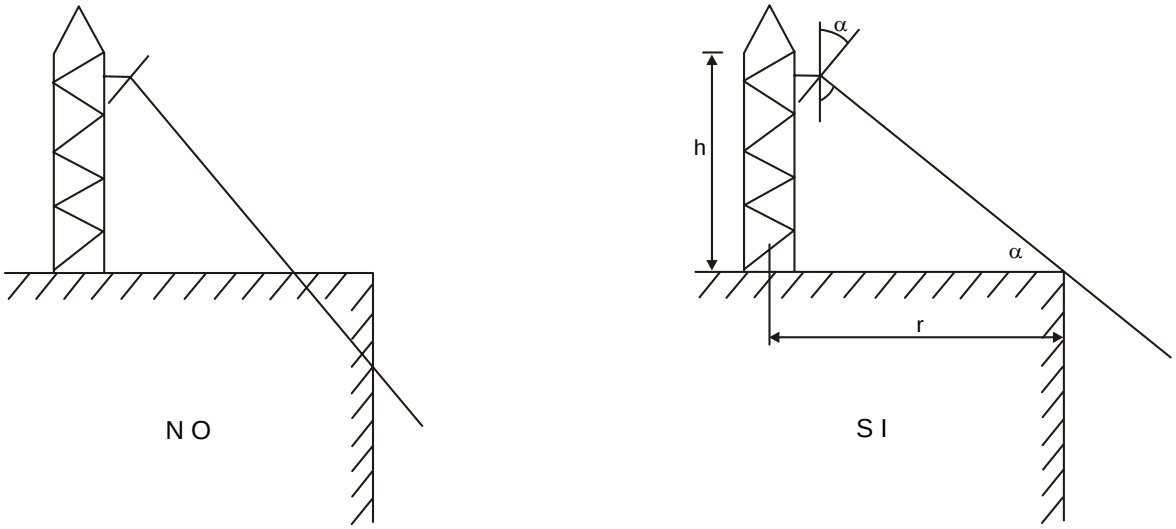


Fig. 6

Las primeras estructuras radiantes tenían cierta complejidad ya que constaban de 3 conjuntos de antenas, compuesto cada uno de ellos, por un panel de transmisión y dos de recepción, separados entre sí de 2 a 3 m., lo que suponía una envergadura notable de la torre. Desde hace unos dos años, se disponen las dos antenas de recepción en un único panel pudiendo, incluso, utilizarse una misma estructura radiante para transmisión y recepción, con lo que las tres antenas por sector de las instalaciones antiguas se reducen a una sola, de manera que el impacto visual disminuye notablemente.

Las células que operan en doble banda de 900 y 1800 MHz han venido utilizando antenas diferentes para cada banda. Las antenas de 1800 MHz tienen la mitad de tamaño que las de 900 MHz y se han integrado en las torres existentes sin aumentar su envergadura. La técnica ha desarrollado, recientemente, paneles duales que albergan antenas de 900 MHz y 1800 MHz, de forma que también con estos paneles se minimiza la estructura radiante.

Las estaciones macrocelulares sectorizadas radian potencias del orden de 50 vatios por sector y por portadora.

Microcélulas

Las microcélulas constituyen una segunda capa celular para proporcionar servicio en áreas cuya densidad de tráfico excede a la que puede atender la red general, como sucede en calles peatonales, zonas de negocios o comerciales, estadios de fútbol o donde la cobertura desde las células exteriores no es posible, como es el caso de interiores de edificios, subterráneos o túneles.

Las microcélulas se basan en la idea de distribuir la potencia por la zona de servicio en pequeñas áreas de cobertura. En consecuencia, se emplean sistemas de antenas sencillos, da baja altura, unos 6 m. sobre el suelo situadas en fachadas o marquesinas de edificios, farolas de alumbrado, paneles de publicidad, etc. integrándose con bastante naturalidad en el equipamiento urbano y no apreciándose a simple vista. Las potencias de las estaciones son reducidas, como también lo es su alcance, que resulta igual a unos centenares de metros. Suelen acoger llamadas procedentes de usuarios estáticos o que se mueven con velocidad peatonal. Las procedentes de vehículos en marcha se transfieren a las macrocélulas, ya que el tiempo de permanencia de esas llamadas en las microcélulas sería demasiado pequeño.

Dado un conjunto de microcélulas, se les asocia jerárquicamente una macrocélula, denominada célula paraguas, que recoge además de las llamadas de vehículos, aquellas que, por saturación, no pueda atender alguna de las microcélulas subordinadas a ella (tráfico de desbordamiento).

La malla microcelular está registrando un notable crecimiento en todas las ciudades, especialmente en sus áreas comerciales y de negocios.

Picocélulas

Las picocélulas forman la tercera capa de la estructura celular jerárquica, prevista para coberturas de extensión muy reducida, con radios de unos 30 m. Conjuntos picocelulares dan servicio a entornos de interiores de elevada densidad de móviles, como son Aeropuertos, Estaciones de Ferrocarril, Banca y Bolsa, Intercambiadores de viajeros, Centros Comerciales y Oficinas.

Las antenas de las picocélulas son también muy sencillas y se instalan en falsos techos, quedando totalmente ocultas a la visión.

Las potencias radiadas son muy pequeñas, con valores similares a los de un teléfono móvil.

Desarrollo de los Planes

Los planes celulares nominales, con células de diferentes tamaños se elaboran a partir de los datos orográficos y urbanísticos del terreno (para cobertura) y los datos de densidad de población y estimaciones de uso del servicio (para capacidad). Un plan celular nominal es una representación gráfica de la red y tiene la forma de un patrón celular sobre el plano. Constituye la base de partida para el proyecto y despliegue de la red.

Una vez disponible el plan, se realizan simulaciones de cobertura y medidas radioeléctricas para ajustar los emplazamientos de las estaciones base, se parametrizan éstas

y se inician las negociaciones con los propietarios de edificios o terrenos para conseguir las autorizaciones correspondientes.

Deben afrontarse en esta fase las siguientes tareas:

1) Localización aproximada de bases.

2) Infraestructuras disponibles para mástiles, casetas de equipos y tiradas de cables.

3) Suministro de energía.

4) Elección de antenas.

5) Impacto visual de las antenas.

6) Localización final.

7) Medidas radioeléctricas.

8) Contratos de alquiler.

Una vez realizada la instalación se efectúan medidas finales (*Drive Test*) con una Unidad Móvil para ratificar los cálculos efectuados y verificar que se cumplen los valores de campo previstos y las normas relativas a los niveles de radiación. En esta fase, de ser necesario, se procede al reajuste de las potencias indicadas. Acabado el proceso se emite una certificación técnica para la Administración.

Planificación genérica de una red de telefonía móvil para Torrejón

Se desarrolla a continuación un ejemplo concreto de planificación celular para la villa de Torrejón de Ardoz, con la finalidad de demostrar la necesidad de instalación de múltiples estaciones base, así como determinar sus características esenciales.

El ejemplo es solo ilustrativo, pero refleja la realidad del despliegue de estaciones necesario para la prestación del servicio de Telefonía Móvil.

Se acompaña un plano con la posible ubicación de las estaciones. Estas ubicaciones pueden desplazarse dentro de la tolerancia admisible.

La planificación parte de una estimación del número de abonados y tráfico telefónico a cursar. Conocido el número de frecuencias y canales, se obtiene el tamaño de la zona de cobertura y, por lo tanto, el número de células y estaciones necesarias.

Para el caso que nos ocupa, se ha estimado una población de 94.000 habitantes, sobre la base de la evolución del Censo, según el cual, en enero de 1998, ese número era igual a 91.186.

Se supone un índice de penetración de la telefonía móvil a nivel nacional del 50%, según estadísticas recientes.

Considerando que la máxima proporción del mercado del operador mayoritario es del 55%, el número de clientes de telefonía móvil previstos en el Municipio, será:

$$M = 94.000 \text{ x } 0.5 \text{ x } 0{,}55 = 25.850 \text{ móviles}$$

La superficie urbana de Torrejón es de 13,413 km^2

En consecuencia, la densidad de móviles será:

$$m\ (mov/km^2) = \frac{25850}{13{,}413} = 1927 \text{ móviles/km}^2$$

Suponiendo que cada sector celular se equipa con 3 equipos transmisores-receptores de radio, es decir se utilizan 3 frecuencias, como en GSM cada frecuencia puede proporcionar 8 canales de servicio se tendrán 24 canales. De ellos se destinan 2 para la señalización y operación del sistema, con lo que resultan 22 canales servidores de tráfico.

Con estos canales y para una calidad de servicio del 99,9% de tentativas de llamadas atendidas, el número de móviles a los que se puede dar servicio es igual a 685, según se deduce de la aplicación de la Teoría del Tráfico Telefónico.
Teniendo en cuenta la densidad de móviles anterior, resulta entonces que el área del sector celular debe ser igual a:

$$685/1927=0{,}355 \text{ km}^2$$

Como cada célula tiene 3 sectores, el área de la célula será:

$$3 \text{ x } 0{,}355=1{,}07 \text{ km}^2$$

Por lo tanto, el número de células será igual a:

$$N_{cel} = \frac{13{,}41}{1{,}06} = \mathbf{13}$$

Habiéndose redondeado por exceso ya que, obviamente, este número debe ser entero.

Para calcular la distancia de cobertura, asimilamos la célula a un hexágono de diámetro *d*, cuya superficie es:

$$S_{sector} = \frac{3\sqrt{3}}{8} d^2$$

Igualando esta área a 0,355 km^2, resulta d=0,74 km.

Se observa que la prestación de servicio requiere el despliegue de 13 estaciones de base tri-sectorizadas. La separación entre las estaciones de base, debe ser por término medio, igual a 1,5*d* que en este caso es:

1,5 x 0,74=1,1 km.

Con estas estimaciones se ha realizado la planificación que se presenta en la Figura 8. Un ejercicio similar al que cualquier compañía operadora de GSM ha realizado para desplegarse en el Municipio, la primera operación para estimar cuantas antenas han de ser instaladas y sus distancias relativas.

La localización exacta de los asentamientos de las antenas es un ejercicio complejo que ha de tener en cuenta los ocho puntos mencionados en el apartado anterior. En el caso que hemos realizado se han adoptado criterios simples como evitar las antenas en el centro de la ciudad o localizar el mayor número posible en zonas abiertas en las que encontrar un emplazamiento óptimo. Adviértase que en el plano se han añadido 3 antenas mas para cubrir los barrios mas periféricos.

En cualquier caso lo que se ha pretendido es proporcionar a los que han de gestionar este Plan Especial el conocimiento de los grados de libertad que se disponen a la hora de elegir un asentamiento específico. Conocimiento que puede ser imprescindible para negociar una licencia de instalación de antena o, si así se considerase oportuno, la preselección por parte del Ayuntamiento de asentimientos predeterminados en los que se optimice el impacto ambiental y se reduzcan los trámites de concesión de licencias.

Es importante recordar en este punto lo que se ha insistido en varias ocasiones: el número de antenas en zonas en las que se espera un tráfico demandado mas intenso, correlacionado con unas densidades de población mayores, está definido mas por tráfico que por cobertura geográfica. En la planificación teórica que se he efectuado hemos asumido este efecto en el centro de la ciudad, supuestamente la mas poblada. En la Figura 9 se muestra un desdoblamiento de células para dicha zona con el fin de aumentar la capacidad de tráfico en ella y disponer de mas “líneas” de móviles para mejorar la calidad del servicio ofrecido.

Figura 7. Planificación teórica de una red GSM en el Municipio de Torrejón, dimensionada a partir de las necesidades de tráfico previstas y cobertura geográfica necesaria



Figura 8. Desdoblamiento de células para proporcionar capacidades de tráfico mayores

Deben determinarse ahora las alturas medias de las antenas de las estaciones base. Para ello se estima la pérdida de propagación hasta la distancia de cobertura, en función del umbral de potencia necesario en recepción. Utilizando valores estándar en estas instalaciones, con una potencia entregada por el equipo transmisor a la línea de conexión de antena igual a 10 W, la pérdida admisible es 134 dB.

Si se utiliza el método de predicción de propagación recomendado por la Acción Europea COST231 para ese valor de pérdida, las antenas de las estaciones base deben estar a unos 5m. sobre los tejados de los edificios.

Tolerancias de los emplazamientos y ajustes posicionales

En numerosas ocasiones las ubicaciones de estaciones base resultantes de la planificación teórica no son viables sobre el terreno, sea porque se trata de edificios singulares o protegidos o porque no se obtienen permisos de los propietarios. En este caso hay que buscar soluciones alternativas, en un círculo alrededor de la posición teórica con un radio del orden del 10% del radio celular, es decir entre 70 y 100 metros.

Si ni siquiera dentro de este círculo es posible la ubicación de la antena, tendrá que distorsionarse la red y procederse a una modificación mayor que puede afectar a dos o mas emplazamientos.

Comparación con los despliegues de las redes existentes

Para extraer conclusiones que pudieran ser utilizadas en una negociación con las operadoras para seleccionar la ubicación de nuevas propuestas de instalación de antenas o la identificación de nuevos asentamientos a alguna de las torres existentes que, por razones derivadas de este Plan Especial o procesos en curso, hubieran de ser re-ubicadas, se incluye en este apartado el análisis comparativo de las antenas de las distintas operadoras con el estudio teórico anterior.

La primera tarea para este análisis fue la elaboración de un inventario de las antenas instaladas por las compañías. El resultado se compendia en la Tabla a continuación[1].

[1] Estos datos corresponden al despliegue de las operadoras GSM en el año 2001

Id	Localización	Características físicas	Potencia radiada	Referencia Fotos
Telefonica-Movistar				
T-1	Grafito, 20	Instalación Base telefonia con torre		No se ha localizado
T-2	Constitución, 11	Sobre edificio Telefónica		T2-Constitucion11-1,2,4,5
T-3	Solana, 17	Torre 25 m., Caseta 13.06m2	Pot: 8.7 KW	T3-Solana17
T-4	Orfebrería, 6	30 m.con banda retranqueo, Caseta 13.06m3	Pot: 9.9 KW	T4-Orfebreria6-1/3
T-5	Pz. Progreso			T5-PzProgreso1/3
T-6	Av. Estaciones			T6-AvEstaciones
T-7	Solana 55			T7-Solana55
T-8	Pz. 12 Octubre			T8-Pz12Octubre
T-9	cerca a Puerto Pajares			T9-Dificil de fotografiar
T-10	La Veredilla			No se ha localizado, pero ha de existir
T-11	Calle de En Medio			No se ha localizado, pero ha de existir
T-12	Entrada 17 S.Fernando			T13-ParqueEB-1
Airtel				
Airtel-1	Lisboa, 37	4 antenas 6.5 m sobre edificio Caseta 8.14 m2	Pot: 15.5 KW	Ai1-Lisboa37. No debe estar en servicio
Ai-2	Granados, 12	mastil 9.30 m.	Pot: 6.6 KW	Ai2-Granados12-1,2,3,4,6,7
Ai-3	Pz. Progreso			Ai3-PzProgreso1
Ai-4	Linde S. Fernando			Ai4-FrenteIndra1/2
Ai-5	Oeste S. Fernando			SurOesteLasMonjasFueraTorrejon
Ai-6				
Ai-7				
Ai-8				EsteAvDescubrimientoFueraTorrejon1/2
Retevisión-Amena				
R-1	Caucho, 16	Torre 40 m. Caseta 13.4 m2	Pot: 6.6 KW	No se ha encontrado
R-2	Constitución, 3	mastil 20 m. Sobre nave 11.7m,Caseta 34 m2	Pot: 6.6 KW	R2-CalleenMedio
R-3	Lisboa, 37	mastil 8m. Sobre edif 9 plantas	Pot: 6.6 KW	R3-Lisboa37, no debe estar en servicio
R-4	Helio, 1	Mastil sobre edif.5.15m 24 sobre calle	Pot: 6.6 KW	R4-Helio1
R-5	Constitución, 34	Mastil sobre edif.4.90m 34.86 sobre calle	Pot: 7.1 KW	No se ha encontrado. Ha de existir
R-6	Rioja, 20	Mastil sobre edif. 3m. 25.82 sobre calle	Pot: 7.1 KW	R6-Asturias-Rioja
R-7	Pizarro,10	Mastil sobre edif. 8m. 23 sobre calle	Pot: 6.6 KW	R7-Pizarro10
R-8	Maestro Sorozábal			R8-MaestroSolorzabal1/3
R-9	MarTirreno/Mediterraneo			MarTirrenoMediterraneo1/3

La Tabla contiene:

1) las antenas que han sido identificadas visualmente y han podido fotografiarse;

2) las antenas que se supone su existencia a la vista del diagrama de radiación y que no han podido verse, presumiblemente porque se encuentran en terrazas en posiciones difícilmente visibles desde las calles;

3) las antenas que se encuentran muy alejadas del término municipal, cuyo impacto mediambiental puede obviarse;

4) las antenas que figuran en el listado del Ayuntamiento en distintos procesos administrativos, algunas de las cuales puede asegurarse que no existen, presumiblemente porque las compañías decidieron no instalar el proyecto del expediente, optando por otros asentamientos alternativos; de hecho, en algunos casos es evidente que las solicitudes iniciales parecen haber sido sustituidas por emplazamientos distintos.

En cuanto a las características físicas y radiantes de las antenas sólo se conocen las de las que de una forma u otra están inmersas en algún proceso administrativo de autorización de licencia por el Ayuntamiento; los datos disponibles en estos casos son los proporcionados por las compañías operadoras correspondientes, muy escasos e imprecisos en su gran mayoría, como puede verse en la Tabla. De hecho, no puede asegurarse que aquellas de las que se conocen estos datos estén radiando con las potencias y estructuras de antena que figuran en los expedientes. Del resto, la mayor parte, el Ayuntamiento no dispone de información alguna, ni de localización, ni de sus características físicas e instalación ni de sus propiedades radiantes.

Esta falta de un inventario de las antenas GSM del Municipio constituye una importante dificultad a la hora de definir el Plan Especial y, mas importante, una vez en marcha el Plan ante cualquier análisis u operación ejecutiva del mismo. Resulta imprescindible, por tanto, que el Plan Especial incluya un conocimiento suficiente de la infraestructura disponible.

La identificación detallada de esas redes GSM desplegadas es una tarea compleja que se incluye a continuación y se completa en las Capítulos III y V siguientes. En las Figuras 9 y 10 siguientes se han incluido todas las antenas: las identificadas y la supuestas de las tres operadoras que ofrecen servicios GSM en el Municipio: Telefónica, Airtel y Amena. La figura compara el despliegue teórico con las redes instaladas por las tres operadoras GSM. Puede verse que, con todas las dificultades debidas a la falta de un conocimiento preciso de la localización geográfica de muchas antenas y de las potencias radiadas, existe una similitud entre los despliegues teórico y reales de las compañías.

Como se ha dicho, el valor de este análisis comparativo es proporcionar a los que han de gestionar el Plan Especial un conocimiento suficiente sobre los aspectos de:

1. La dependencia de la cobertura geográfica y el tráfico soportable por la red (calidad del servicio) y el número de antenas y distribución de las células. Para el Municipio de Torrejón de Ardoz se necesitan alrededor de 13-15 antenas

2. La necesidad de desdoblar celdas cuando por razones de demanda de tráfico son necesarias mas líneas de acceso simultáneas. Lo que significa aumentar el número de antenas, y unas potencias radiadas menores, al tener que cubrir zonas mas pequeñas

3. La flexibilidad disponible para la selección de los emplazamientos para un tráfico y cobertura dados

Entendemos que esos objetivos se han cumplido con el análisis anterior, y, por tanto, no tiene sentido cualquier intento de ajustar nuestra planificación teórica con los despliegues reales de las compañías mas allá de lo que aquí se ha presentado

El estudio físico detallado se presenta en el Capítulo III donde se analizan los aspectos de impacto medioambiental y en el Capítulo V sus características radiantes.

Figura 9. Comparación del despliegue teórico con las redes instaladas por las tres operadoras GSM

Figura 10. Comparación del despliegue teórico irregular con las redes instaladas por las tres operadoras GSM

CAPITULO III.
Infraestructuras radio

Este capítulo se centra en la tecnología de las estaciones base[2] con el objetivo de identificar las posibilidades de optimización del impacto medio-ambiental de las mismas; revisando todos los elementos que configuran las estaciones y condicionan aquel: las antenas, sus soportes y la infraestructura auxiliar. Impacto que esencialmente se valora en dos aspectos concretos: 1) el impacto visual y las posibilidades de mimetización e integración paisajística de las estaciones y 2) los niveles de energía radiada, donde se hace una primera evaluación teórica de la potencia que incide en las zonas próximas a las estaciones.

Equipamiento técnico de estaciones base radio

En la estación de base se encuentran los equipos de radio para las comunicaciones con los teléfonos móviles y las antenas de emisión y recepción.

[2] Las tecnologías de estructuras radiantes corresponden a las disponibles en el año 2001



Figura 11 Elementos de una estación base de GSM

Antenas de los sistemas de radiocomunicaciones

La generación de ondas electromagnéticas por un transmisor de radio constituye el fenómeno de radiación y se realiza por medio de sistemas radiantes o antenas.

Las antenas transmisoras son los elementos encargados de transformar la energía del transmisor en ondas electromagnéticas y radiarlas al espacio. Las antenas receptoras captan la energía que se propaga por las ondas electromagnéticas y la entregan al receptor.

Las antenas tienen dos parámetros fundamentales:

- Directividad
- Polarización

La directividad es una medida de las propiedades direccionales de la antena, es decir, una antena cualquiera no radia la energía por igual en todas las direcciones del espacio, existiendo unas direcciones favorecidas respecto a otras. En estas direcciones se concentra la mayor parte de la energía radiada. Para poder visualizar estas propiedades directivas se utiliza el llamado diagrama de radiación, que proporciona una indicación de la intensidad de radiación emitida en cada una de las direcciones. En la figura 12, se muestran los diagramas de radiación en el plano horizontal (H) y vertical (E) de una determinada antena.

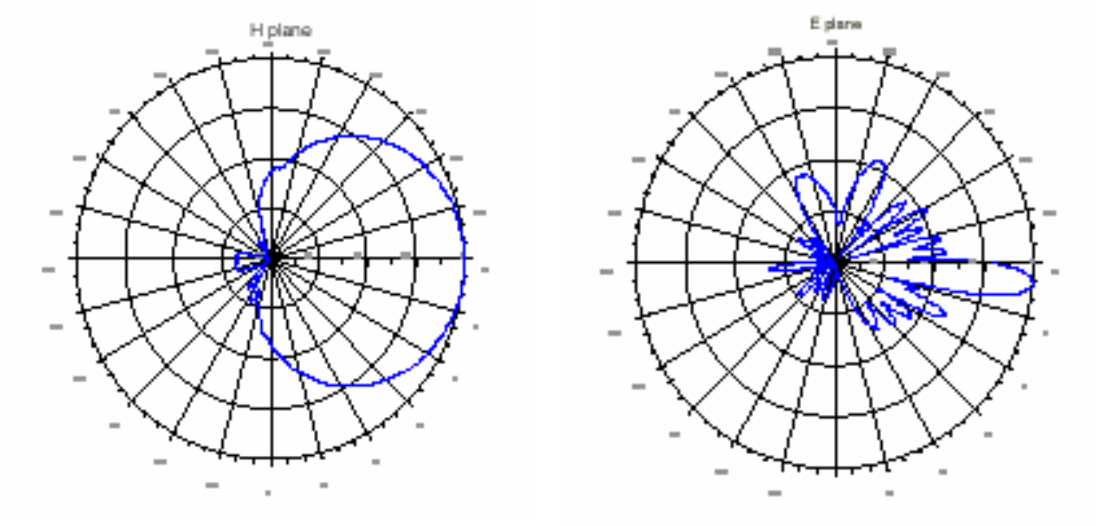


Fig. 12. Diagrama de radiación de una antena sectorial de móviles.

Como puede apreciarse en los diagramas, la radiación se dirige hacia el frente de la antena, con una ligera inclinación, entre 2º y 6º respecto del horizonte, hacia abajo. La radiación de una antena directiva hacia su espalda es unas 200 veces inferior a la radiación en la dirección del máximo, hacia el frente. Lo mismo puede decirse de la radiación hacia el suelo (90º respecto del horizonte).

Además del diagrama de radiación, también se utiliza un parámetro, conocido como ganancia por directividad o simplemente ganancia, que mide el efecto de concentración de la energía radiada en la dirección de máxima.

Asociado con la ganancia está el concepto de potencia isotrópica radiada equivalente (pire), que es el producto de la ganancia de la antena por la potencia entregada por el transmisor. Este valor representa la potencia que debería entregar un transmisor a una antena isotrópica ideal para producir la misma intensidad de radiación en la dirección de máxima ganancia que la antena real.

El segundo parámetro fundamental de una antena es la polarización, que se deba al carácter vectorial del campo eléctrico. La polarización de una onda representa la figura geométrica que describe el extremo del vector campo eléctrico a lo largo del tiempo. La polarización puede ser lineal, circular o elíptica, y en estos dos últimos casos puede ser a derechas o izquierdas, dependiendo del sentido de giro del campo eléctrico.

En el caso de móviles se utiliza polarización lineal vertical, es decir, teóricamente el campo eléctrico describe a lo largo del tiempo una línea vertical. Recientemente, y debido a la evolución de la tecnología de antenas, han aparecido en el mercado antenas con doble polarización (realmente son dos antenas en la misma estructura) que han modificado en

gran medida los aspectos visuales de las estaciones móviles. Estas antenas son conocidas generalmente como antenas *crosspolares*, y las estaciones base que utilizan estas antenas se dice que utilizan tecnología *crosspolar*.

Respecto a otras características, de carácter físico, en la Tabla 1 se recogen algunos datos, que hemos considerado relevantes desde el punto de vista de impacto medioambiental, correspondientes a diferentes antenas. Estas características corresponden a las antenas utilizadas en los sistemas de comunicaciones móviles GSM, tanto en la banda de 900 MHz, como en la banda de 1800 MHz (en general las de 900 MHz tendrán un tamaño doble que las de 1800 MHz).

	Antena 900 MHz	Antena 1800 MHz Tipo 1	Antena 1800 MHz Tipo 2
Altura	2600 mm	1300 mm	650 mm
Anchura x profundidad	200x60 mm	150x50 mm	150x50 mm
Peso	13 Kg	6 Kg	3.5 Kg

Tabla 1. Características típicas de antenas utilizadas en comunicaciones móviles

Como puede apreciarse existen grandes diferencias físicas, aunque las características eléctricas sean equivalentes (columnas 1 y 2), dependiendo de la banda utilizada y de la cobertura que deba abarcar la antena en cuestión. Generalmente, en los sistemas de comunicaciones móviles se utilizan antenas lineales, de las cuales la antena prototipo es el dipolo de media onda. Como su nombre indica, es una antena constituida por un conductor cuya dimensión aproximada es de media longitud de onda, por lo que tienen un tamaño inversamente proporcional a la frecuencia. Así, el tamaño de una antena de estas características será de unos 16 cm, para 900 MHz, y unos 8 cm, para la frecuencia de 1800 MHz.

Dado que el dipolo no es una antena muy directiva (2.13 dB), se utiliza normalmente una agrupación de antenas (*array*). Alguna de las configuraciones típicas que podemos encontrarnos son las formadas por combinaciones de 8x2 o 6x2 dipolos, aunque puede haber otras diferentes. Una pequeña modificación que suele utilizarse habitualmente consiste en dar una pequeña inclinación al haz de la antena, es decir, en lugar de tener el máximo en la dirección perpendicular a la antena (plano horizontal), ésta tiene unos 6° de inclinación hacia abajo respecto al plano horizontal. Independientemente de esta inclinación eléctrica, las antenas pueden tener también una inclinación física. Esta modificación del haz es la que se conoce normalmente como *down-tilt*, que puede ser físico o eléctrico según sea conseguido por uno u otro medio.

Dado que los *arrays* utilizados son bastante directivos y por tanto concentran la mayoría de la energía en ángulos pequeños sobre la dirección del máximo (algunos grados de inclinación respecto a la horizontal), resulta que en el resto de las direcciones radian mucho menos energía. Si además se tiene en cuenta que el dipolo prácticamente no radia nada en la dirección en la que está situado, resulta que una antena situada en la azotea de un edificio radiará bastante poco hacia abajo, o dicho de otra forma, el nivel de señal procedente de una antena será mucho menor en el edificio en el que se halla situada que en los edificios adyacentes. Esta diferencia de señal puede ser más de cien veces inferior en el edificio donde está ubicada la antena que en los edificios colindantes. Mas adelante se proporcionan valores numéricos.

La evolución tecnológica de las antenas permite fabricar antenas "duales", es decir, antenas que pueden trabajar simultáneamente en dos bandas, lo que hace posible que el impacto visual sea menor. Incluso ya es posible el diseño de antenas tribanda, es decir, antenas que permitirán utilizar las bandas de 900 MHz, 1800 MHz y la banda correspondiente a los futuros sistemas de tercera generación UMTS.

En las tabla 2 muestran las características mecánicas y eléctricas de una antena.

Ejemplo: PANEL MY-2000-X GSM&DCS

Doble banda GSM900 + DCS1800

Doble polarización +/- 45º

Ganancia máxima: GSM: 17.5, DCS: 18 dBi

Operación simultánea en ambas bandas

2 ó 4 conectores DIN 7/16 H

Montaje sencillo a tubo en grupo de 3 antenas

Electrostáticamente a masa

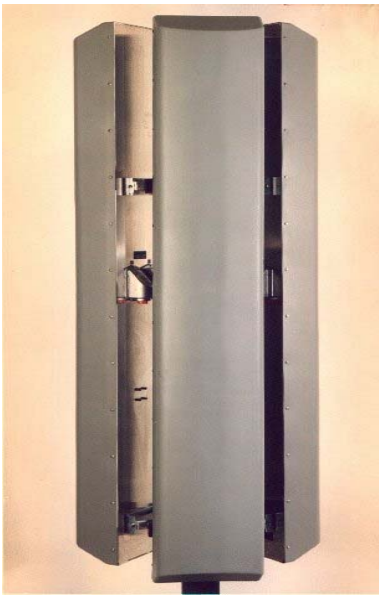


Tabla. 2. Características mecánicas y eléctricas de la antena

Largo	2330 mm
Ancho	452 mm

Profundo	110 mm
Peso	20.5 Kg
Amarres	Para tubo 48-76 mm
Tilt mecánico	10 º
Carga al viento	1590 N (162 Kg) @ 160 Km/h
Temperatura	-55ºC +65ºC

		GSM	DCS	
banda		870¸ 960	1710¸ 1880	mhz
polarización (respecto a la vertical)		+45 / -45		º
apertura horizontal		60± 3	60± 3	º
apertura vertical		7± 0.5	8± 0.5	º
ganancia típica	**2 conectores**	17.3	17.6	dBi
	4 conectores	17.5	18	dBi
potencia máxima		500	250	w
roe	**2 conectores**	< 1.3	< 1.5	
	4 conectores	< 1.3		
downtilt eléctrico		4	4	grados
aislamiento entre polarizaciones		> 30		db
aislamiento entre bandas (en opc. 4 con.)		> 30		db
nivel lobulos laterales		< 11	< 19	db
relación delante / atrás		> 25		db
impedancia		50		Σ
intermodulación		<-110 dbm (> 150 dbc)		2 x 10 w

Sistemas radiantes: seguridad estructural y protecciones

Instalación de antenas

Todas las estaciones base deben tener el correspondiente proyecto que habrá sido realizado por un técnico competente, y deberá observar el cumplimiento de todas las normativas que le sean de aplicación, entre las que deben destacarse las de seguridad en todas sus vertientes (niveles máximos de radiación, instalaciones eléctricas, efectos del viento, etc.)

Desde el punto de vista de los soportes de antenas, aunque no excesivamente, éstos han evolucionado en el sentido de minimizar el impacto visual producido en el entorno. Otros aspectos, tales como los referentes a seguridad, lógicamente deben cumplirse en todas las ocasiones. Los principales cambios que se pueden observar en los últimos años han sido debidos a las antenas utilizadas, que han evolucionado bastante en estos años.

En general podríamos decir que las antenas ubicadas en las estaciones base son de dos tipos, las que sirven para dar cobertura al móvil (denominadas sectoriales) y las que sirven para enlazar la E.B. con el resto de la red, que son directivas y suelen tener un aspecto exterior en forma de tambor (parábola y radomo). Dado que estas últimas antenas no han cambiado, y no siempre están presentes (en muchas ocasiones la E.B. se conecta con el resto de la red por cable), no nos referiremos más a ellas. Únicamente conviene comentar que su diámetro oscila entre 60 cm y 120 cm.

Una de las principales diferencias que podemos encontrar entre las primeras instalaciones de telefonía móvil digital (del analógico no hablaremos ya que desaparecerá en un futuro cercano) y las modernas, es la reducción del número de antenas sobre la estación base.



Fig. 13 Mástil tubular de una Estación Base.

También se puede apreciar a simple vista la segunda diferencia importante, que el tamaño de las antenas se ha reducido.

Comenzando por la segunda diferencia, que no es debida a ninguna evolución de los sistemas ni de las antenas, puede decirse que la disminución del tamaño es debida a la utilización en los nuevos sistemas móviles de una frecuencia superior, habiéndose introducido la frecuencia de 1.800 MHz como ya se ha visto. Como esta es el doble de la de 900 MHz, una antena con las mismas características tendrá la mitad de tamaño aproximadamente.



Fig. 14 Antenas de 900 MHz y 1800 MHz.

En la figura 14 pueden apreciarse juntas dos antenas típicas, una de ellas correspondiente a 900 MHz y la otra a 1800 MHz, junto a un PC para ver el tamaño que suelen tener estas antenas.

La primera y principal diferencia es debida a la evolución de los sistemas y la tecnología de las antenas utilizadas. Uno de los métodos más sencillos y eficientes para evitar los problemas ocasionados por el fenómeno conocido como multitrayecto (la señal del móvil llega a la antena receptora por varios caminos diferentes) es utilizar "diversidad espacial" (la señal se recibe en dos puntos suficientemente separados). La separación aconsejable entre las dos antenas receptoras debe ser al menos de tres metros en la banda de 900 MHz. Otra posibilidad de disminuir los problemas del "multitrayecto" es utilizar "diversidad en polarización" (la señal del móvil que llega a la antena por varios caminos tiene distinta polarización), que no necesita que las antenas estén separadas físicamente, y por tanto pueden estar muy juntas, pero recibiendo dos polarizaciones diferentes. La diversidad de polarización, en general, da peores resultados que la diversidad espacial, pero en entornos urbanos se comporta bastante bien, por lo que se está utilizando mayoritariamente al no necesitar la separación entre las dos antenas. Por tanto, estas dos antenas se ubicarán en el mismo conjunto de soporte y radomo, por lo que un observador exterior lo vería como si fuera una única antena. Esta tecnología es la conocida como "*crosspolar*".

Estas dos diferencias son apreciables visualmente, afectando por tanto al impacto visual que producen las antenas pero, además, también afecta a su mástil soporte, ya que al tener un número inferior (con diversidad espacial se utilizan tres antenas y con tecnología *crosspolar* sólo una) y ser también mas ligeras, el peso total que debe soportar la torre es sensiblemente inferior.

En la figura 15 se muestran dos ejemplos de los dos casos anteriores, el tradicional (diversidad de espacio) y el más moderno con tecnología crosspolar.





Fig. 15. Ejemplo de diversidad espacial y diversidad en polarización.

Una vez vistas las antenas utilizadas en las estaciones base, seguidamente vamos a ver que estructuras se utilizan para sujetarlas. Para ello haremos una primera división en los dos entornos típicos, el urbano y el rural.

1) Entornos urbanos

En los entornos urbanos podemos encontrar los tres tipos de sujeción existentes: Torres, mástiles y estructuras.

Las torres se utilizaron típicamente en los comienzos de la telefonía móvil. Generalmente son de gran tamaño y pueden soportar varias antenas.

Los mástiles son las estructuras más modernas empleadas para sujetar las antenas. Tienen un tamaño variable, siendo utilizados generalmente en la banda de 1800 MHz, y soportando menos antenas que las torres (Fig 16).

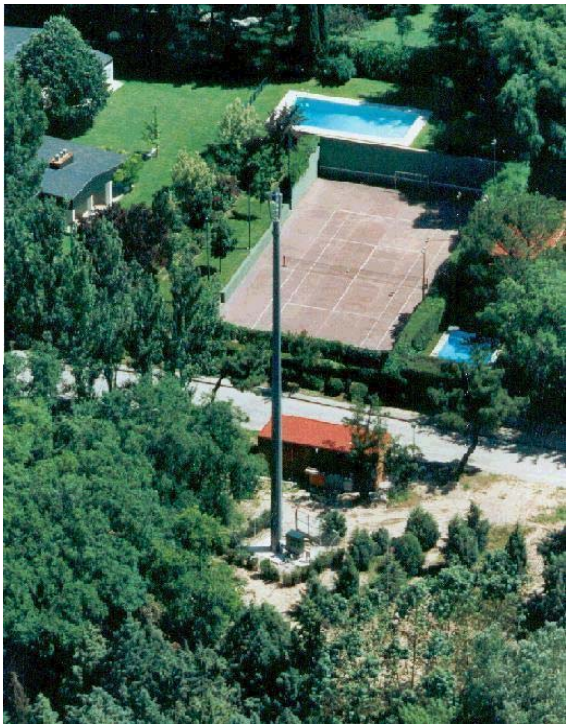


Fig. 16. Ejemplo de un mástil.

Por último, bajo el nombre de estructuras se ha englobado a aquellas que no son torres ni mástiles, y se utilizan para soportar varias antenas (Fig 17).



Fig. 17 Ejemplo de estructura sobre edificio.

Dentro del entorno urbano pueden encontrarse instalaciones especiales, ya que en algunas ocasiones las antenas (cuando son de reducidas dimensiones) se sitúan sobre las estructuras propias de los edificios, pasando prácticamente desapercibidas.

2) Entornos rurales

En este tipo de entornos prácticamente siempre se emplean las torres como soporte de las antenas. Las torres pueden ser de distintos tipos, siendo en general de celosía o tubulares, y autosoportadas. Como ya hemos mencionado anteriormente, puede haber grandes diferencias en el aspecto exterior, ya que algunas torres pueden tener en su parte superior un soporte complementario (ménsula) para conseguir la separación adecuada entre las antenas. Lógicamente si se utiliza tecnología *crosspolar* no es necesaria la ménsula ya que las antenas van prácticamente pegadas a la torre.

De forma general podríamos decir que las estructuras de mayor impacto medioambiental utilizadas en radiocomunicaciones son las siguientes:

Torres de celosía. Son torres autosoportadas de sección cuadrada con cimentación monolítica y hasta 50 m. de altura.

Torres de celosía tronco-piramidales. Se trata de torres autosoportadas, de sección cuadrada y con 4 dados de cimentación, alcanzándose alturas superiores a 100 m. Estas torres no suelen utilizarse en comunicaciones móviles.

Torres tubulares. Se trata de estructuras tronco-cónicas con sección poligonal, realizadas con chapa plegada.

Cálculo de las estructuras

Tal y como se ha comentado anteriormente, toda estación base debe tener el correspondiente proyecto técnico que incluirá la parte correspondiente a la estructura encargada de soportar las antenas. En este apartado se indicarán de forma breve algunas de las normativas que deben cumplir.

En primer lugar el proyecto deberá cumplir con la Norma Básica de la Edificación (NBE) y más concretamente con las normas "NBE-EA-95: Estructuras de Acero en Edificación" y con la "NBE-AE-88: Acciones en la edificación", ya que como esta misma norma indica en el punto 1.1, respecto al ámbito de aplicación: "La norma NBE-AE-88 se aplicará en el proyecto y en la obra de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino".

En la memoria del proyecto figurará un apartado con el título: "Acciones adoptadas en el cálculo", en el que se desarrollarán todos los valores que se han aplicado en el cálculo de cada uno de los elementos resistentes y de su cimentación. En la norma NBE-AE-88 se indican las acciones que en general actúan en las edificaciones, que son las siguientes:

1) Acción gravitatoria.
2) Acción del viento.
3) Acción térmica.
4) Acción reológica.
5) Acción sísmica.
6) Acción del terreno.

También se indican algunos casos en el que se dan simultáneamente más de una de las acciones anteriores.

Desde el punto de vista europeo, a mediados de los ochenta, surgió el programa Eurocódigos, que intentaba publicar una normativa común a todos los estados miembros. El *Eurocode* se organiza en nueve apartados, de los cuales el número tres (equivalente a la NBE-EA-95) es el relativo a las estructuras metálicas, que a su vez se subdivide en partes específicas, tales como: Reglas generales y de edificación, reglas específicas para la comprobación frente al fuego, proyecto de puentes, de torres, mástiles y chimeneas, etc. En resumen, podría decirse que actualmente tenemos las recomendaciones del *Eurocode* y la NBE-EA-95, como posibles normas para aplicar, aunque el primero es mucho más moderno y lógicamente se adapta mejor a nuestros tiempos.

Para el caso concreto del "cálculo de torres de antena de acero" existe una norma, la DIN-4131. Esta norma indica en el punto 1 (ámbito de aplicación) que sirve para todas las torres de antena fija de acero, con excepción de los soportes para antenas domésticas (aquellas antenas con una longitud libre máxima de 6 m, y un par de empotramiento máximo de 120 Kp·m).

En esta norma se definen las torres de antena como estructuras para fines radiotécnicos y constituyen la antena bien por sí mismos (autorradiantes) o se destinan al montaje de antenas. En esta normativa se hace referencia a todos los aspectos que deben ser tenidos en cuenta, tales como la documentación de la obra, las bases de cálculo (donde se tienen en cuenta los diferentes factores que pueden influir, tales como el hielo, la acción del viento o las reglas especiales de dimensionado) y la realización de la construcción (estructuras, cables tensores, aisladores, cimentación, protección de pararrayos y protección contra la corrosión).

Accesorios de las estructuras

Los accesorios principales de las estructuras soporte de antenas, son:

1) Red de tierra y pararrayos: cable de toma de tierra, de sección adecuada y ejecutado en un solo tramo. Pararrayos con punta Franklin (de ser necesario) conectado a la toma de tierra general de la estructura

2) Dispositivos de seguridad y accesos: Plataforma de descenso para el personal y dispositivos homologados de acuerdo con la Ley de Previsión de Riesgos Laborales.

3) Balizamiento nocturno, que en caso de ser necesario utilizará lámparas normalizadas en la estructura y fotocélulas.

Impacto visual. Mimetización e integración paisajística de las antenas

Uno de los objetivos que se buscan a la hora de desplegar una red de telefonía móvil es la minimización del impacto medioambiental.

Aspectos tales como el ruido generado por los equipos, los componentes utilizados en los refrigerantes, el consumo eléctrico y el impacto visual, son asuntos sobre los que se debe trabajar con el fin de minimizarlos en lo posible y adaptarlos al entorno.

Un aspecto en el que se hace especial hincapié, es el relativo al impacto visual, dado el gran número de estructuras y torres necesarias para dar soporte a una red de telefonía móvil. Es necesario minimizar dicho impacto, lo que se consigue adaptando las antenas al

entorno en el que se sitúan cuidando, en especial, los lugares de valor paisajístico o monumental destacable.

Un parámetro que permite la cuantificación de este impacto es la *fragilidad visual*, definido como la susceptibilidad de un paisaje al cambio, cuando se desarrolla un uso sobre él. En la Figura 18 se describe el procedimiento de evaluación de la fragilidad visual.

Los elementos que intervienen en la evaluación de la *fragilidad visual* son los siguientes:

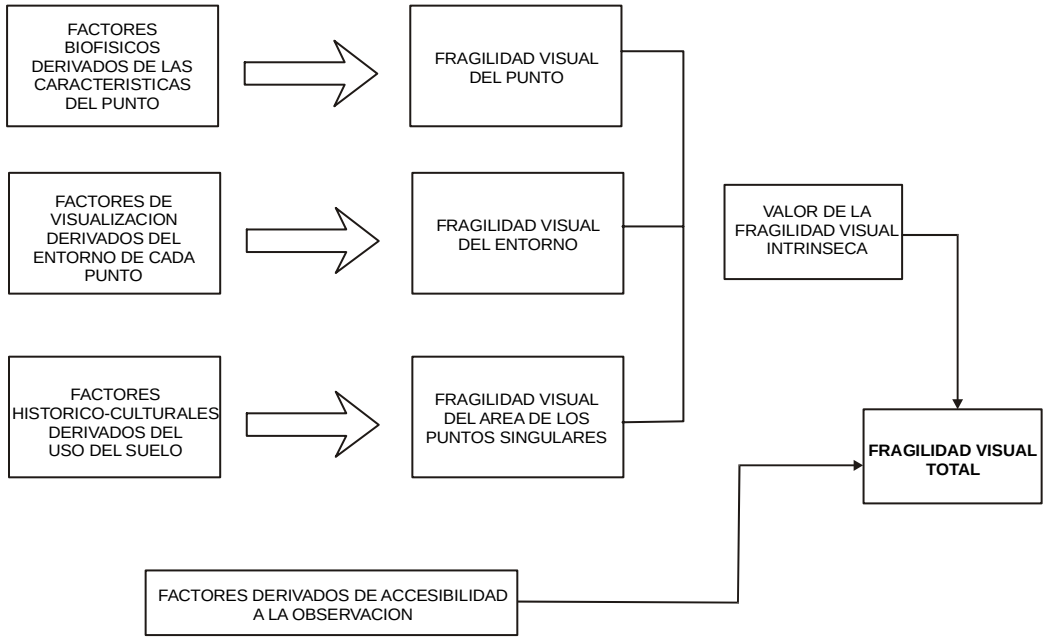


Fig. 18 Componentes del concepto de fragilidad visual

Factores biofísicos, derivados de los elementos característicos de cada punto. Intervienen aquí la pendiente del terreno circundante, vegetación y orientación; la integración de estos factores da lugar a un único valor que mide la fragilidad del punto.

Factores de visualización, derivados de la configuración del entorno de cada punto. Aquí influyen los parámetros de la cuenca visual o superficie vista desde cada punto.

Factores histórico-culturales que tienden a explicar el carácter y forma de los paisajes en función del proceso histórico que los ha producido y son, por tanto, determinantes de la compatibilidad de forma y función de futuras actuaciones en el medio.

Con la suma ponderada de los factores antes mencionados se obtiene la fragilidad visual intrínseca, a la que hay que añadir la variable que mide la accesibilidad a la observación donde se consideran, por una parte, la altura de las torres y, por otra, la distancia y accesibilidad visual desde carreteras y núcleos de población, obteniéndose el índice de fragilidad visual total.

El valor de la fragilidad visual evaluado mediante la metodología expuesta, permite tomar medidas para que el impacto paisajístico sea reducido.

Los métodos genéricos que se utilizan, usualmente, para la reducción del impacto paisajístico son los siguientes:

1) Integración: comprende todas las acciones que se realizan con el fin de conseguir que el elemento potencialmente impactante se transforme en un motivo más del paisaje, modificando el diseño y mejorando o sustituyendo los acabados. Para ello, es necesario adaptar el diseño de las casetas, torres y elementos radiantes. Un aspecto muy importante es que actualmente existen antenas multibanda (GSM, DCS y UMTS) con polarización cruzada, con las que se aporta al sistema una ganancia similar a la que antes se conseguía con diversidad espacial, reduciendo significativamente el impacto visual producido.

2) Camuflaje: grado máximo de integración, ya que la modificación de las características del elemento potencialmente impactante es tal, que se consigue hacerlo difícilmente destacable en el paisaje.

3) Ocultación: actuación tendente a reducir las cuencas visuales afectadas por el desarrollo del proyecto; como ejemplos simples se podrían citar el pintar la torre de verde en zonas boscosas u, ocultación tras paneles anunciadores.

El suministro de energía eléctrica es otro de los factores a considerar. Para ello, se contempla el uso de energías alternativas, particularmente en entornos con alto valor paisajístico donde el suministro de energía eléctrica suponga la instalación de tendidos eléctricos muy largos. Entre las diferentes alternativas pueden destacarse la alimentación por paneles solares, aerogeneradores o, incluso, métodos mixtos como energía solar/grupo electrógeno o aerogeneradores/grupos.

El ruido se localiza en los equipos de aire acondicionado, siendo los principales causantes de este impacto. Los nuevos equipos de aire acondicionado incorporan el denominado *free-cooling* o función de ahorro energético, que permite refrigerar con aire exterior cuando las condiciones lo permiten y, al mismo tiempo, reducir el nivel sonoro. Los diferentes equipos que componen las estaciones de base también son una fuente de ruido, aunque en menor cuantía, debido a encontrarse normalmente en el interior de casetas. Estas casetas están construidas con técnicas y materiales como las estructuras tipo *sándwich* que aportan un excelente aislamiento.

Densidades de flujo de potencia radiada

A los efectos de verificación del grado de cumplimiento de la Normativa sobre exposición a campos electromagnéticos, es necesario calcular el valor de la densidad de flujo de potencia producida por una antena en un punto determinado. La densidad de flujo de potencia (ϕ) mide la potencia que atravesaría una suprficie unitaria colocada perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Se mide en watios/metro-cuadrado. Está relacionada con el campo eléctrico E (voltios/metro) mediante la expresión

$$\phi\,(wat/m^2) = \frac{E^2\,(\text{voltios/m})}{120\,\Pi}$$

También puede calcularse a partir de la **pire** radiada por la antena cuando no hay obstáculos entre ésta y el punto de evaluación, como sigue:

$$\phi\,(\text{watt/m}^2) = \frac{\text{pire (watt)}}{4\Pi\,\text{d}^2(m)}$$

donde d es la distancia entre la antena y el punto en cuestión.

Como las normas de protección establecen un valor máximo de flujo de potencia ϕ , la expresión anterior puede utilizarse para calcular la distancia mínima a partir de la cual se cumplirá dicho valor, conociendo la pire de la antena

De la fórmula anterior se desprende que la densidad de flujo de potencia es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y depende de la directividad de la antena, de forma que fuera del máximo de radiación de ésta, la densidad de flujo cae rápidamente

Si además existen obstáculos en el trayecto de propagación de radiación, el nivel será todavía menor. La atenuación, es decir, la reducción que sufre la densidad de flujo de potencia cuando se interpone una pared, depende en gran medida de cómo esté hecha la pared pero es, como mínimo, de un factor 10 para una pared delgada. Para una pared maestra o, un suelo forjado, la atenuación es superior a un factor igual a 100.

Se han realizado estudios sobre este tema y efectuado medidas en instalaciones reales en azoteas, buscando y registrando el valor máximo de densidad de flujo de potencia, resultando unos niveles muy inferiores al valor considerado como inocuo.

A modo de ejemplo, se detallan a continuación los cálculos de densidad de potencia para dos escenarios típicos: las viviendas situadas en el edificio donde están las antena e

inmediatamente debajo de éstas, y las viviendas situadas en el edificio de enfrente de las antenas.

En estos casos, la densidad de flujo de potencia, a una distancia *d*, se calcula mediante la expresión:

$$\phi = (mW / cm^2) = \frac{0{,}1 \cdot p_{ant}(w) \cdot g_{dir}}{4 \cdot \pi \cdot d^2(m) d_s \cdot l_{pen}}$$

donde:

p_{ant} : Potencia entregada a la antena, en watios.

g_{dir} : Ganancia de la antena en la dirección deseada, igual a g_{iso}/l_s.

g_{iso} : Ganancia isótropa de la antena, en la dirección de máxima radiación.

l_s : Pérdida de la antena en la dirección deseada.

d : Distancia de la antena al punto de evaluación.

l_{pen} : Pérdidas de penetración en edificios.

1) Viviendas situadas en el mismo edificio donde está la antena e inmediatamente debajo de ésta.

Se considera como caso peor una pérdida por penetración de la radiación en el forjado del edificio moderada, que se ha estimado en l_{pen} = 32 veces (15 dB). La distancia d, es $d = h_a + h_t$, donde h_a es la altura de la antena sobre el suelo de la terraza, y h_t la altura media del piso; la ganancia de la antena en la dirección del piso de abajo suele ser más de 200 veces inferior a la de máxima radiación: p_{ant} = 12,59 W (41 dBm); g_{iso}= 63,1 (18 dBi); l_s = 200 (23 dB); h_a = 3,5 m; h_t = 1,4 m; l_{pen} = 32 (15 dB).

Aplicando la ecuación anterior, se obtiene una densidad de flujo de potencia en la vivienda inmediata inferior a las antenas:

$$\phi(mW / cm^2) = \frac{0{,}1 \cdot 12{,}59 \cdot 63{,}1}{4 \cdot \pi \cdot 5^2 \cdot 200 \cdot 32} = 3{,}95\ 10^{-5}\ \text{mW/cm}^2$$

Este valor es 25000 veces inferior al límite establecido en la Recomendación del Consejo Europeo para las frecuencias de UMTS (2000 MHz).

2) Viviendas situadas en el edificio de enfrente de donde está la antena.

La pérdida por penetración en el edificio de enfrente, supuesta la entrada de las ondas a través de una pared con ventanas, se evalúa en el caso peor igual a l_{pen}= 3 (5 dB), ; sea la distancia al edificio de enfrente d_e = 20 m y la diferencia de alturas, generalmente dominante la de la antena, de sólo d_{dif} = 4 m. Entonces $d^2 = (ha+d_{dif})^2+d_e^2$ = 481; con esta geometría, la antena presenta una ganancia unas 100 veces menor respecto a la dirección máxima.

$$\phi(mW/cm^2) = \frac{0{,}1 \cdot 12{,}59 \cdot 63{,}1}{4 \cdot \pi \cdot 481 \cdot 100 \cdot 3} = 43.10^{-6}$$

Se obtiene una densidad de potencia de 22.000 veces inferior al límite establecido en la Recomendación del Consejo Europeo para las frecuencias de UMTS (2000 MHz).

En consecuencia, se ve que típicamente, los niveles de densidad de potencia radiada por una estación de base se ajustan a la normativa y son muy inferiores a los que se establecen como valores de referencia.

Análisis del impacto visual de las antenas GSM del Municipio de Torrejón de Ardoz

Este trabajo ha consistido en una exhaustiva inspección visual realizada en todo el Municipio para la detección de las antenas GSM instaladas. El trabajo no ha sido sencillo dado que muchas de las antenas supuestamente instalados no existen; otras instaladas no parecen emitir y; de otras muchas resulta difícil su identificación visual, por lo que su existencia ha sido supuesta en función de las medidas de campo realizadas. Todos estos situaciones, adelantadas en el Capítulo II, se indican en las tablas que siguen.

Se presentan a continuación las fotografías de las antenas que han sido localizadas de las tres compañías proveedoras de redes GSM, con el objetivo de facilitar la definición de criterios concretos para la evaluación, de acuerdo con los conceptos anteriores, del impacto mediambiental provocado por las mismas. En este apartado del Plan Especial no se pretende hacer un juicio del impacto medioambiental de cada antena del Municipio, sino, como hemos dicho, fundamentar criterios de evaluación concretos. Para contribuir a ese fin las fotografías han sido tomadas y seleccionadas para:

1. Facilitar información para el inventario de antenas de radiocomunicación de móviles, aportando detalles sobre las características físicas de las antenas instaladas, su variabilidad y, consecuentemente, los grados de libertad disponibles a la hora de abordar una instalación concreta

2. Aportar una primera impresión cualitativa de los grados distintos de impacto que se pueden provocar en función de la tecnología de antenas utilizada y el entorno en el que ha sido instalada
3. Identificar aquellos casos en los que, sin necesidad de criterios finos, es patente que se trata de situaciones de gran impacto que requieren decisiones concretas

Antenas de la red Movistar de Telefónica

Telefonica-Movistar			
Ref.	**Dirección**	**Identificación fotografías**	**Comentarios**
T-2	C/ Constitución, 11	T2-Constitucion, 11 Fotografías: 1,2,4,5	Sobre edificio de Telefónica. Antena voluminosa en el centro de la ciudad de gran impacto visual desde múltiples ángulos
T-3	C/ Solana, 17	T3-Solana17 Fotografías: 1,2,4,5	Torre de 25 m.., Caseta 13.06 m2
T-4	C/ Orfebrería, 6	T4-Orfebreria, 6 Fotografías: 1,3	Torre de 30 m.. con banda retranqueo, Caseta 13.06 m2
T-5	Pz. Progreso	T5-Pz. Progreso Fotografías: 1	Impacto visual importante
T-6	Av. Estaciones	T6-AvEstaciones Fotografías: 1	Impacto visual escaso
T-7	C/ Solana, 55	T7-Solana, 55 Fotografías: 1	Impacto visual escaso
T-8	Pz.. 12 Octubre	T8-Pz. 12 de Octubre Fotografías: 1	Impacto visual escaso
T-9	cerca a Puerto Pajares	T9-Dificil de fotografiar	Impacto visual escaso
T-10	La Veredilla	No se ha localizado, pero ha de existir	Impacto visual escaso
T-11	C/ de En Medio	No se ha localizado, pero ha de existir	Impacto visual escaso
T-12	Entrada 17 S.Fernando	T13-ParqueEB-1 Fotografías: 1,2	Torre






T2 Constitución, 11.1


T2 Constitución, 11.3


T3 Solana, 17


T4 Orfebrería, 6.1


SE VENDE TLF 656 0912
T4 Orfebrería, 6.3


T5 Plaza Progreso, 1

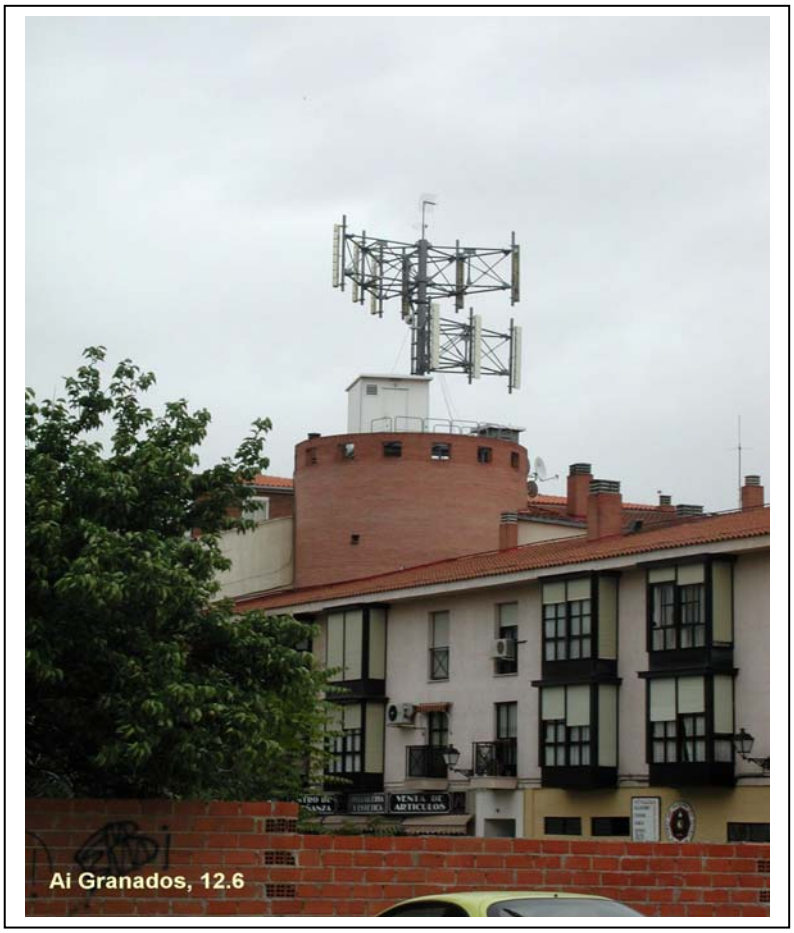

REVOLSA
T6 Avda.Estaciones


T7 Solana, 55


T8 Plz. 12 de Octubre

Antenas de la red Airtel

Airtel			
Ref.	**Dirección**	**Identificación fotografías**	**Comentarios**
Ai-1	C/ Lisboa, 37	Ai1-Lisboa 37. No debe estar en servicio Fotografías: 1 Página xxx	4 antenas 6.5 m sobre edificio, Caseta 8.14 m2 Impacto escaso
Ai-2	C/ Granados, 12	Ai2-Granados12 Fotografías: 1,2,3,4,6,7 Páginas xxx	Antena voluminosa en el centro histórico de la ciudad de gran impacto visual desde múltiples ángulos. Con diferencia la de mayos impacto de Torrejón de Ardoz
Ai-3	Pz. Progreso	Ai3-PzProgreso Fotografías: 1 Página xxx	Impacto visual escaso
Ai-4	Linde S. Fernando	Ai4-FrenteIndra Fotografías: 1,2 Páginas xxx	Torre
Ai-5	Oeste S. Fernando	SO Las Monjas fuera de Torrejón	Impacto visual nulo
Ai-6			
Ai-7			
Ai-8	Este Torrejón	Este Av. Descubrimiento fuera de Torrejón	Impacto visual nulo


Ai Granados, 12.6


Ai Granados, 12.2


Ai Granados, 12.4


Ai Granados, 12.7


Ai3 Plaza Progreso,1


ORU
Ai4 Frente Indra, 2


Ai4 Frente Indra, 1

Antenas de la red Amena de Retevisión-Auna

Retevisión-Amena			
Ref.	**Dirección**	**Identificación fotografías**	**Comentarios**
R-2	C/ Constitución, 3	R2-Calle en Medio Fotografías: 1 Página xxx	Mástil 20 m. Sobre nave 11.7m,Caseta 34 m2
R-3	C/ Lisboa, 37	R3-Lisboa 37, no debe estar en servicio Fotografías: 1 Página xxx	Mástil 8m. Sobre edificio 9 plantas Escaso impacto
R-4	C/ Helio, 1	R4-Helio 1 Fotografías: 1 Página xxx	Mástil sobre edif.5.15m 24 sobre calle Escaso impacto
R-5	C/ Constitución, 34	No se ha encontrado. Ha de existir	Mástil sobre edif.4.90m 34.86 sobre calle
R-6	C/ Rioja, 20	R6-Asturias-Rioja Fotografías: 1 Página xxx	Mástil sobre edif. 3m. 25.82 sobre calle Escaso impacto
R-7	C/ Pizarro,10	R7-Pizarro10 Fotografías: 1 Página xxx	Mástil sobre edif. 8m. 23 sobre calle Escaso impacto
R-8	C/ Maestro Sorozábal	R8-MaestroSolorzabal1/3 Fotografías: 1 Página xxx	
R-9	C/ MarTirreno	MarTirrenoMediterraneo1/3 Fotografías: 1 Página xxx	

OJO la R-2 no es la de C/ en medio


R1 Lisboa, 37




R6 Asturias-Rioja


R7 Pizarro, 10


R8 Maestro Solorzabal. 3


R8 Maestro Solorzabal. 3


R8 Maestro Solorzabal. 1


R9 Mar Tirreno Mediterraneo 1


MIKO
R9 Mar Tirreno Mediterraneo 2

CAPITULO IV.
Seguridad radioeléctrica. Efectos sobre la salud de las estaciones radiantes de las redes urbanas de radiocomunicación

El presente Capítulo analiza la influencia que las emisiones de las estaciones de radio tienen o pueden tener en la salud de los seres vivos. Aspecto enormemente sensible en el que no resulta sencillo elaborar una opinión y mucho menos una normativa. Porque el problema esencial aquí no es solo si las torres radiantes están dentro o fuera de la normativa, sino si la normativa refleja y protege de todos los efectos que las emisiones de radio pudieran tener sobre los seres vivos. Por esa razón el capítulo tiene un doble objetivo: 1) presentar la normativa vigente y 2) ofrecer una breve revisión del conocimiento científico disponible en la materia, relacionándolo con los fundamentos de la normativa vigente para identificar sus deficiencias; como mejor manera de crear una base de conocimiento y concienciación sobre el tema, científicamente soportadas, en el Plan Especial.

En el capítulo se presenta, además, la normativa vigente sobre los niveles de protección de seguridad así como otras ordenanzas y recomendaciones, adoptadas o propuestas por ciertas comunidades y regiones en el mundo ante esta situación, motivadas por la preocupación de ciertas organizaciones de incorporar a la normativa vigente algunas precauciones adicionales, derivadas de los informes científicos que se van publicando. Para facilitar la lectura de este capítulo, los textos pertinentes de la normativa y de las demás recomendaciones se han colocado en un Anexo al final del Plan Especial.

El problema

El uso extensivo de teléfonos móviles ha ido paralelo a un intenso debate publico sobre sus posibles efectos biológicos nocivos, en concreto, de los efectos de las radiaciones de radiofrecuencia procedentes de los teléfonos celulares y de las estaciones fijas que reciben y trasmiten la señal. Aunque el nivel de la radiación recibida es muy superior en el caso de los teléfonos móviles, dado que están mucho mas cerca de algunas partes del cuerpo, los ciudadanos en general han manifestado siempre su preocupación por la radiación que incide sobre todo el cuerpo proveniente de las estaciones de las redes de móviles. Comprensible si se tiene en cuenta que la utilización del teléfono móvil es un acto voluntario cuyo beneficio es intrínseco a su utilización mientras que la presencia de una antena próxima es algo que no se ha elegido y su beneficio no se percibe tan fácilmente.

Es evidente que el avance imparable de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones se está produciendo sin un esfuerzo paralelo de proporcionar a la población una información suficiente sobre la naturaleza del tipo de radiación que estas tecnologías emplean y sin provocar un análisis previo en la comunidad científica sobre sus posibles consecuencias sobre la salud de la población.

La compleja naturaleza de los campos de radiofrecuencia (RF) empleados en las telecomunicaciones móviles es un factor que complica enormemente el problema. Los efectos biológicos podrían estar asociados a múltiples factores: los niveles de potencia media o instantánea, los valores de las frecuencias de sus portadoras, la estructura temporal de las emisiones, las formas de modulación, etc.; complicando enormemente los diseños experimentales de los estudios científicos y la validez de sus conclusiones. Por ejemplo: la potencia media de las antenas de los teléfonos móviles digitales es menor que la potencia que empleaban los modelos analógicos, sin embargo, la potencia máxima de los primeros es mayor y las formas de radiación son diferentes. Estas diferencias pueden influir en la generación de efectos nocivos desconocidos sobre el ser humano.

A su vez, al disminuir los costes de la tecnología de telefonía móvil su uso sigue aumentando exponencialmente y ello genera un aumento no solo en los niveles globales de exposición de la población a los campos de radiofrecuencia asociados sino nuevas frecuencias y usos del espectro que pudieran ser responsables de efectos no identificados. En cualquier caso, esa complejidad no altera la convicción de que solo existe una alternativa posible: evaluar el riesgo para la salud debido a la exposición de cualquier tipo de radiación mediante estudios científicos *ad hoc* profundos, que determinen la influencia de estos campos en el estado de salud general de la población, desde la perspectiva de la Organización Mundial de la Salud que define la salud como un estado de bienestar físico, mental y social y no meramente como la ausencia de enfermedad.

Hasta hace poco la explicación científica de los efectos que las radiaciones electromagnéticas producen en los seres vivos se enmarcaba en un sencillo paradigma: los efectos de las radiaciones no-ionizantes están asociados a los procesos térmicos que aquellas provocan en los tejidos. Consecuentemente, las radiaciones electromagnéticas implicarán un riesgo para la salud pública solo cuando las energías absorbidas por los tejidos superan unos umbrales de calentamiento a partir de los que se pueden iniciar procesos dañinos.

Desde este paradigma, amparados por la seguridad que da el conocimiento preciso de los mecanismos de absorción de la energía y de las alteraciones biológicas que desencadena la elevación térmica, es posible definir una normativa de protección fiable. Considerando únicamente los efectos térmicos, los criterios de seguridad de la normativa en vigor resultan claros: la energía absorbida para garantizar la ausencia de efectos térmicos perjudiciales para los seres vivos debe ser significativamente menor que los valores del metabolismo basal. Criterio: habrán de evitarse energías que provoquen elevaciones superiores a 1 grado centígrado; que implican valores de SAR (ver su significado mas adelante):

SAR Medio .....0.4 a 0.08 W/Kg

SAR Máximo.....8.0 a 1.6 W/Kg

Esta situación, sin embargo, empieza a desestabilizarse recientemente como resultado de la descripción en la literatura científica de otros efectos biológicos para energías muy por debajo de aquellas que provocan efectos térmicos, lo que obliga a plantear hipótesis sobre la existencia de mecanismos de interacción, desconocidos, de la RF con los tejidos, distintos de los térmicos; en definitiva a revisar nuestro sólido paradigma térmico.

La polémica está servida. Y no es, ni será, pequeña si se advierte que incide en unos sectores (de la distribución de energía eléctrica, de las comunicaciones por radio, de los aparatos y dispositivos electrónicos, etc.) que mueven magnitudes económicas casi inmensurables y, quizás más importante, constituyen pilares esenciales e inevitables de nuestras vidas y de nuestra organización social

La medida de la energía absorbida por los tejidos (*del Real Decreto 1066/2001*)

En el contexto de la exposición a las emisiones radioeléctricas, se emplean habitualmente las siguientes magnitudes físicas:

1. La corriente de contacto (Ic) entre una persona y un objeto se expresa en amperios (A). Un objeto conductor en un campo eléctrico puede ser cargado por el campo.

2. La densidad de corriente (J) se define como la corriente que fluye por una unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de la corriente, en un conductor

volumétrico, como puede ser el cuerpo humano o parte de éste, expresada en amperios por metro cuadrado (A/m^2).

3. La intensidad de campo eléctrico es una magnitud vectorial (E) que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios por metro (V/m).

4. La intensidad de campo magnético es una magnitud vectorial (H) que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m).

5. La densidad de flujo magnético o inducción magnética es una magnitud vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en teslas (T). En espacio libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia 1 A/m = 4×10^{-7} T.

6. La densidad de potencia (S) es la magnitud utilizada para frecuencias muy altas, donde la profundidad de penetración en el cuerpo es baja. Es la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, y se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

7. La absorción específica de energía (SA, *specific energy absorption*) se define como la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico, expresada en julios por kilogramo (J/kg). Se utiliza para limitar los efectos no térmicos de la radiación de microondas pulsátil.

8. El índice de absorción específica de energía (SAR, *specific energy absorption rate*), se define como potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, y se expresa en vatios por kilogramo (W/kg). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a las emisiones radioeléctricas. Junto al SAR medio de cuerpo entero, los valores SAR locales son necesarios para evaluar y limitar una deposición excesiva de energía en pequeñas partes del cuerpo como consecuencia de unas condiciones especiales de exposición. Ejemplos de tales condiciones son: la exposición a las emisiones radioeléctricas en la gama baja de Mhz de una persona en contacto con la tierra, o las personas expuestas en el espacio adyacente a una antena.

De entre estas magnitudes, las que pueden medirse directamente son la densidad de flujo magnético, la corriente de contacto, la intensidad del campo eléctrico y la del campo magnético y la densidad de potencia.

La interacción de las radiaciones electromagnéticas con los tejidos: efectos térmicos *vs* efectos no-térmicos

La mejor manera de identificar y entender los posibles efectos que las radiaciones electromagnéticas pueden tener sobre los tejidos vivos es aislar los mecanismos de interacción del tejido con las radiaciones. Atendiendo a estos mecanismos los efectos biológicos sobre el tejido vivo de los campos eléctricos y magnéticos, generados por una fuente electromagnética cercana, pueden clasificarse en dos clases distintas: térmicos y no térmicos.

Efectos térmicos

Los efectos térmicos se originan por el incremento de la temperatura producido por la absorción de campos eléctricos oscilantes. La fuerza producida por un campo eléctrico en componentes cargados, como por ejemplo iones móviles en el interior del cuerpo humano, genera sobre ellos un movimiento que origina una corriente eléctrica. La resistencia eléctrica del tejido al paso de estas corrientes eléctricas produce un calentamiento que aumenta la temperatura local de la zona afectada. Posteriormente el intercambio térmico con las regiones cercanas y el flujo sanguíneo equilibra de nuevo la temperatura de la zona expuesta a la radiación.

Dado que el equilibrio térmico responde a unos procesos lentos, con unas constantes de tiempo en el rango de unos pocos minutos después de haberse aplicado la radiación electromagnética, los efectos térmicos de las radiaciones, en definitiva las variaciones del equilibrio térmico, se determinan por la potencia media absorbida. Así, para una exposición a una radiación dada tendremos un equilibrio térmico nuevo caracterizado por una SAR determinada, que podría presentar ligeras oscilaciones si la radiación recibida estuviera pulsada.

Asumiendo que sólo existieran efectos térmicos es difícil encontrar localizaciones con niveles de energía suficientes como para elevar 1ºC la temperatura del tejido. Por ejemplo con terminales de móviles, que producen niveles de exposición mayores que con las estaciones base, no se ha podido demostrar experimentalmente que los campos de RF inducidos de los teléfonos generen cambios térmicos en la cabeza. Como orientación se presentan los siguientes resultados, tomados de uno de los muchos trabajos publicados recientemente sobre el tema: para una antena dipolo de 915 MHz con una potencia media de salida de 0,25 W, se obtuvo una SAR de 1,6 W/Kg y un incremento térmico de 0.11 º C; y con una antena monopolo en caja metálica (0,25 W, frecuencias de 900 a 1800 MHz), orientación vertical y horizontal, se obtuvieron valores de SAR similares al estudio anterior y elevaciones térmicas de 0,1 ºC.

Efectos no térmicos

Para explicar ciertas evidencias experimentales de efectos en los seres vivos con energías muy por debajo de las que se necesitan para explicar esos efectos por elevaciones de temperatura se han postulado algunas hipótesis de mecanismos de interacción que indicamos brevemente a continuación.

Impacto en el ADN. La energía cuántica de una radiación de 0,9 y 1,8 GHz es 4 y 7 μeV, respectivamente. Si consideramos que la energía necesaria para conseguir romper los enlaces químicos de la moléculas genéticas (ADN) es de 1eV, no parece probable que los campos de RF sean capaces de dañar el ADN, como origen de un futuro proceso cancerígeno.

Ruido térmico y resonancia molecular. La radiofrecuencia podría producir otro tipo de efectos siempre que la influencia de los campos eléctricos en el tejido biológico no quede enmascarada por el ruido térmico (movimiento producido por la energía térmica que poseen las moléculas y que depende de su temperatura y de la constante de Boltzmann). Si tenemos en cuenta que el valor medio de esta energía es de 26meV, podemos disponer de un umbral objetivo para identificar posibles efectos producidos por un campo eléctrico.

Además, podrían existir efectos de resonancia biológica. Aunque parezca que ese valor de energía térmica es mayor que el generado por el campo eléctrico, en el caso en que la frecuencia del campo eléctrico sea similar a la frecuencia de resonancia de las moléculas, este efecto de resonancia podría generar energías superiores en el tejido biológico. En el caso del movimiento de iones, la diferencia entre el movimiento producido por un campo eléctrico de 100 V/m y su energía térmica es superior a 10^{15} por lo que se puede afirmar que el movimiento iónico no estaría afectado por efectos no térmicos. Sin embargo esta suposición no sería igual de correcta en el caso de considerar moléculas grandes.

Atracción molecular por efecto del campo eléctrico. Los campos eléctricos polarizan las células haciéndolas actuar como dipolos eléctricos que se atraen o repelen. Como en el caso anterior, aunque las energías de atracción molecular producidas por los campos eléctricos son mucho menores que las energías térmicas, no se puede excluir que no estén afectados por el tipo de estructura molecular del tejido biológico.

Corrientes eléctricas a través de la membrana celular. La aplicación de un campo eléctrico puede afectar a las propiedades eléctricas no lineales de la membrana celular, al potencial de membrana y a las proteínas que actúan como canales de flujo iónico en la membrana celular. Sin embargo, los tiempos de respuesta de las “compuertas iónicas” son mucho más lentos que el período de las frecuencias de microondas. Considerando un campo eléctrico de 200 V/m, el cambio relativo del potencial de membrana es muy pequeño por lo que no parece que se puedan producir efectos biológicos por este tipo de procesos.

Descomposición de proteínas por radiación de microondas. La radiación de microondas puede producir una descomposición de las proteínas. Se han realizado

experimentos en hornos de microondas a frecuencias de 2,45 GHz. Estos experimentos no han sido replicados.

Influencia de la coherencia de los campos electromagnéticos. Existen estudios experimentales que soportan la hipótesis de la influencia de la coherencia de los campos electromagnéticos en la interacción de éstos con el tejido biológico.

Por todo ello en el caso de las estaciones base, los efectos no térmicos, con unos valores de los campos eléctricos entre 2 a 5 V/m e inferiores en el interior del cuerpo, el único mecanismo que podría generar un efecto biológico sería el fenómeno de resonancia a una determinada frecuencia. Los estudios analizados, sin embargo, permiten concluir que no existe evidencia para soportar una conducta resonante de los tejidos biológicos. En el caso de los teléfonos móviles, con un valor máximo de campo eléctrico de 100 V/m en la cabeza, y muy por debajo en el tejido cerebral, los mecanismos más probables que pudieran generar efectos biológicos no térmicos son aquellos debidos al movimiento de células grandes o la atracción entre células contiguas.

No podemos olvidar, para terminar, la posible existencia de efectos por los campos electromagnéticos. Estos efectos varían con la frecuencia y son presumiblemente mayores en el tejido biológico que contiene pequeñas cantidades de magnetita. La magnetita está presente en ciertas bacterias y en las células de muchos animales, incluyendo el ser humano. Se cree que este tipo de óxido férreo es empleado por algunas especies de pájaros y peces para conseguir una sensibilidad magnética que les facilita las tareas de orientación y navegación terrestre. Sin embargo, la interacción resultante de los grandes campos magnéticos de RF, generados en teléfonía móvil, con el tejido biológico es suficientemente pequeña como para no producir efectos biológicos. Estos efectos biológicos parecen estar más influenciados por los campos eléctricos que por los magnéticos.

Conclusiones de la evidencia científica disponible relacionada con el efecto biológico de las radiaciones de radiocomunicaciones móviles

Se incluyen en esta sección las conclusiones genéricas derivadas de los resultados de los estudios científicos que analizan los efectos de la emisiones de los sistemas de radiocomunicación relacionados con la salud de la población. Esta breve revisión se ha enfocado al tema central de este informe, los efectos de las emisiones de las estaciones base de las redes de móviles de radiocomunicación

Miles de trabajos experimentales han sido publicados sobre el tema desde todos los ángulos posibles:

- Estudios *in vitro* con moléculas o células
- Diferentes modelos animales

- Estudios con voluntarios
- Estudios epidemiológicos

La mayor parte de ellos motivados por el deseo de contribuir al conocimiento de los posibles efectos que las fuentes de radiación, en las que vivimos permanentemente inmersos, pudieran tener sobre el estado de salud y bienestar de los ciudadanos. La literatura actual se centra principalmente en dos tipos de radiaciones:

1. Las originadas por los sistemas de distribución eléctrica, aparatos y dispositivos alimentados con ella; radiaciones de 50Hz (60 Hz), referida frecuentemente como de muy baja frecuencia

2. Las radiaciones de alta frecuencia asociadas a los sistemas de comunicaciones de radio y muy especialmente a la tecnología mas común, la telefonía celular; con dos elementos radiantes diferentes: las torres radiantes de las estaciones base de radiocomunicación sobre los edificios y mástiles de las ciudades y los terminales portátiles móviles

En este trabajo nos centramos exclusivamente en las radiaciones de los sistemas de radiocomunicación de redes móviles con un interés especial en lo referente a las antenas de las estaciones radiantes.

La enorme abundancia de trabajos con su inmensa diversidad de enfoques, modelos experimentales, métodos y diseños experimentales, causa, sin embargo, no pocos problemas, precisamente por la dificultad de extraer de ellos un conocimiento coherente y sólido que permita elaborar criterios claros de seguridad y, consecuentemente, facilite la definición de criterios de protección al respecto. Problema que se agrava notablemente por la dificultad, en muchos casos, de conocer con precisión los métodos experimentales seguidos.

Resulta curioso observar como, a pesar de esta intensa preocupación del publico en general sobre los posibles efectos de los móviles en la salud, muy pocas investigaciones específicas sobre el tema han salido a la luz en revistas científicas serias. Una de las causas de esta escasez de estudios es el hecho de que el uso masivo de móviles es aun muy reciente y por ello no ha pasado tiempo suficiente para ver sus efectos a medio y largo plazo.

Una complicación adicional, al analizar los resultados que proceden de los estudios científicos, es que la población no es genéticamente homogénea o lo que es lo mismo no reacciona de la misma manera ante las agresiones medio-ambientales, como lo es la radiofrecuencia. Es bien sabida la existencia de grupos mas predispuestos o sensibles a desarrollar ciertas enfermedades: grupos de edades determinadas pueden ser sensibles a un nivel por debajo del máximo tolerado por la población en conjunto.

A continuación, se resumen las conclusiones de los estudios mas relevantes.

1. La interpretación de los resultados experimentales es compleja al no ofrecer éstos, en una gran mayoría de casos suficiente información sobre las condiciones de los experimentos, en particular, la tasa máxima de absorción por pulso y la frecuencia empleada.

2. No existe evidencia científica sobre los efectos que la RF puede generar en las proteínas de la membrana y en las corrientes iónicas transmembránicas. Algunos de estos efectos pueden aparecer en células a temperaturas muy por debajo de las temperaturas corporales o a intensidades de RF que producen calentamiento. Sin embargo, algunas evidencias sugieren que la radiación de RF de los teléfonos móviles podría afectar a la membrana neuronal en el tejido cerebral bajo condiciones normales, aunque los experimentos no han sido suficientemente reproducidos. Por otra parte, estos efectos serían de escaso impacto en la exposición corporal completa debida a las estaciones base

3. La exposición de campos de RF de alta intensidad, suficientes para producir un aumento significativo de la temperatura tisular, reduce la excitabilidad neuronal.

4. Es necesario investigar más profundamente el efecto de las energías de RF en los sistemas neurotransmisores, debido a su papel esencial en funciones cerebrales como la regulación emocional, la memoria, el sueño, etc.. Lo que, de nuevo tiene especial interés en el uso de los terminales móviles cerca de la cabeza

5. Los estudios de EEG en animales no han empleado condiciones experimentales de aplicación en tecnologías de telefonía móvil. Sin embargo, existe evidencia de efectos no térmicos de los campos de RF en la actividad cerebral.

6. La percepción auditiva de pulsos intensos de RF puede conseguir respuestas conductuales. Este fenómeno no ha sido explorado en condiciones similares a las de la telefonía móvil y es poco probable que los picos de intensidad de los pulsos asociados a los teléfonos afecten a la percepción auditiva.

7. El incremento de la temperatura corporal en más de 1ºC conlleva cambios en el comportamiento de tareas aprendidas anteriormente, aunque no existe evidencia experimental de que la exposición de campos de RF afecten a la memoria y al aprendizaje en animales. Sin embargo algunos investigadores afirman que el aprendizaje espacial puede estar afectado por valores de SAR por debajo de 1 W/Kg, siendo necesario realizar estudios en humanos que confirman o desmienten estas suposiciones.

8. Algunos estudios experimentales individuales han sugerido que la RF puede favorecer la formación de tumores, potenciar los efectos de conocidos cancerígenos o promover el crecimiento de tumores transplantados. Sin embargo en muchos de los estudios la intensidad era suficiente para generar efectos térmicos. El equilibrio de la evidencia entre los experimentos in vitro y en vivo indica que la exposición a campos de RF no incrementa la frecuencia de las mutaciones y aberraciones cromosómicas bajo condiciones térmicas de normalidad.

9. En definitiva, algunos trabajos en seres humanos y en modelos diferentes con animales y *in vitro*, así como un inmenso número de informaciones no contrastadas científicamente, relaciona algunos efectos potenciales sobre la salud con la radiación asociada a la tecnología de móviles. Sugiriendo que pudieran existir efectos biológicos significativos por debajo de aquellos límites máximos permitidos por la normativa vigente; lo que no implica necesariamente que tales efectos pueden causar problemas de salud

10. Una conclusión evidente de todo lo anterior es la conveniencia de que se continúen los estudios anteriores, asegurando un fuerte control de los diseños experimentales y que, precisamente para asegurar que se procede científicamente, solo sean tenidos en cuenta los resultados publicados en revistas con *"peer reviewing"*. Así como potenciar los trabajos de revisión crítica comparada de la investigación científica disponible y en curso. Dos de ellos han sido especialmente tenidos en cuenta en este informe:

    1. WHO World Health Organization, "Proyecto Internacional de Campos Electromagnéticos", dirigido por Michael H. Repacholi. Office of global and integrated environmental health, Suiza, 1997-2002.
    2. IEGMP, Independent Expert Group on Mobile Phones, "Mobile phones and Health", dirigido por Sir Williams Stewart, 2000

La percepción del problema: necesidad de un mayor control de las operadoras y de una mas directa información a los ciudadanos

Dada la menor exposición a la radiación que producen las estaciones base si se comparan con la de los teléfonos móviles, resulta paradójica la preocupación social generada por aquellas. La justificación parece, sin embargo, estar en el hecho de que una persona puede elegir usar o no el móvil, mientras que tiene poco control sobre la exposición de las estaciones base. Además, la gente piensa que el uso de teléfonos móviles les es beneficioso, mientras que no ganan nada directamente con el emplazamiento de una estación base cerca de sus casas o lugares de trabajo. Es más, están convencidos de que disminuirá su confort y sus propiedades perderán valor adquisitivo.

En los últimos años, el interés por conocer los efectos que las redes de comunicación de la telefonía móvil pudieran tener en la salud ha aumentado. Hasta el momento no hay ninguna prueba concluyente de que sean un riesgo para la salud, pero la opinión pública está preocupada por la posibilidad de que esto sea cierto. Sería un error ignorar esta preocupación de los ciudadanos

Es evidente la preocupación de muchos individuos por la presencia de estaciones base cerca de sus casas, colegios, u otras zonas que consideran especialmente sensibles, en las que

se puede permanecer largos periodos. De los estudios disponibles se deduce que el fundamento de esa preocupación radica en varios hechos distintos:

1. la duda de que se esté cumpliendo la normativa de seguridad, y de que se vigila suficientemente ese cumplimiento; o de que las operadoras de redes de radiocomunicación están siguiendo estrictamente los pasos debidos
2. la existencia de efectos sobre su salud incluso cuando se siguen estrictamente las normas de seguridad. Y en algunos casos describiendo síntomas que atribuyen a la presencia de estaciones base; síntomas más comunes: dolores de cabeza, trastornos en el sueño, depresión, estrés y cansancio.
3. una posible devaluación de sus propiedades por la proximidad de las estaciones base, debida al impacto visual que causan y los posibles riesgos de salud asociados;

La mayor preocupación sobre las estaciones base es, en definitiva, que no se tiene certeza de cual es la distancia mínima de seguridad. O de si su proximidad con colectivos especialmente frágiles: hospitales, colegios y residencias de la tercera edad, etc. debiera evitarse

En general, se detecta una opinión de que las operadoras ignoran la evidencia médica de que existen efectos biológicos adversos, y son irresponsables a la hora de elegir donde situar las estaciones base. Una gran mayoría piensa que los beneficios económicos son más importantes para las operadoras que la salud de la población, especialmente de los niños.

La conclusión ante esta situación es evidente y generalizada: las instituciones deberían asumir dos tareas específicas:

1) velar por el cumplimiento de las normas vigentes de seguridad e impacto ambiental y, mas importante, hacerlo de manera que los ciudadanos vean que así se hace y

2) proveer a los ciudadanos la información necesaria sobre su concienciación, sobre bases científicas, en el tema del impacto sobre la salud de las emisiones de las torres.

Resulta evidente que, independientemente de que ciertos organismos sean los encargados del cumplimiento de la normativa, los Ayuntamientos deberían tener el principal papel en estas tareas de comunicación a sus ciudadanos de la información adecuada. Adviertasé que en la introducción del Real Decreto 1066/2001, se dice: *"esta Recomendación contempla la conveniencia de proporcionar a los ciudadanos información en un formato adecuado sobre los efectos de los campos electromagnéticos y sobre las medidas adoptas para hacerles frente, al objeto de que se comprendan mejor los riesgos y la protección contra la exposición a los mismos"*.

Así mismo la Recomendación del Consejo de la UE de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) insiste en que "*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;... y debería prestarse atención a un adecuado conocimiento e información sobre los riesgos relacionados con los campos electromagnéticos, que tenga en cuenta las percepciones que de esos riesgos tienen los ciudadanos;* concluyendo que *" 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 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 las radiaciones no ionizantes"*

La comunicación entre los que puedan verse afectados por la colocación de una estación base y los operadores es difícil de llevar a cabo y por tanto casi siempre inexistente. Mas aún no vemos la forma que pueda hacerse sino a través de una entidad propia y neutral como es el Ayuntamiento, dentro de las tareas antes indicadas, con el fin de mejorar estas relaciones; en concreto, proveer los medios para que exista una mayor y mejor comunicación con el público en general respecto a la localización de las estaciones base, y atenuar la continua desconfianza que les causan los operadores en el ámbito de la salud pública.

Estas tareas informativas debieran ser sin duda responsabilidad de instituciones superiores, nacionales o europeas[2]. Sin embargo no parece fácil una instrumentación de las mismas sin pasar por una institución mas cercana a los ciudadanos como son los Ayuntamientos, puesto que una información genérica y abstracta sobre el tema siempre será percibida lejana, muy distinto a que se suministre con nombres familiares, de nuestra calles o de las antenas que vemos desde nuestras ventanas.

La conveniencia de una institución independiente como es el *Nacional Radiological Proteccion Board* (NRPB) para: "*proveer de información y consejo a toda persona del Reino Unido, incluyendo el Gobierno, cuya responsabilidad sea proteger a la sociedad o a ciertos sectores de la misma del peligro de la radiación*" debiera analizarse:

[2] Siguiendo la Recomendación 1999/519/CE del Consejo, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos, el Ministerio de Sanidad y Consumo elaborará, a los tres años de entrada en vigor de este Reglamento, un informe sobre las experiencias obtenidas en la aplicación del mismo, en lo referido a evaluación de riesgos sanitarios potenciales de la exposición a las emisiones radioeléctricas. Correspondiendo ala Ministra de Ciencia y Tecnología dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo y aplicación de este Real Decreto, en las que se podrán establecer, entre otras, determinadas condiciones para el suministro de información por parte de los operadores o requisitos que deban cumplirse en la instalación de estaciones radioeléctricas, incluyendo aspectos tales como señalización, altura mínima de antena y vallado.

- El NRPB es mantenido con el dinero de los impuestos, por lo debe desempeñar la labor de informar al público. El NRPB recibe alrededor de 40.000 peticiones de información por año. Datos provistos por NRPB indican que, entre Agosto y Octubre de 1999, aproximadamente un cuarto de las consultas fueron acerca de los móviles y las estaciones base.

- La manera de operar de NRPB, es la siguiente: las personas que contactan con NRPB les envían un dossier estándar con la información sobre el tema.

- Para respuestas más detalladas, la pregunta es traspasada a miembros del cuerpo científico con especialistas en la materia correspondiente. Las personas que preguntan acerca de temas de planificación, son dirigidas a las autoridades competentes locales. Para preguntas médicas el NRPB dará consejos según la opinión de un médico general.

- NRPB ha publicado un vídeo informativo. También ha puesto material al alcance de todos en su web: http://www.nrpb.org.uk/ desde 1997. En ella se puede acceder a la opinión del NRPB acerca de los efectos sobre la salud que tienen las estaciones base. La información no es fácilmente comprensible por cualquier persona y no está suficientemente al día. Con todo esto, la página web recibe alrededor de 50.000 visitas al mes. Resulta significativo que mientras que una pequeña minoría altamente reactiva y ciertos grupos han conducido a la sociedad al debate acerca de los posible efectos negativos de las estaciones base, el NRPB se mantiene al margen.

- En general, un elevado porcentaje de los que han usado estos servicios, estaban muy insatisfechos con los consejos que les habían dado en NRPB, opinando que las operadoras debían responder de alguna manera ante las dudas y quejas acerca da los posibles efectos negativos sobre la salud, aunque no exista una evidencia plenamente demostrada. Por su parte el NRPB defiende la normativa actual de distancias y tiempo de exposición, pues, según la institución, no debe ser alterada hasta que no haya una evidencia convincente y consistente de que existan efectos biológicos adversos.

En cualquier caso es patente que no existe un mediador a quien los ciudadanos pudieran acudir en caso de estar disconformes con la localización de las estaciones base. Por ello, parece recomendable que una institución como el Ayuntamiento hiciese esas tareas de mediación y facilite tomar decisiones finales sobre la localización de las estaciones base en el caso de que no se llegue a un acuerdo con la población local. Además, esto abunda en la conveniencia de un involucramiento efectivo del Ayuntamiento en la fase de planificación de las redes para que, desde el comienzo, el proceso pueda ser controlado y en el que aquellas mediaciones ante conflictos sean manejables. Sin olvidar que, posiblemente, la tarea mas importante es mantener a la población informada.

Criterios operativos

Desde esta complejidad, que no nos exime de adoptar una postura operativa concreta y clara, concluimos lo que sigue:

El balance de la evidencia disponible sugiere que la exposición a las emisiones de las antenas dentro de las normas vigentes no produce efectos dañinos para la salud de la población en general

Hay evidencias recientes que sugieren efectos potenciales para exposiciones por debajo de las máximas permitidas, que podrían afectar a unos grupos mas que a otros y de las que no ha podido demostrarse que son causa o puedan desembocar en problemas de salud. Pero que, en cualquier caso, no pueden obviarse. Esto se debe tener en cuenta sobre todo en el caso de los terminales móviles

Por el momento no es posible establecer unos niveles que podamos decir absolutamente que son completamente inocuos para todo el mundo. La única opción posible y lógica es adoptar un criterio de prudencia mientas se van aclarando los rangos de seguridad para los diferentes grupos de riesgo.

El ayuntamiento debería canalizar hacia sus ciudadanos la información disponible sobre el tema de las instituciones superiores, personalizándola y haciendola comprensible a todos ellos, como mejor manera de concienciar a la población y de introducir racionalidad y sentido común ante este problema inevitable

El Ayuntamiento debería involucarse en las tareas de mediación ante conflictos de instalación de antenas, para lo que resulta imprescindible que participe en la fase de planificación de las redes, de manera que el proceso pueda ser controlado desde un principio.

Introducción de la normativa vigente

En los Anexos del documento se incluye la normativa vigente sobre los niveles de seguridad para la salud humana de las radiaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias pertinente para las redes de radiocomunicación que nos interesan en el Plan Especial. En concreto se incluyen:

1. El Real Decreto 1066/2001 por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas y por el que se establecen condiciones de evaluación sanitaria de fuentes de emisiones radioeléctricas. Se incluye en el Anexo I. Asimismo puede verse en www.mcyt.es. El Real Decreto define los niveles máximos de exposición a las emisiones radioeléctricas, basándose en las Recomendación del Consejo de la Unión Europea, de

12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos, que contiene unos límites de exposición recomendados para los ciudadanos.

2. Las Recomendación del Consejo de la UE de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). En el Anexo II se incluye la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) . Esta Recomendación establece principios generales y métodos de protección del público, dejando claro que es competencia de los Estados miembros el establecimiento de normas detalladas respecto de 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 o 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. Las medidas arbitradas por los Estados miembros en este ámbito ya sean obligatorias o no obligatorias, y la forma en que hayan tenido en cuenta la presente Recomendación, deberán ser objeto de informes, tanto en el ámbito nacional como comunitario

El Real Decreto se encuadra y da respuesta a varios artículos de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones:

1) Artículo 61: la gestión del dominio público radioeléctrico y las facultades para su administración y control corresponden al Estado, atendiendo a la normativa aplicable en la Unión Europea, y a las resoluciones y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de otros organismos internacionales;
2) Artículo 62: el Gobierno desarrollará reglamentariamente las condiciones de gestión del dominio público radioeléctrico, precisándose que en dicho reglamento deberá incluirse el procedimiento de determinación de los niveles de emisión radioeléctrica tolerables y que no supongan un peligro para la salud pública;
3) Artículo 76: es competencia del Ministerio de Ciencia y Tecnología la inspección de los servicios y de las redes de telecomunicaciones, de sus condiciones de prestación, de los equipos, de los aparatos, de las instalaciones y de los sistemas civiles, así como la aplicación del régimen sancionador

Asimismo, la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad en sus artículos 18, 19, 24 y 40 atribuye a la administración sanitaria las competencias de control sanitario de los productos, elementos o formas de energía que puedan suponer un riesgo para la salud humana. Así mismo, atribuye la capacidad para establecer las limitaciones, métodos de análisis y requisitos técnicos para el control sanitario. Correspondiendo (Real Decreto 1450/2000, de 28 de julio) a la Dirección General de Salud Pública y Consumo la

competencia para la evaluación, prevención y control sanitario de las radiaciones no ionizantes.

CAPITULO V

Medidas radioeléctricas

En este capítulo se presentan los resultados de las medidas de energía electromagnética efectuadas en el Municipio de Torrejón de Ardoz para las distintas bandas de frecuencia (900 MHz y 1800 MHz) y operadoras de las redes de comunicaciones móviles GSM (Telefónica Móviles, Airtel y Amena).

También se incluyen los estudios espectrales de las radiaciones generadas por los sistemas de radiocomunicación urbana; realizados en una amplia muestra de edificios y localizaciones especialmente sensibles. Con estos estudios se pretende tener una visión comparativa de la radiación emitida por las fuentes emisoras y su relación con la normativa vigente, y extraer las conclusiones pertinentes para el Plan Especial.

En este informe se especifican en primer lugar los equipos de medida utilizados, tanto para la toma automática de nivel de potencia recibida de las emisiones correspondientes a las comunicaciones móviles en el sistema GSM, junto con la posición de la medida mediante recepción GPS; como del sistema de análisis espectral empleado para diferenciar las diferentes emisiones radioeléctricas. También se indica el procedimiento de medida seguido para cada uno de los casos.

En el siguiente apartado se define el entorno y las localizaciones donde se han realizado las medidas.

En el apartado cuarto se presentan los resultados de las medidas efectuadas. Para la banda de comunicaciones móviles se representan, las potencias suma medidas para cada de una de las operadoras y para el conjunto de ellas. Posteriormente se representan los análisis espectrales efectuados en determinadas localizaciones, fundamentalmente colegios con una distribución que permite una adecuada cobertura del Municipio de Torrejón de Ardoz. En cada una de estas localizaciones se han identificado los tipos y niveles de las emisiones recibidas.

Como síntesis final del proceso de medidas, se realiza una comparación de los niveles obtenidos con los límites marcados por la normativa europea actualmente vigente, en lo referente a los niveles máximos de exposición a energía electromagnética en las bandas de radiocomunicaciones, obteniéndose unas conclusiones finales de este estudio.

Métodos: Procedimiento y Plan de medidas

En este apartado se describen los equipos empleados en las medidas, sus principales características técnicas, los montajes realizados y la metodología llevada a cabo para el proceso de medidas.

Sistema de medida de la intensidad de radiación producida por las torres radiantes de GSM.

Para las medidas de la radiación procedente de los sistemas de comunicaciones móviles se ha utilizado un terminal en modo ingeniería y un portátil con el correspondiente software, que se encarga de almacenar las medidas correspondientes a los diferentes canales. En concreto el equipo utilizado ha sido el TEMS, de la empresa ERICSSON, que posiblemente sea el equipo más utilizado para medidas de sistemas móviles GSM. En la figura 20 se puede apreciar el equipo de medida utilizado, junto con los datos que va obteniendo.

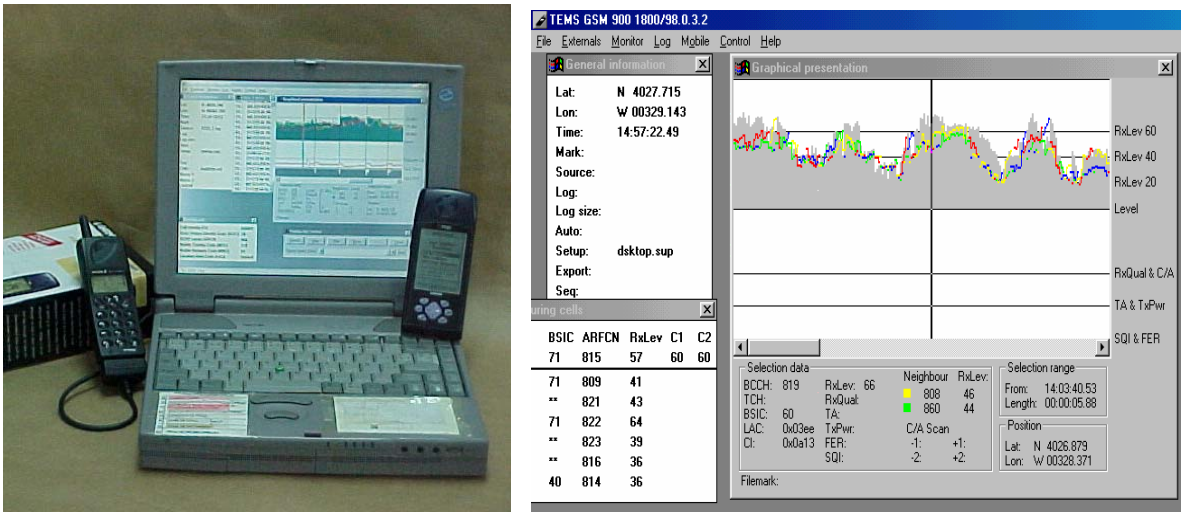


Fig. 20. Sistema TEMS para medidas en comunicaciones móviles.

En concreto el equipo portátil de medida consta:

- Receptor GSM en modo ingeniería para la medida de nivel recibido.
- Receptor GPS para determinar la localización de cada una de las medidas.
- Sistema automático de medida y captura de datos.

A partir de las medidas realizadas es necesario un tratamiento de las mismas para su representación y análisis. En concreto, este sistema de análisis de datos consiste en un software desarrollado específicamente que permite la elaboración de mapas de niveles de potencia recibida para cada uno de los operadores y del conjunto de señales recibidas en cada una de las localizaciones medidas.

Sistema para el análisis espectral de la radiación electromagnética emitida por los sistemas de radiocomunicación

Aunque el estudio presente está dedicado al análisis del impacto en los seres vivos de la radiación emitida por las torres radiantes de las redes de telefonía móvil, parece conveniente complementar este análisis en otras bandas de frecuencias; por varias razones:

Porque todas las formas y frecuencias de las radiaciones no-ionizantes pueden afectar a los seres vivos y resulta, cuando menos, esclarecedor, tener una idea comparativa de las energías electromagnéticas correspondiente a los sistemas de radiocomunicación en que estamos inmersos, debidas no solo a las redes de comunicaciones móviles sino a los otros servicios de radiocomunicaciones, como las correspondientes a las emisiones de FM o de televisión, a otros servicios (taxis, policía, ambulancias, etc.); que no preocupan a los ciudadanos por que no las perciben o no las distinguen de las de telefonía móvil; en las que en muchos casos se emplean potencias muy superiores a las utilizadas en móviles y además la atenuación con la distancia es menor.

Porque el análisis espectral amplio tiene una ventaja añadida: facilitar que las conclusiones derivadas para las torres radiantes GSM puedan ser validas a la hora de elaborar recomendaciones para otras redes y sistemas, algunos en el aire hace muchos años (radio, TV) y otros cuyo despliegue se está iniciando (LDMS) o se iniciará pronto (UMTS).

Porque para evaluar los niveles de protección y el grado de cumplimiento de la normativa vigente de seguridad ante el efecto de las radiaciones en la salud de las personas, conviene analizar conjuntamente las energías de los distintos sistemas de radiocomunicaciones.

Porque de esta forma completamos el análisis GSM en zonas de cobertura interior, donde el sistema de captura utilizado en las calles de la ciudad no es fiable. Ha de tenerse en cuenta, además, que la realización de medidas en el interior de edificios resulta muy laboriosa en tiempo y por tanto onerosa económicamente.

Para las medidas del espectro electromagnético se ha utilizado un equipo receptor formado por una antena, un analizador de espectros, un ordenador y el bus de control GPIB. Realmente el receptor es el analizador de espectros, por lo que se hace más hincapié en él. Este sistema de medida del espectro electromagnético se muestra en la figura 21

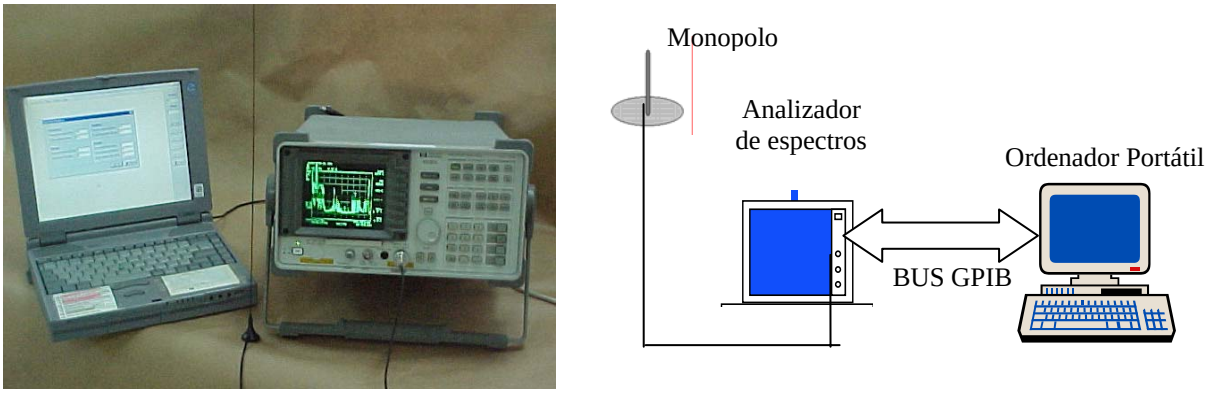


Fig. 21. Sistema de análisis espectral.

El analizador de espectros utilizado es el modelo HP8593A. Entre sus características podemos citar:

1. Rango de frecuencias de trabajo de 10 MHz a 22 GHz.
2. Rango de potencias de entrada de –114 dBm a 30 dBm.
3. Impedancia de entrada de 50 Ω.
4. Ancho de banda de resolución desde 1 KHz a 3MHz (en pasos de 1,3, 10).
5. Resolución en frecuencia ± 0,02 %.

Para la realización de las medidas, se programa el analizador de espectros de tal manera que siempre almacena el máximo de señal que se ha medido en cada uno de los barridos realizados durante el tiempo de medida. Este método nos permite asegurar que tomaremos los valores máximos para las diferentes direcciones y polarizaciones.

Para la obtención de datos a partir del analizador de espectros y su posterior almacenamiento, se dispone de un ordenador personal portátil. El programa que gestiona la captura de datos está basado en el estándar ANSI/IEEE 488.1-1987, también conocido como GPIB (*General Pourpose Interface Bus*), que es un interfaz para la comunicación entre instrumentos y controladores de varios proveedores.

Para al realización de las distintas medidas hemos utilizado dos tipos de antenas según la banda de frecuencias. Así en frecuencias inferiores a 1 GHz se ha utilizado una antena que ha sido calibrada en la Cámara Anecoica del Departamento. Para frecuencias superiores se ha

utilizado una antena λ/4, cuya ganancia es conocida en la banda de 1.8 GHz, que es la banda utilizada en los sistemas de comunicaciones móviles.

Plan de medidas

Para la medida de la radiación correspondiente a las emisiones GSM se han recorrido un elevado número de calles de la ciudad en un automóvil. En estos recorridos se han ido obteniendo los niveles de radiación de las portadoras de mayor potencia para cada de las operadoras, almacenando su valor y la localización mediante GPS de una forma continua. Se ha pretendido obtener una muestra suficientemente amplia de localizaciones, y en todo caso con una adecuada cobertura del Municipio.

Para los análisis espectrales se ha seleccionado una amplia muestra de localizaciones con los siguientes criterios:

- Tener una amplia cobertura del Municipio.
- Seleccionar zonas especialmente sensibles, eligiendo ejemplos de lugares públicos, colegios y guarderías.

Los sititos analizados, que se indican en la Figura 22, son los siguientes:

1.- Ayuntamiento.	Dirección: Plaza Mayor (Zona centro)
2.- Colegio Severo Ochoa.	Dirección: c\ Londres, 7 (Zona Veredillas)
3.- Colegio Primero de Mayo	Dirección: c\ Budapest,2 (Zona Juncal- Zarzuela)
4.- Colegio Rafael Alberti	Dirección: c\ Olmagro (Zona Juncal- Zarzuela)
5.- Colegio Antonio Machado	Dirección: c\ La Plata s/n (Zona Polígono I)
6.- Colegio Giner de los Ríos	Dirección: c\ Álamo, 13 (Zona Polígono II)
7.- Colegio La Gaviota	Dirección: c\ Cristal, 2 (Zona Polígono II)
8.- Colegio Miguel Hernández	Dirección: c\ Magdalena, s/n (Zona Polígono II)
9.- Colegio Ramón y Cajal	Dirección: c\ San Fernando s/n (Zona Centro)
10.- Colegio JABY	Dirección: c\ Cristo 24 (Zona Centro)
11.- Colegio J.R. Jiménez	Dirección: c\ Juan Ramón Jiménez, 8 (Zona Centro)

En todos los casos las medidas se realizaron una vez obtenido el permiso de las autoridades correspondientes. Tras la obtención del permiso se procedió a la instalación del sistema de medidas y la captura de datos.

Figura 22. Localización de los centros e instituciones donde se realizó el estudio espectral

Resultados de las medidas

En este apartado se recogen los resultados de las medidas que se han realizado en el Municipio de Torrejón de Ardoz. Como se ha indicado anteriormente, las medidas han sido de dos tipos:

- Las primeras han consistido en obtener los niveles de señal recibida en las calles del Municipio, debidos a las emisiones de los sistemas de telefonía móvil pública de cada una de las operadoras y de la suma de las mismas.
- En segundo lugar se presentarán los resultados obtenidos de las medidas espectrales efectuadas en las localizaciones indicadas anteriormente en el rango de frecuencias entre 30 MHz y 2 GHz, donde se sitúan los sistemas de radiocomunicaciones comerciales en la actualidad.

Resultados en las bandas de móviles.

Para obtener con gran precisión los niveles de señal existentes en el Municipio de Torrejón de Ardoz, cuya procedencia sean debidas a las estaciones base de telefonía GSM, se han realizado múltiples recorridos por las calles del municipio, tomándose más de 100.000 medidas para los diferentes canales y operadoras. Posteriormente y durante el procesado de las mismas se ha reducido el número de muestras válidas a cerca de 38.000, dado que para la precisión del GPS en algunas localizaciones se han obtenido varias medidas, eligiéndose en cualquier caso las de mayor nivel.

Para cada una de las operadoras (MoviStar, Airtel, Amena), se han obtenido en cada localización las portadoras recibidas con mayor potencia y se ha procedido a la suma en potencia de los niveles de cada una de ellas, tanto de la banda de 900 MHz, como de la correspondiente a 1800 MHz.

Una vez obtenidos estos valores de potencia se han representado en escala logarítmica. Es necesario indicar que la utilización de escalas logarítmicas, es de uso común en la representación de niveles de señal en comunicaciones, dado el gran rango dinámico en que se mueven este tipo de sistemas, y que impediría la correcta visualización y comprensión caso de utilizar escalas lineales.

En el caso que nos ocupa la representación de niveles se realiza en **dBm** que corresponde a:

$$P(dBm) = 10 \log P(mW)$$

También indicar aquí, que la suma en potencia de varias señales se traduce en incrementos logarítmicos; así la suma de dos señales de la misma potencia corresponde a un incremento de 3 dB, la de 4 señales de la misma potencia, a 6 dB; y que la existencia de una señal dominante sobre las demás, implica prácticamente que el resto no afecta al sumarlas.

La representación de los niveles suma de potencia en escala logarítmica se ha realizado de dos formas distintas:

- En primer lugar, en una gráfica de niveles independientemente de la posición donde se han tomado las medidas. Esta representación nos permite observar tanto el número de muestras obtenido una vez que estas han sido procesadas, y el margen dinámico existente en el conjunto de medidas tomadas; es decir el rango de valores entre el máximo de potencia y el mínimo y su distribución.
- En segundo lugar, mediante una escala de colores sobre un plano del municipio. Mediante esta representación se pueden apreciar la distribución de los niveles de potencia a lo largo de los recorridos efectuados y permite apreciar perfectamente los lugares donde el nivel de potencia es mayor, por estar cerca de los emplazamientos de las estaciones base (EB)

Estos dos tipos de representación gráfica se han realizado de forma independiente para cada una de las operadoras, por lo que permite, aparte de identificar la posible ubicación de las estaciones base de cada operadora, los posibles lugares con poca cobertura.

Por último, se ha realizado para cada emplazamiento la suma de niveles de potencia correspondiente a las tres operadoras, y se ha procedido a su representación mediante el mismo procedimiento que para cada una de ellas.

Niveles de potencia recibida para la operadora Telefónica Móviles (MoviStar).

En la siguiente figura 23 se muestra la suma de los niveles de potencia recibida en dBm, para las portadoras de mayor potencia tanto en la banda de 900 MHz como en la de 1800 MHz correspondientes a la operadora Telefónica móviles.

Las muestras representadas corresponden a los recorridos realizados sin ninguna indicación de la posición o localización y sirven de referencia para apreciar el margen dinámico en el que nos estamos moviendo. En todos los casos nos encontramos con niveles entre –30 y –90 dBm. De nuevo, es necesario recordar que los niveles representados corresponden a la suma en potencia de las portadoras con mayor nivel (en este caso, sólo para esta operadora) en cada localización.

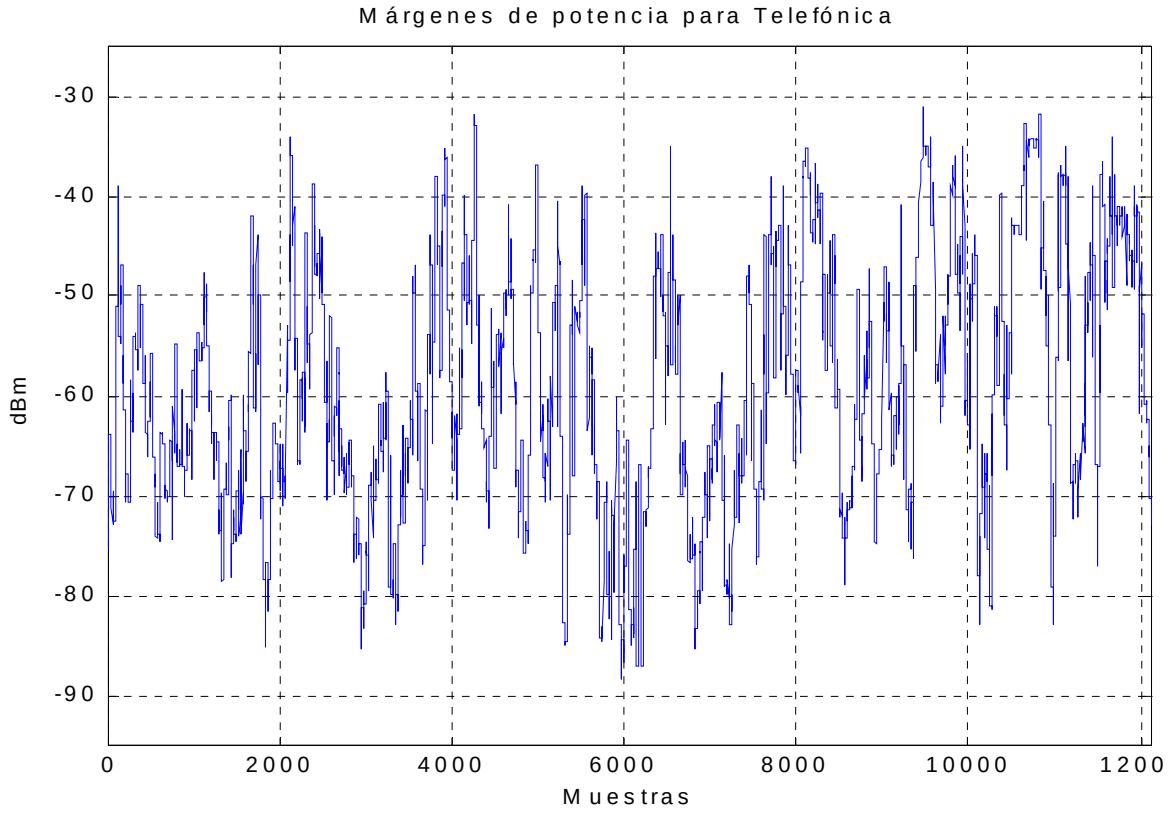


Fig. 23. Márgenes de potencia recibida (muestras procesadas) correspondientes a MoviStar.

En la siguiente página, Figura 24, aparecen representados sobre un plano del Municipio de Torrejón de Ardoz, mediante una escala de colores, los valores en dBm de potencia recibida (suma en potencia de las portadoras con mayor nivel) en las localizaciones donde se han efectuado medidas para esta operadora. Sobre el plano se han localizado las antenas detectadas de la compañía.

Figura 24. Potencia recibida, en dBm, para Movistar (suma en potencia de las portadoras con mayor nivel) y localización de las antenas de la operadora

Niveles de potencia recibida para la operadora Airtel.

En la siguiente figura se muestran la suma de los niveles de potencia recibida en dBm, para las portadoras de mayor potencia tanto en la banda de 900 MHz como en la de 1800 MHz correspondientes a la operadora Airtel.

Las muestras representadas corresponden como ya se ha indicado anteriormente, a los recorridos realizados sin ninguna indicación de la posición o localización. De nuevo en todos los casos nos encontramos con niveles entre –30 y –90 dBm, y niveles medios de alrededor de –60 dBm.

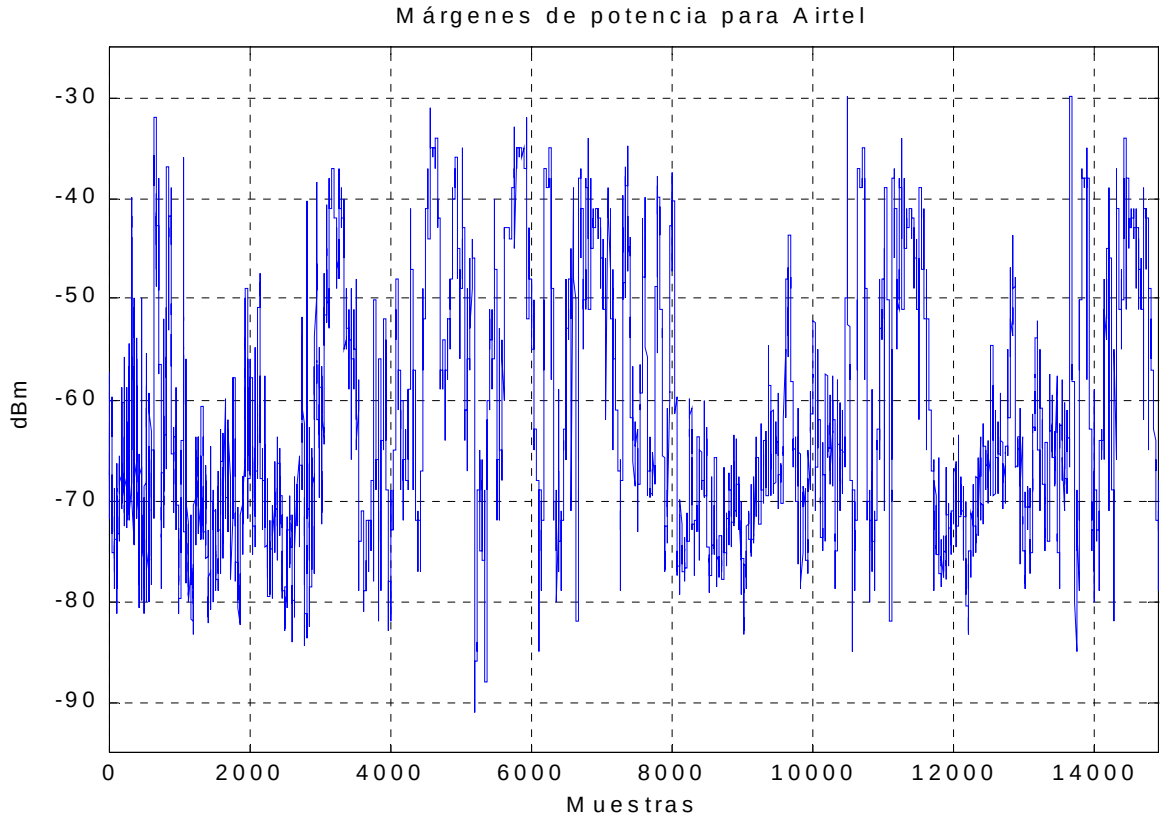


Fig. 25. Márgenes de potencia recibida (muestras procesadas) correspondientes a Airtel.

En la siguiente página, Figura 26, aparecen representados sobre un plano del Municipio de Torrejón de Ardoz, mediante una escala de colores, los valores en dBm de potencia recibida en las localizaciones donde se han efectuado medidas para esta operadora. Sobre el plano se han localizado las antenas detectadas de la compañía.

Los niveles rojos corresponden a las localizaciones con mayor nivel de potencia recibida (en ningún caso superior a –30 dBm), mientras que los puntos marcados con azul corresponden a las posiciones con menor nivel de potencia recibida.

Figura 26. Potencia recibida, en dBm, para Airtel (suma en potencia de las portadoras con mayor nivel) y localización de las antenas de la operadora

Niveles de potencia recibida para la operadora Amena.

En la figura 27 se muestran la suma de los niveles de potencia recibida en dBm, para las portadoras de mayor potencia correspondientes a la operadora Amena; en este caso las portadoras corresponden solo a la banda de 1800 MHz, dado que esta operadora sólo tiene licencia es esta banda.

Las muestras representadas corresponden como ya se ha indicado repetidamente, a los recorridos realizados sin ninguna indicación de la posición o localización. De nuevo en todos los casos nos encontramos con niveles entre –30 y –90 dBm, en este caso con un nivel máximo inferior, debido a que la frecuencia de 1800 Mhz tiene mayor atenuación para una misma distancia.

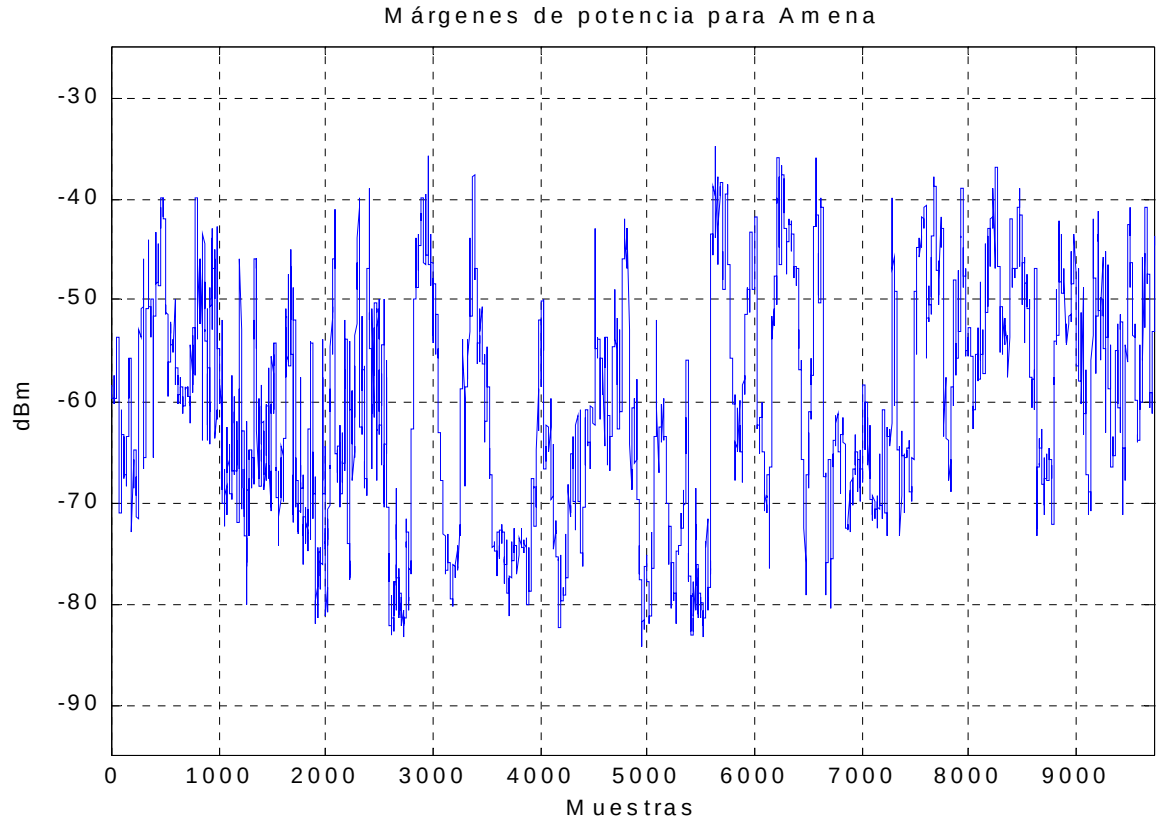


Fig. 27. Márgenes de potencia recibida (muestras procesadas) correspondientes a Amena.

En la siguiente página aparecen representados los niveles de potencia (en dBm), para esta operadora, sobre el plano del Municipio de Torrejón de Ardoz, mediante una escala de colores. Y la localización de la estaciones detectadas

Los niveles de color corresponden a lo descrito para la operadora anterior.

Figura 28. Potencia recibida, en dBm, para Amena (suma en potencia de las portadoras con mayor nivel) y localización de las antenas de la operadora

Niveles de potencia recibida para el conjunto de operadores de GSM.

Por último, en lo referente a la representación de los niveles correspondientes a las señales de telefonía móvil, se estudian los valores correspondientes a la suma de los niveles de potencia para el conjunto de las tres operadoras

En la figura 29 aparecen representados los niveles suma en dBm para las localizaciones analizadas. De nuevo en todos los casos nos encontramos con niveles entre –30 y –90 dBm, dado que es muy difícil que coincidan exactamente en la misma posición dos o más niveles muy altos. Lo único en que se traduce el hecho de considerar el conjunto de operadores es en un incremento del nivel medio de señal.

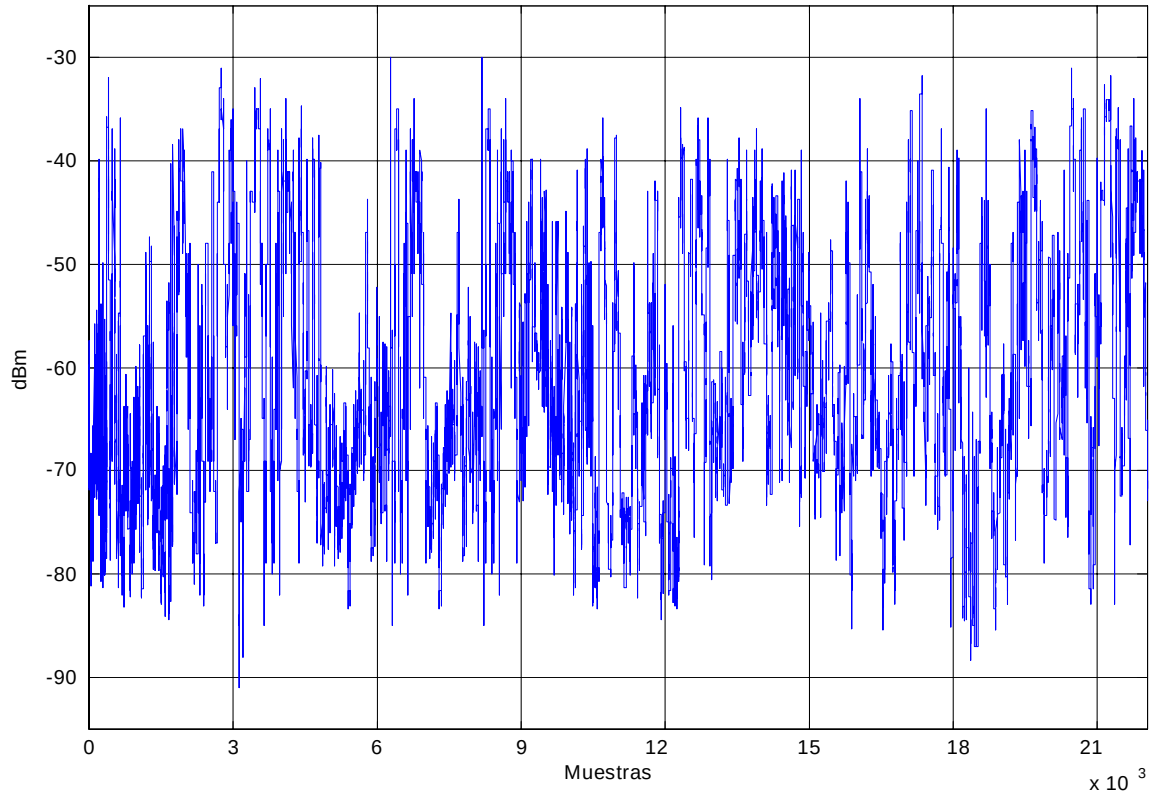


Fig. 29 Márgenes de potencia recibida (muestras procesadas) correspondientes al conjunto de operadoras.

En la siguiente página aparecen representados los niveles de potencia (en dBm), para el conjunto de operadoras, sobre el plano del Municipio de Torrejón de Ardoz, mediante una escala de colores. En este caso se puede observar una mayor presencia de niveles correspondientes al color rojo (señales entre –30 y –40 dBm).

Figura 30. Potencia recibida, en dBm, total (suma en potencia de las portadoras con mayor nivel) y localización de las antenas de la operadora

Análisis de los resultados

Las localizaciones donde existe mayor nivel corresponden básicamente a las zonas (en rojo en el plano de la página anterior) :

- En la zona del polígono II:
  - Plaza del Progreso
  - Avda. de las estaciones
  - Carretera de Loeches
  - Calle Poseidón

- En la zona del polígono I:
  - Calle de la Solana
  - Calle Hierro
  - Calle Circunvalación
  - Calle de la Plata.
  - Calle de la Brújula.

- Zona Juncal-Zarzuela:
  - Plza. Doce de Octubre,
  - Avda. de los Descubrimientos
  - Avda. de la Constitución.

- Zona de las Veredillas:
  - Plaza Europa.

- Zona Centro:
  - Puerto Pajares.
  - Calle Límite.
  - Calle Torrejón.
  - Avda. de la Constitución.
  - Calle de Granados.

A pesar de que estos son los lugares con mayor nivel de potencia recibida, (la gama de colores utilizada solo pretende dar una idea de los valores entre los que se encuentran los niveles medidos) dicho nivel es muy inferior al máximo establecido en la normativa actual. En otro apartado posterior compararemos los niveles correspondientes al conjunto de todas las operadoras GSM con la normativa vigente.

Resultados del análisis espectral

Mediante estas medidas se ha obtenido el nivel en potencia de las diferentes señales que se encuentran presentes en los lugares analizados, y que ya han sido mencionados en el plan de medidas.

Las medidas están realizadas en la banda de 30 MHz a 2 GHz. Este rango de frecuencias abarca las bandas de FM, TV, GSM 900 y GSM 1800, comunicaciones móviles privadas (PMR), correspondientes a policía, ambulancias, taxis, empresas particulares, etc; y otros sistemas de radiocomunicación y radionavegación:radiobalizas, y radares.

La localización de los puntos donde se ha realizado el análisis espectral puede verse en el plano de la Figura 22, del apartado Métodos.

A continuación, se van a presentar los resultados de las medidas para cada una de las localizaciones analizadas, incluyendo un comentario sobre la naturaleza y nivel de las emisiones detectadas. Posteriormente y en otro apartado se compararán los niveles recibidos con la normativa europea sobre máximos niveles de radiación.

Como ya se comento anteriormente, los puntos analizados corresponden tanto al objetivo de obtener una adecuada cobertura sobre el Municipio de Torrejón de Ardoz, como a comprobar los niveles de radiación en puntos especialmente sensible, como pueden ser los colegios y centros de educación.

Análisis espectral en el Ayuntamiento

Las medidas se han realizado en la azotea del ayuntamiento, a no más de 50 m de una torre radiante de telefonía móvil y a la misma altura prácticamente. En la siguiente figura se pueden observar, en el margen de espectro analizado, la existencia de diferentes sistemas de Radiocomunicaciones y sus niveles en esta localización.

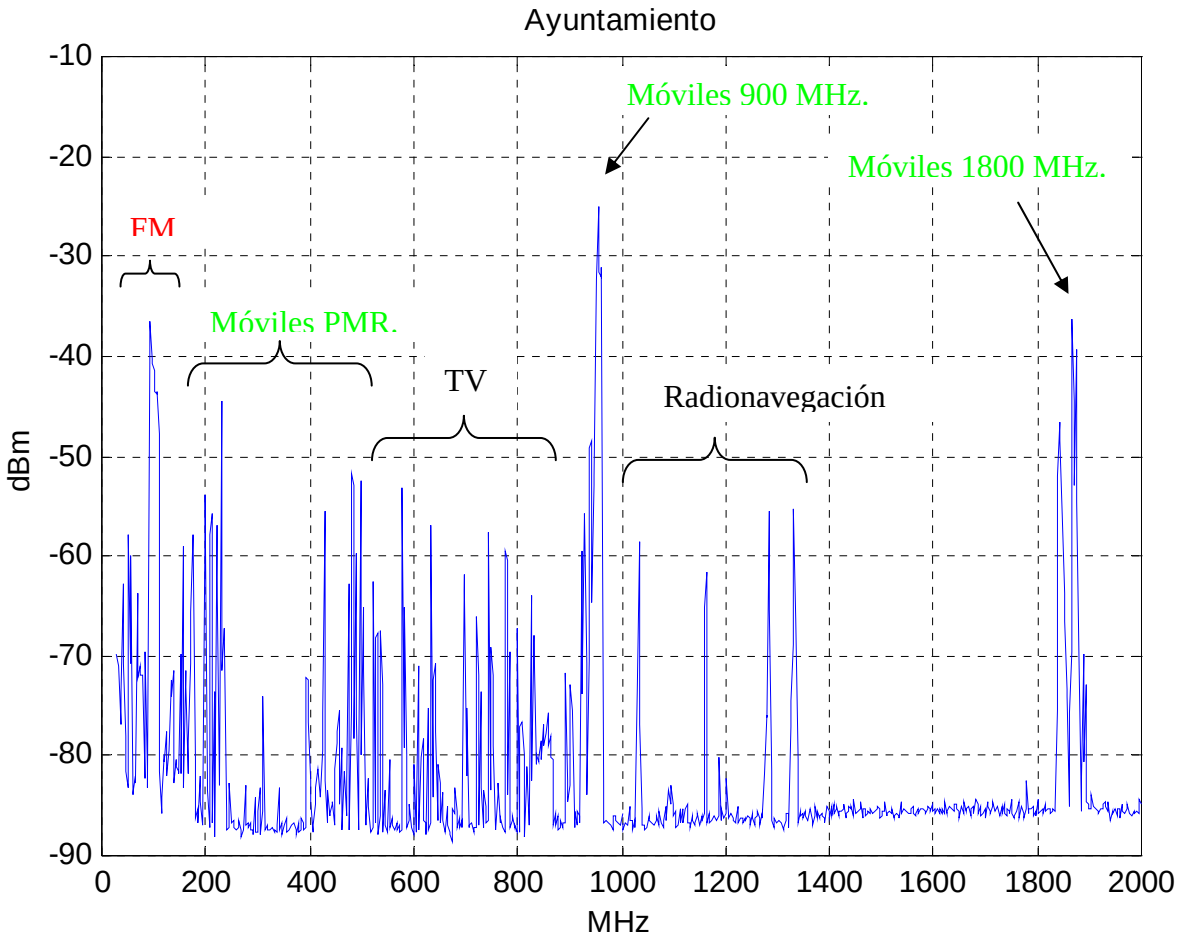


Fig. 31. Análisis espectral en la azotea del ayuntamiento

Dada la cercanía de la torre de comunicaciones móviles, los niveles más altos corresponden a este tipo de emisiones, y más concretamente en la banda de 900 MHz donde el nivel máximo de potencia recibida se encuentra alrededor de –25 dBm.

Para la banda de 1,8 GHz y para las emisiones de FM los niveles recibidos se acercan a –35 dBm (10 dB, es decir 10 veces más bajos en potencia que los correspondientes a 900 MHz). Excepto para una emisión de telefonía móvil privada que se recibe en esta localización a –45 dBm, el resto de emisiones, TV, Radionavegación, etc; se encuentra por debajo de –50 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Severo Ochoa

Las medidas se han realizado en dos aulas de este centro, una con orientación Este y la otra con orientación Oeste. En la figura 32 se pueden observar los niveles recibidos para los diferentes sistemas de Radiocomunicaciones, en el margen de espectro analizado, para la localización Este.

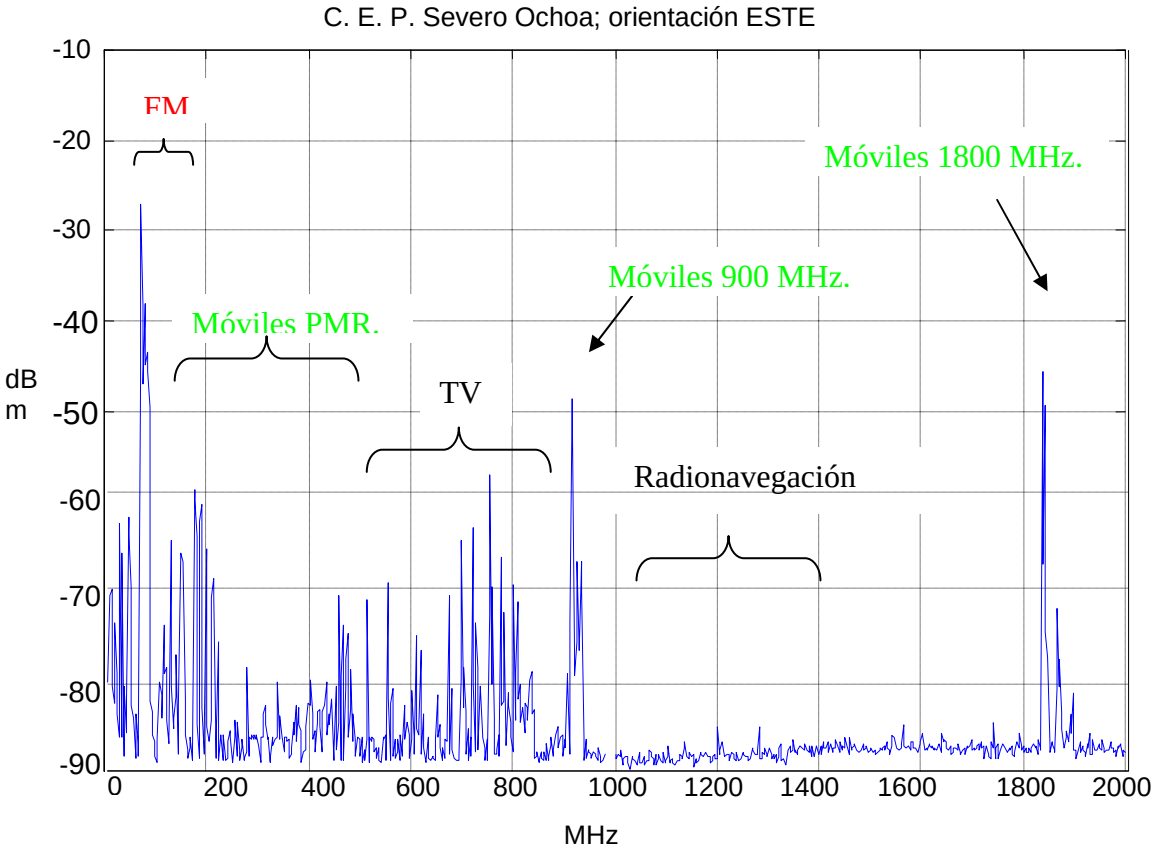


Fig.32. Análisis espectral en el colegio Severo Ochoa (Este)

En este caso el nivel máximo de radiación y con bastante diferencia corresponde a las emisiones de FM, que llegan a niveles de –27 dBm, mientras que el resto de las emisiones está muy por debajo, incluidas las emisiones de comunicaciones móviles. Alguna de las emisiones en la banda de 150 MHz, correspondientes a PMR llega a –60 dBm al igual que las emisiones de TV.

En esta localización las emisiones de GSM en 900 MHz se encuentran alrededor de -50 dBm, mientras que las correspondientes a 1800, son de mayor nivel, pero en todo caso inferiores a –45 dBm.

Para el caso de la orientación Oeste, como se puede apreciar en la figura 27, los niveles de FM son inferiores, -35 dBm, mientras que los niveles de PMR son más elevados, y llegan hasta –50 dBm; los niveles correspondientes a las emisones de TV son similares a la orientación Este.

Con respecto a los sistemas GSM, en esta orientación los niveles en 900 MHz son superiores (-45 dBm), mientras que disminuyen los correspondientes a 1800 MHz (-53 dBm)

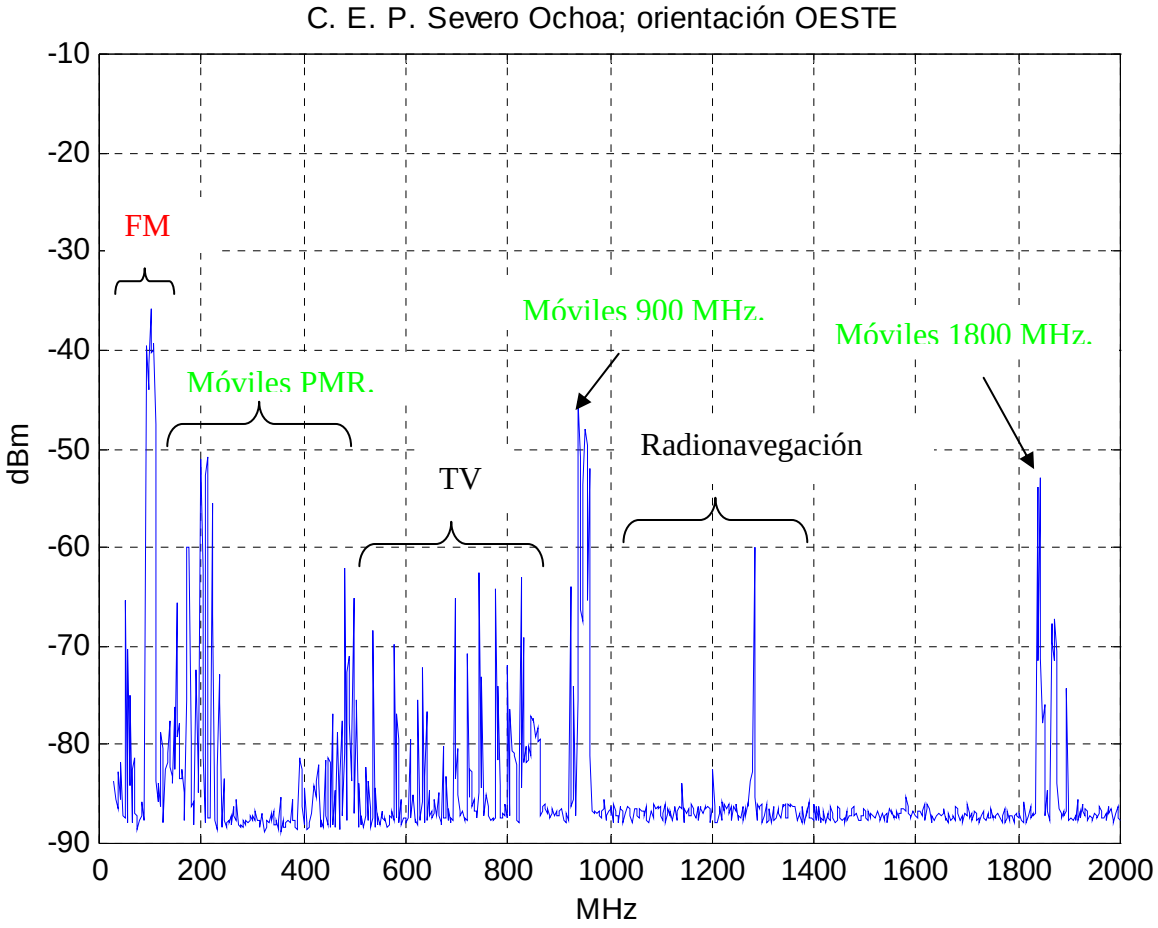


Fig. 33. Análisis espectral en el colegio Severo Ochoa (Oeste)

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública 1º de Mayo

Las medidas se han realizado en el patio exterior del colegio. En la siguiente figura se pueden observar, en el margen de espectro analizado, la existencia de diferentes sistemas de Radiocomunicaciones y sus niveles en esta localización.

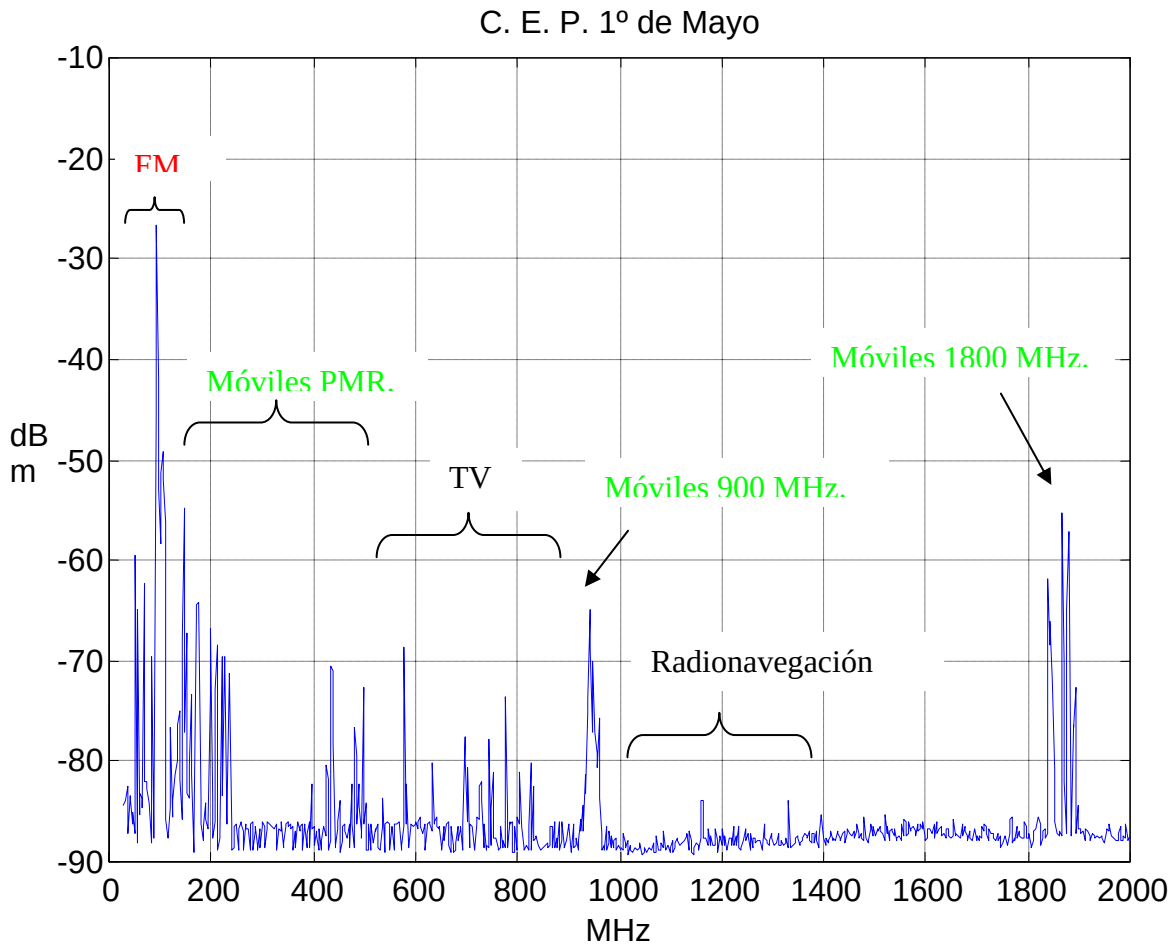


Fig. 34. Análisis espectral en el CEP 1º de Mayo

En este caso el nivel máximo de radiación y con mucha diferencia corresponde a las emisiones de FM, que llegan a niveles de –27 dBm, mientras que el resto de las emisiones está muy por debajo, incluidas las emisiones de comunicaciones móviles. Alguna de las emisiones en la banda de 150 MHz, correspondientes a PMR llega a –55 dBm. Las emisiones de TV son muy bajas, por debajo de –70 dBm.

En esta localización las emisiones de GSM en 900 MHz se encuentran por debajo de –65 dBm, mientras que las correspondientes a 1800, son de mayor nivel, pero en todo caso inferiores a –55 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Rafael Alberti.

Las medidas se han realizado en la terraza del colegio. En la figura 35 se pueden observar, en el margen de espectro analizado, la existencia de diferentes sistemas de Radiocomunicaciones y sus niveles en esta localización.

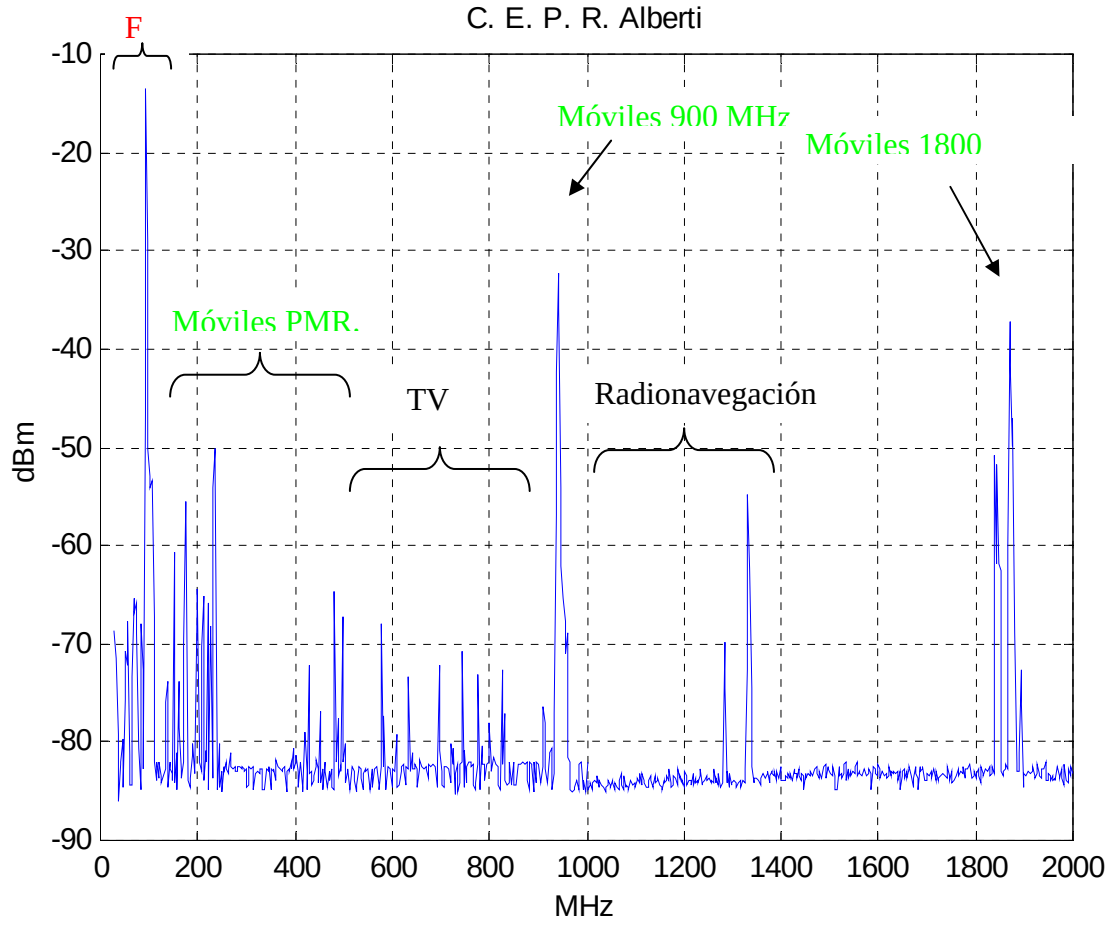


Fig. 35. Análisis espectral en el CEP Rafael Alberti

En este caso el nivel máximo de radiación y con un nivel muy alto, con respecto a las localizaciones anteriores, corresponde a las emisiones de FM, con niveles de -13 dBm. Este valor representa el nivel de potencia recibida más alto, para todo el conjunto de medidas efectuado. Sin embargo y como veremos posteriormente, este nivel para este tipo de emisiones queda muy lejos de los límites marcados por la normativa vigente. Las emisiones de PMR, televisión y sistemas de radionavegación están por debajo de –50 dBm.

En esta localización las emisiones de GSM en 900 MHz tienen niveles relativamente elevados, llegando casi a –30 dBm, como los niveles máximos encontrados en las medidas efectuadas en las calles del municipio. Para las emisiones GSM a 1800 MHz, los niveles son algo inferiores (–37) dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Antonio Machado.

Las medidas se han realizado en el tejado del colegio. En la figura 36 se pueden observar, entre 30 MHz y 2 GHz, los niveles de potencia recibida correspondientes a los sistemas de Radiocomunicaciones en este colegio.

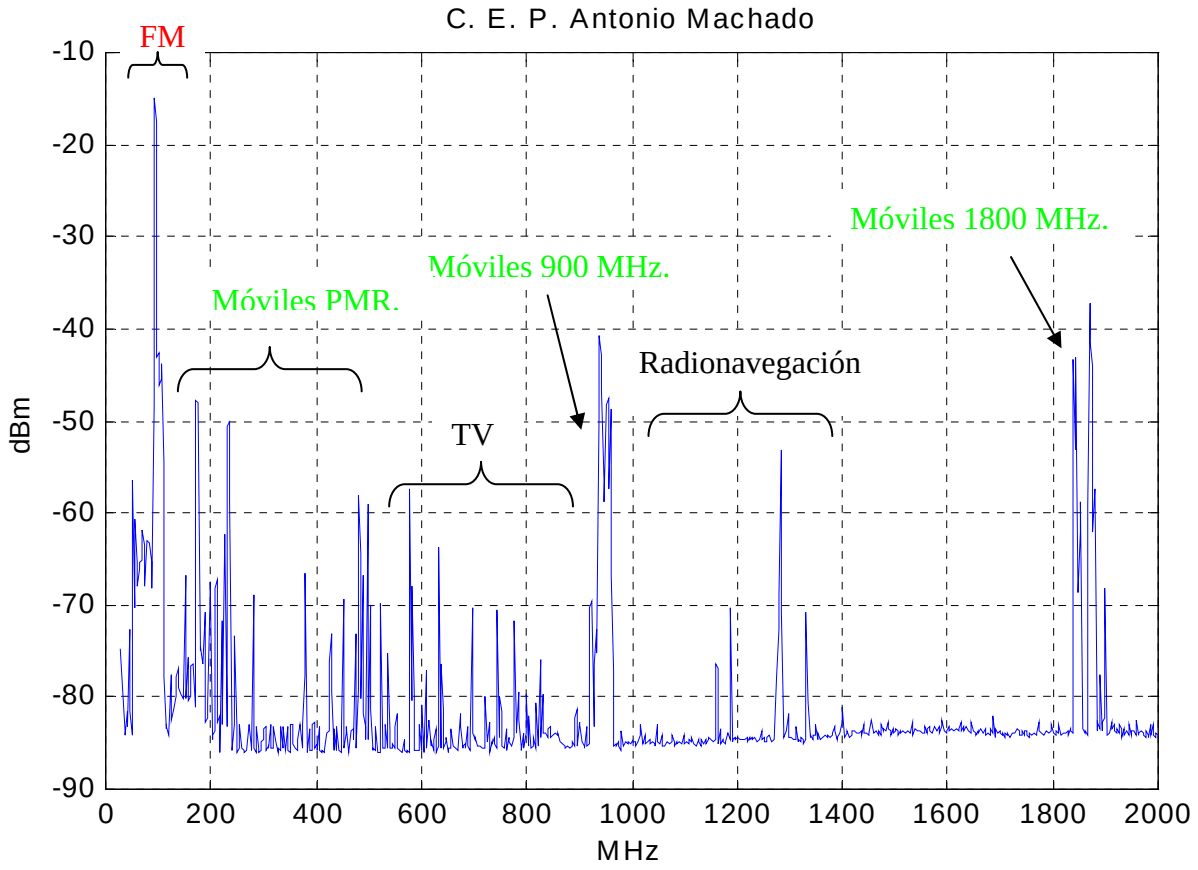


Fig. 36. Análisis espectral en el CEP Antonio Machado

En este caso el nivel máximo de radiación y con un nivel muy alto, similar a la localización anterior, corresponde a las emisiones de FM, con niveles de -15 dBm. Las emisiones de PMR, televisión y sistemas de radionavegación están cerca o por debajo de –50 dBm.

En este colegio tanto las emisiones de GSM en 900 MHz como en 1800 MHz tienen niveles similares, cercanos a –40 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Giner de los Rios.

Las medidas se han realizado en el patio del colegio. En la figura 37 se pueden observar, entre 30 MHz y 2 GHz, los niveles de potencia recibida correspondientes a los sistemas de Radiocomunicaciones en este colegio.

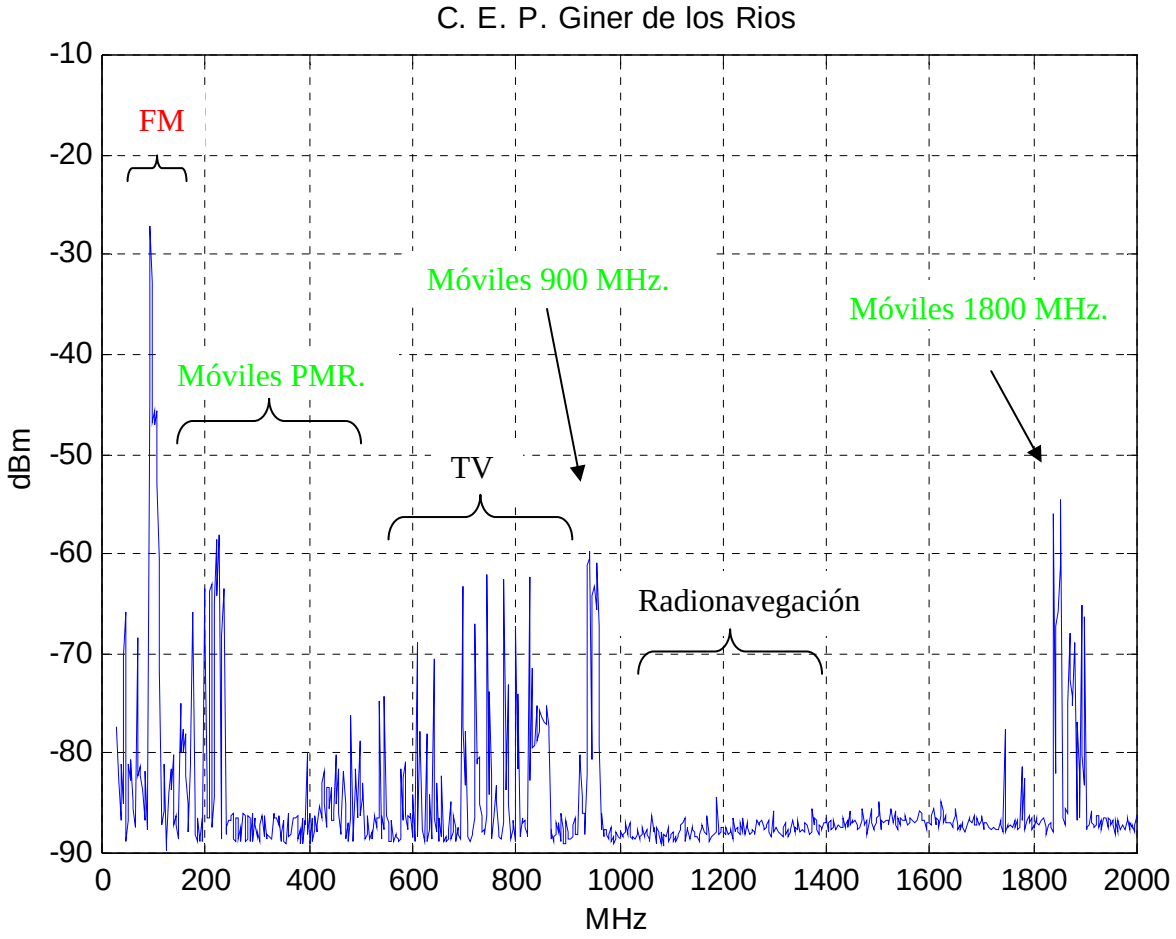


Fig. 37. Análisis espectral en el CEP Giner de los Rios

En esta situación de nuevo el nivel máximo de radiación, ahora inferior que en los dos últimos casos –28 dBm, corresponde a las emisiones de FM. Las emisiones de PMR, televisión y sistemas de radionavegación están cerca o por debajo de –60 dBm.

En este colegio tanto las emisiones de GSM en 900 MHz como en 1800 MHz tienen niveles bastante bajos, cercanos a –60 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública La Gaviota.

Las medidas se han realizado en el patio del colegio. En la siguiente figura se pueden observar, en el margen de espectro analizado, los niveles correspondientes a los diferentes sistemas de Radiocomunicaciones en esta localización.

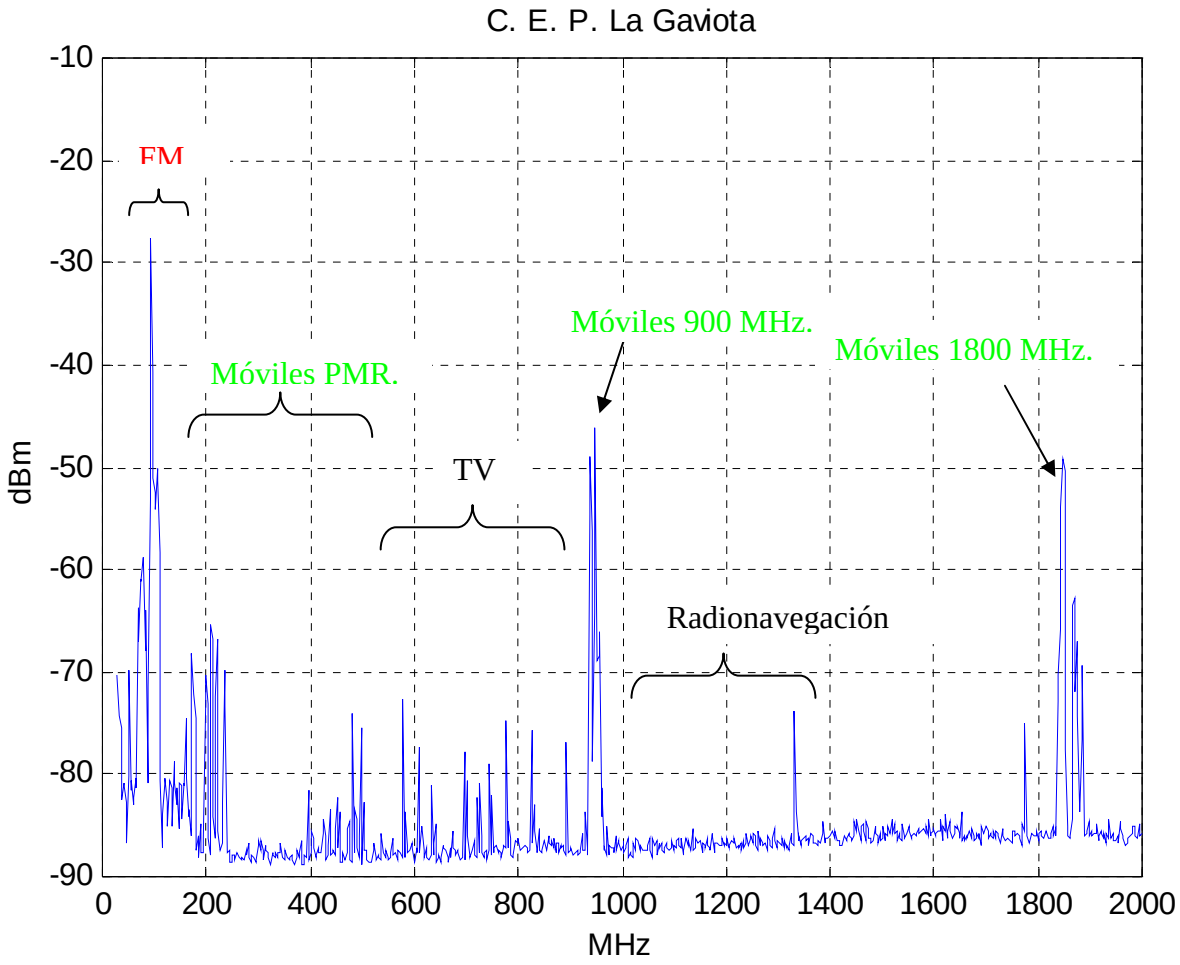


Fig. 38. Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública la Gaviota.

En este caso, de nuevo el nivel máximo de radiación corresponde al las emisiones de FM, que llegan a niveles de –27 dBm, mientras que el resto de las emisiones queda bastante por debajo. Las emisiones de comunicaciones móviles privadas entre 140 y 250 MHz llegan en algunos casos a superar los –70 dBm, mientras que las emisiones de TV son muy bajas también en esta localización, por debajo de –70 dBm.

En este colegio las emisiones de GSM en 900 MHz se situan a –45 dBm, por encima de las de 1800 MHz, cuyo máximo se encuentra aproximadamente a -50 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Miguel Hernández

Las medidas se han realizado en el patio del colegio. En la figura 39 se pueden observar, entre 30 MHz y 2 GHz, los niveles de potencia recibida correspondientes a los sistemas de Radiocomunicaciones en este colegio.

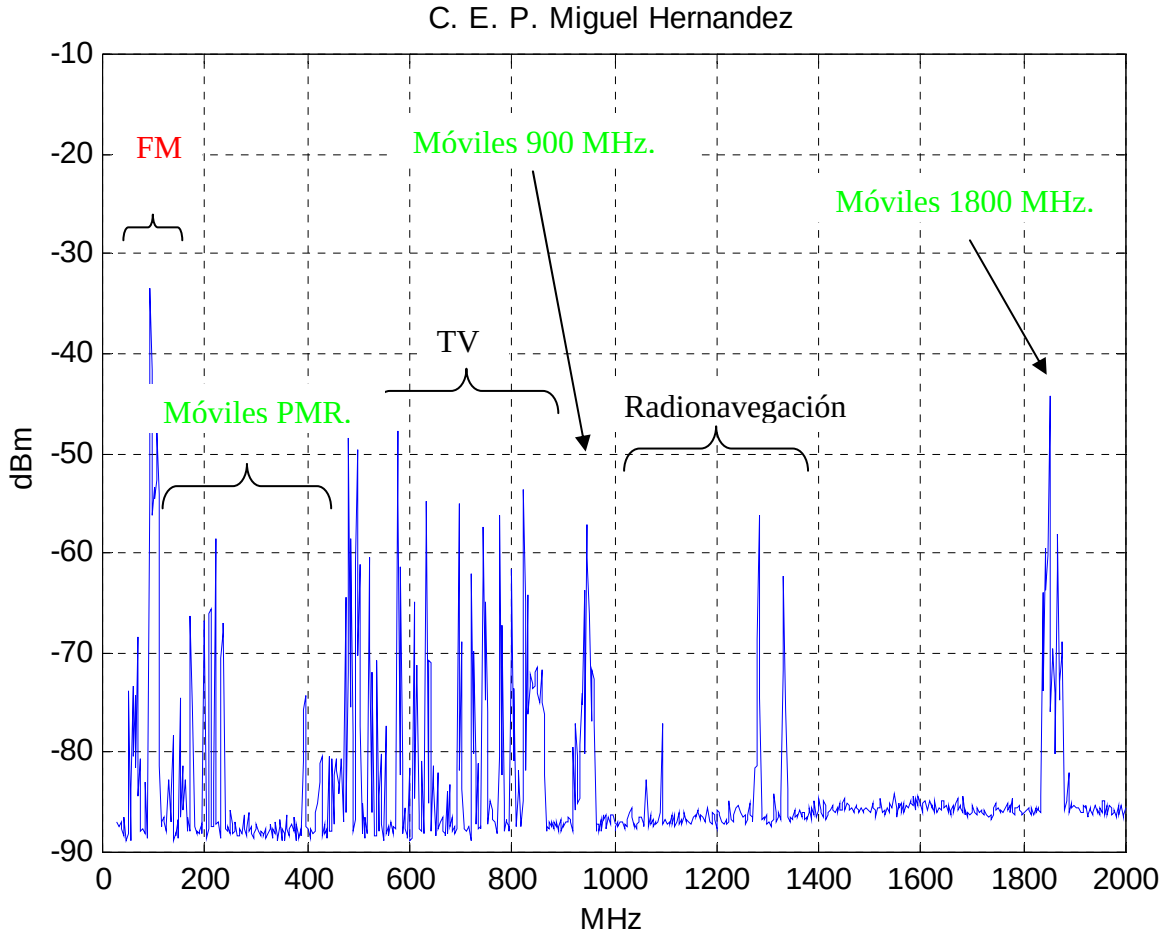


Fig. 39. Análisis espectral en el CEP Miguel Hernández.

En esta ubicación, el nivel máximo de radiación corresponde de nuevo a las emisiones de FM (-33 dBm), pero en este caso con un nivel inferior a las localizaciones anteriores. Las emisiones de PMR, televisión y sistemas de radionavegación, se reciben aquí con mayor nivel, situándose entre –50 y –70 dBm.

Con respecto a las emisiones de comunicaciones móviles GSM, los niveles más altos corresponden a la banda de 1800 MHz, con valores cercanos a – 40 dBm, mientras que en la banda de 900 MHz la potencia recibida es mucho más baja y con picos de –58 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Ramón y Cajal.

Las medidas se han realizado en el patio del colegio, compartido con la Escuela Infantil Marionetas, por lo que los resultados obtenidos son los mismos para las dos localizaciones. En la figura 40 se pueden observar, en el margen espectral analizado, los niveles de potencia recibida correspondientes a los sistemas de Radiocomunicaciones en este colegio.

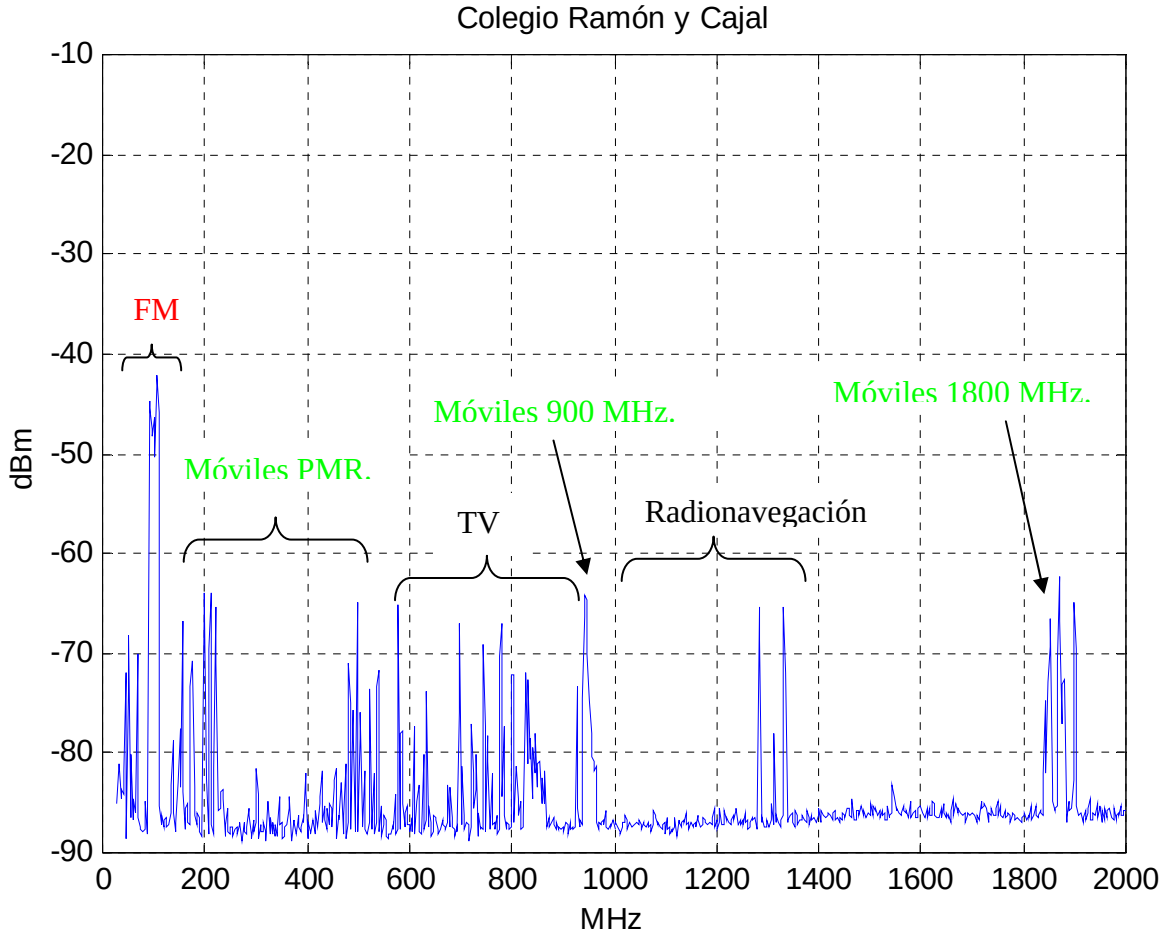


Fig. 40. Análisis espectral en el CEP Ramón y Cajal.

En esta ubicación, debido al apantallamiento producido por los edificios que rodean a estos colegios, los niveles de radiación recibidos son muy bajos. Excepto en el caso de las emisiones de FM, con niveles cercanos a -40 dBm, el resto de emisiones, incluidas las correspondientes a las comunicaciones móviles en ambas bandas son a –60 dBm.

Análisis espectral en el colegio concertado J.A.B.Y..

Las medidas se han realizado en la terraza del colegio. En la figura 41 se pueden observar, en el margen espectral analizado, entre 30 MHz y 2 GHz, los niveles de potencia recibida correspondientes a los sistemas de Radiocomunicaciones en este colegio.

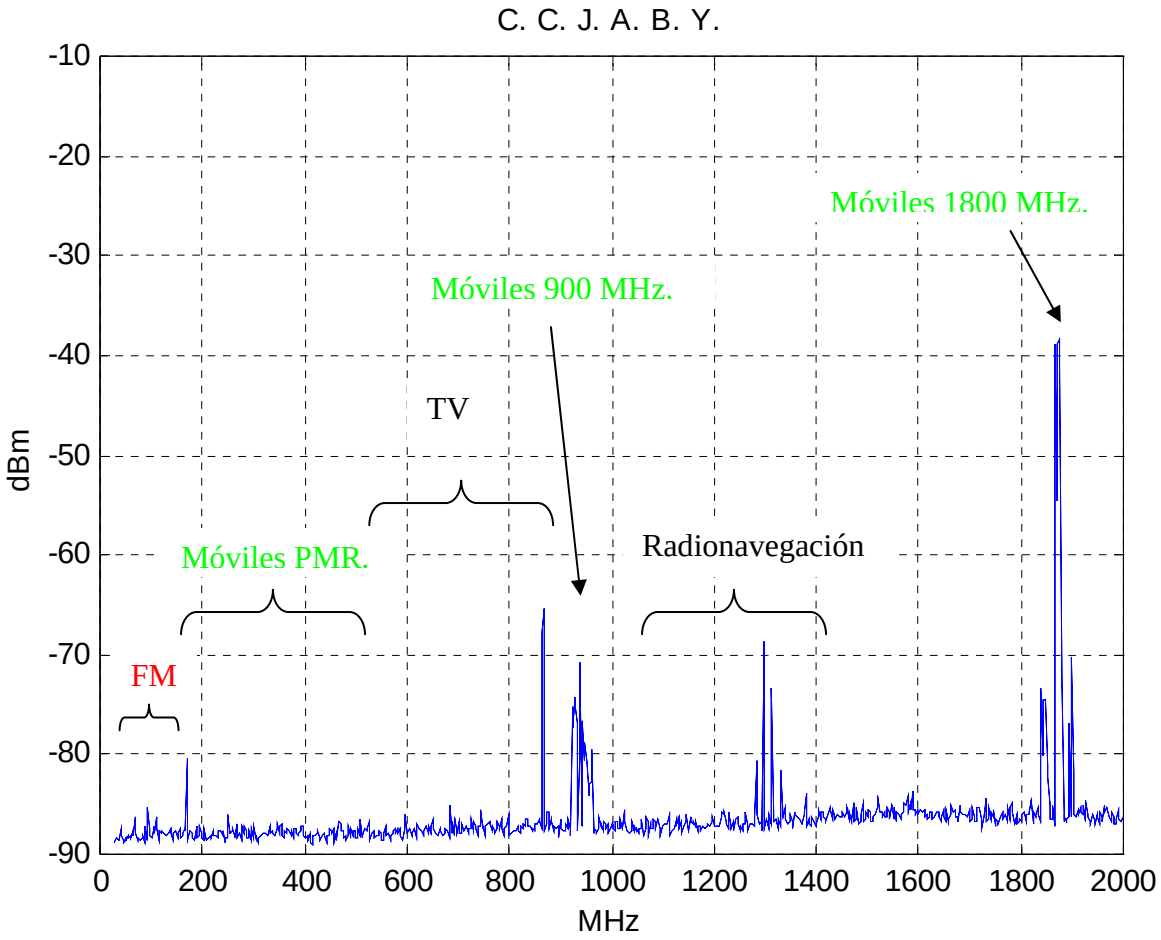


Fig. 41. Análisis espectral en el CC J.A.B.Y.

En esta ubicación, debido a que la terraza donde se han realizado las medidas está totalmente rodeada de edificios, los niveles de radiación recibidos en casi todos los sistemas son muy bajos. Es de destacar, que prácticamente no se reciben las señales de FM y Televisión. Los niveles de señal para las comunicaciones móviles en la banda de 900 MHz y los sistemas existentes entre 1000 y 1400 MHz recibidos tienen valores inferiores a –60 dBm. Solamente para el caso de las comunicaciones GSM 1800, se reciben niveles de un cierto valor, cercanos a –40 dBm.

Análisis espectral en el colegio de enseñanza pública Juan Ramón Jiménez.

Las medidas se han realizado en el patio del colegio. En la figura 42 se pueden observar, entre 30 MHz y 2 GHz, los niveles de potencia recibida en este colegio correspondientes a las emisiones de Radiocomunicaciones.

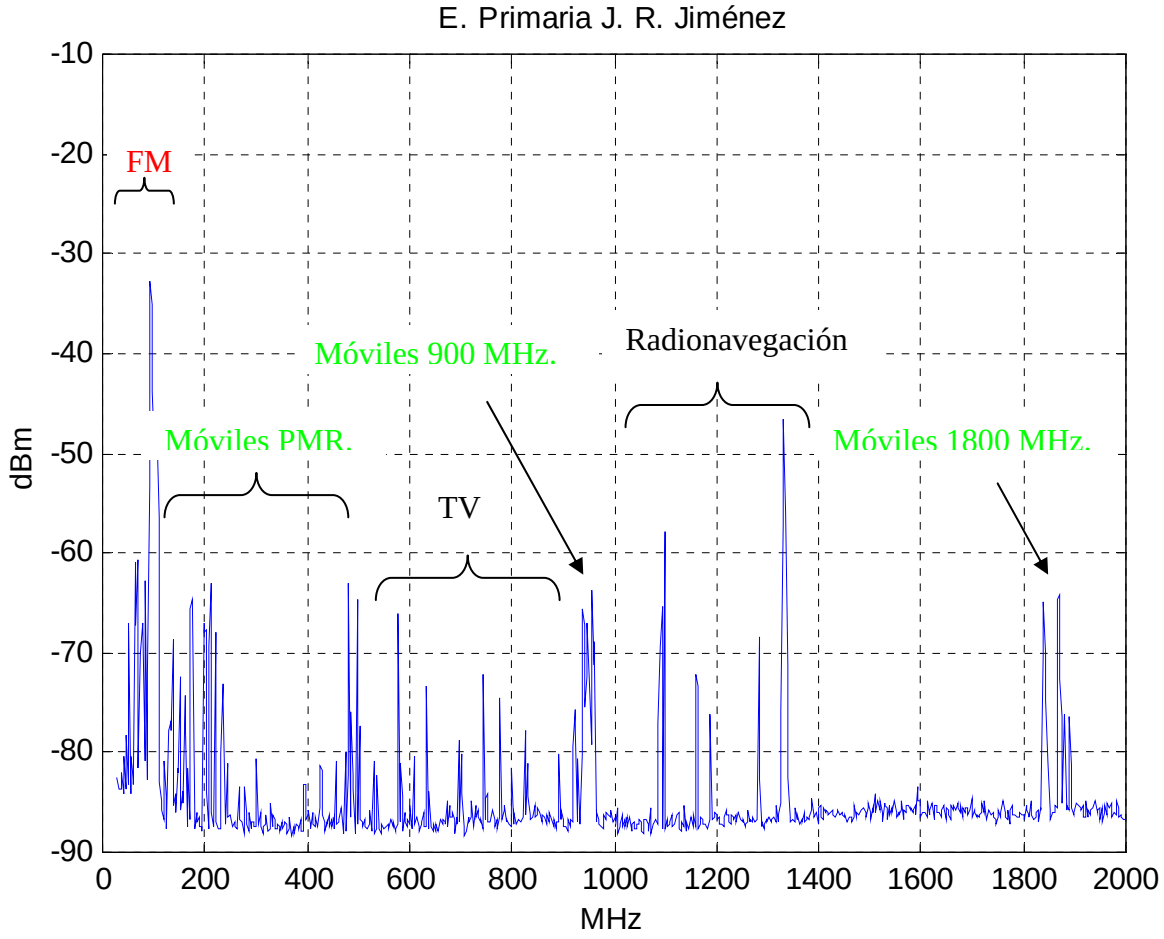


Fig. 42. Análisis espectral en el CEP Juan Ramón Jiménez.

En esta ubicación, los niveles son bastante similares a muchas de las localizaciones anteriormente examinadas, con un máximo en las emisiones de FM de –32 dBm, y niveles inferiores a –60 dBm para los móviles privados y las emisiones de Televisión. Los sistemas de radionavegación presentan un valor superior a otra localizaciones, pero en cualquier caso inferior a -45 dBm.

Con respecto a las emisiones de comunicaciones móviles GSM, los niveles son muy bajos en esta localización para ambas bandas, inferiores a –60 dBm.

Comparación con los límites del Real Decreto 1066/2011

En este apartado vamos a comparar los resultados obtenidos tras el proceso de medidas, expuestos en el apartado anterior, con los valores máximos de energía radiada, en función de la frecuencia, dados por la normativa europea vigente. Se han utilizado los límites se seguridad a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)definidos en el Real Decreto en vigor desde su publicación el 28 de Septiembre de 2001

En primer lugar compararemos las muestras suma para el conjunto de los operadores de GSM, que ya fueron representadas en la figura 24, junto con el valor máximo de potencia recibida tanto en la banda de 900 MHz como en 1800 MHz. Esto es debido a que el límite máximo para las emisiones radioeléctricas en la bandas de comunicaciones móviles son proporcionales a la frecuencia, por lo tanto, este límite será distinto para las dos bandas en que operan los sistemas móviles GSM, y teniendo en cuenta que en los valores suma del conjunto de operadores representado, se incluyen tanto las portadoras a 900 MHz, como a 1800 MHz.

En segundo lugar se procederá a comparar las medidas espectrales realizadas en las 11 localizaciones que han sido anteriormente analizadas, con los valores máximos dados por la normativa. En este caso el límite máximo en potencia va disminuyendo con la frecuencia, al considerar una antena isotrópica como elemento de referencia, aunque en la norma y en unidades de densidad de potencia va aumentando con la frecuencia,

Las comparaciones realizadas en este apartado nos permitirán conocer, con toda certeza, si en algún punto de las zonas analizadas se supera o incluso si nos acercamos a los límites establecidos por la normativa vigente.

A partir de estas comparaciones podremos establecer las necesarias conclusiones a todo el proceso de medidas y análisis efectuado

Comparación de las medidas de móviles con la normativa.

En la siguiente figura se muestra el conjunto de muestras, correspondientes a la suma de las portadoras de mayor potencia de las operadoras de GSM, en comparación con los niveles máximos dados por la normativa europea, para exposición continua a campos electromagnéticos radiados en las frecuencias de operación de estos sistemas.

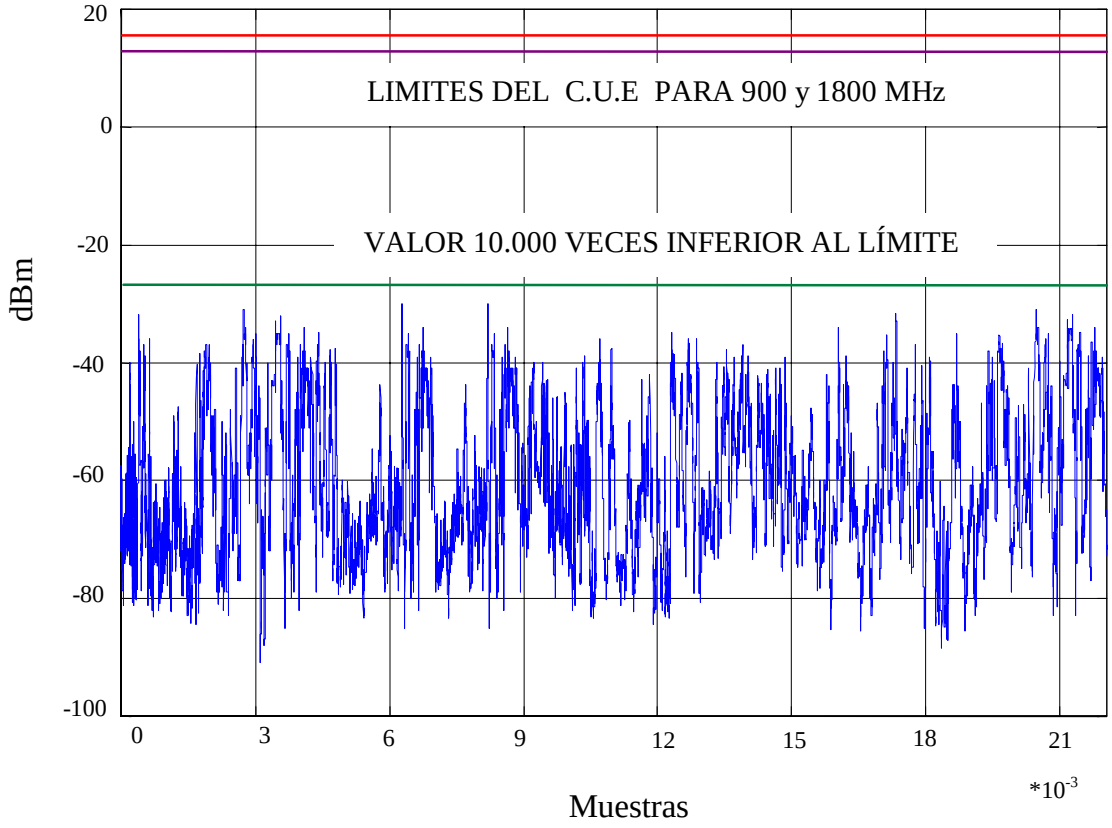


Fig. 43. Comparación de la suma del conjunto de operadoras GSM y normativa del Consejo de la U.E.

Como se puede apreciar en la anterior gráfica, en todos los casos la suma del conjunto de portadoras medidas (muestras en azul), correspondientes a los diferentes operadores de GSM, tanto en la banda de 900 MHz como en la de 1800 MHz, permanecen muy por debajo de los límites dados en la normativa vigente (línea roja, para 900 MHz y línea morada, para 1800 MHz). En concreto y como aparece representado por la línea verde, en todos los casos medidos se asegura que se está al menos 40 dB por debajo de esos límites, es decir valores de potencia 10.000 veces inferiores a los máximos admitidos.

Comparación del análisis espectral con la normativa

En las siguientes figuras se representan, para cada una de las localizaciones donde se han realizado las medidas y el análisis espectral, la comparativa de los valores medidos (traza azul) con la normativa europea al respecto (curva roja); indicando además, mediante una curva adicional (verde), cuantas veces por debajo de la normativa se encuentran las medidas efectuadas.

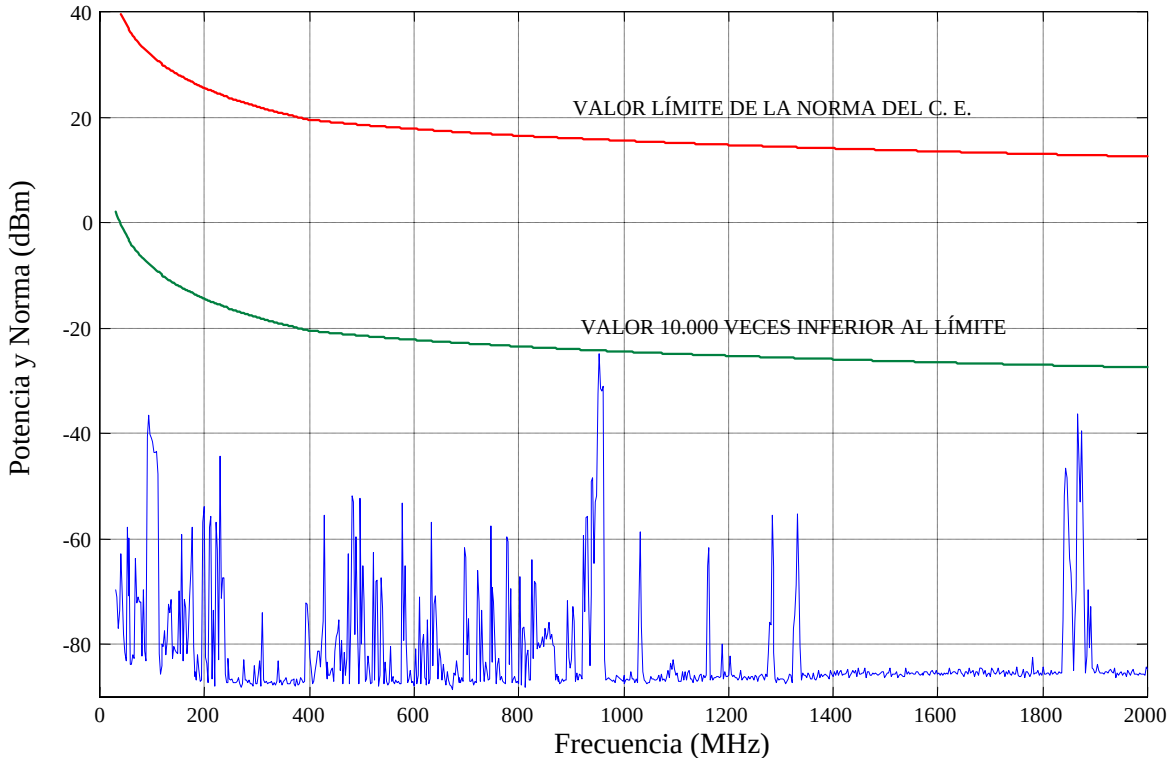


Fig. 44. Comparación entre las medidas en el Ayuntamiento y el límite del CE

Analizaremos con un poco más de detalle este primer emplazamiento, dado que en él se da el máximo de nivel de potencia recibida para los sistemas de comunicaciones móviles GSM, con valores cercanos a –20 dBm, de todos los emplazamientos analizados. Como ya se comento en el apartado de análisis espectral, la terraza del ayuntamiento donde se tomaron las medidas, está a escasos 50 m de una torre de comunicaciones móviles y a prácticamente la misma altura. A pesar de esta cercanía los valores medidos están 10.000 veces (40 dB) por debajo de la normativa vigente. El resto de emisiones, como se puede comprobar en la gráfica, está mucho más por debajo del límite.

En las sucesivas gráficas se puede observar que el conjunto de emisiones está siempre muy por debajo del límite de la norma, con valores de hasta 1.000.000 e incluso 10.000.000 de veces inferior.

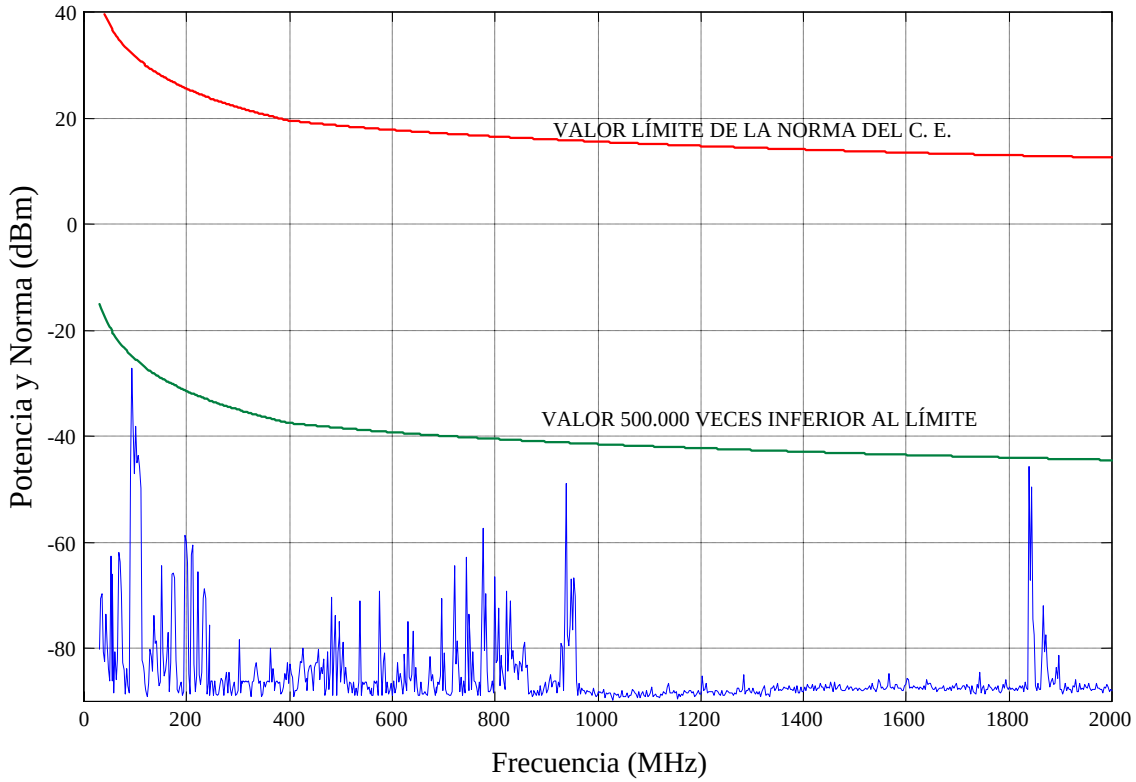


Fig. 45. Comparación entre las medidas en el C. E. P. Severo Ochoa ; orientación ESTE y el límite del CE.

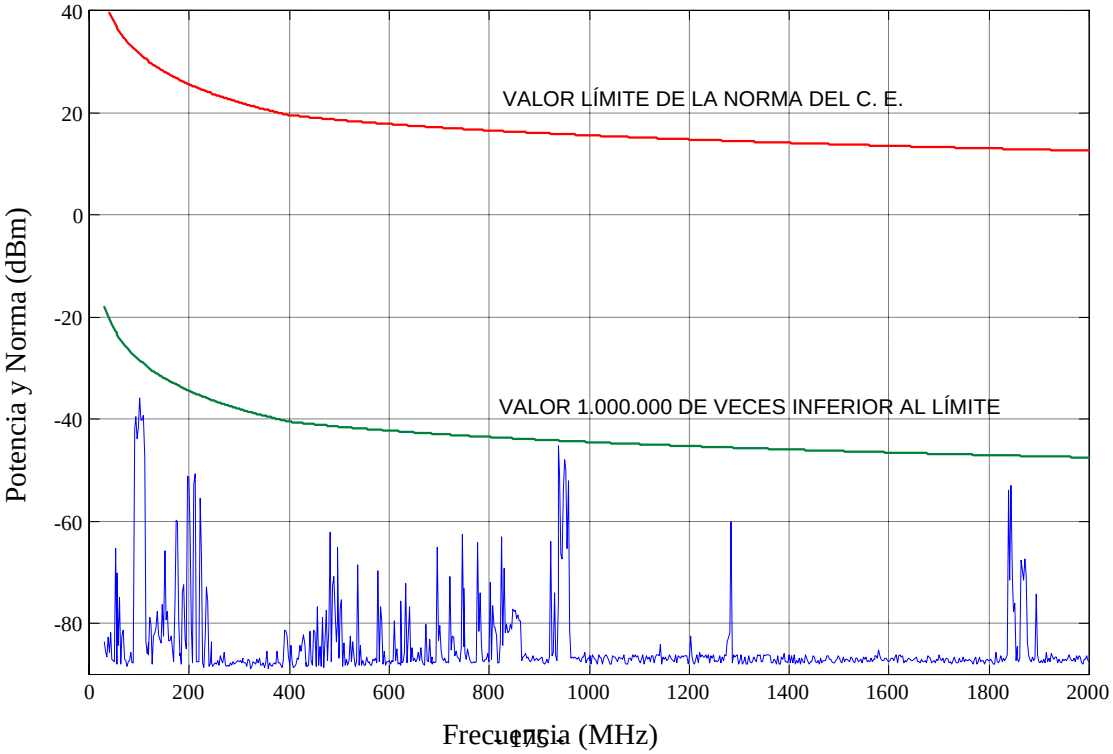


Fig. 46. Comparación entre las medidas en el C. E. P. Severo Ochoa; orientación OESTE y el límite del CE

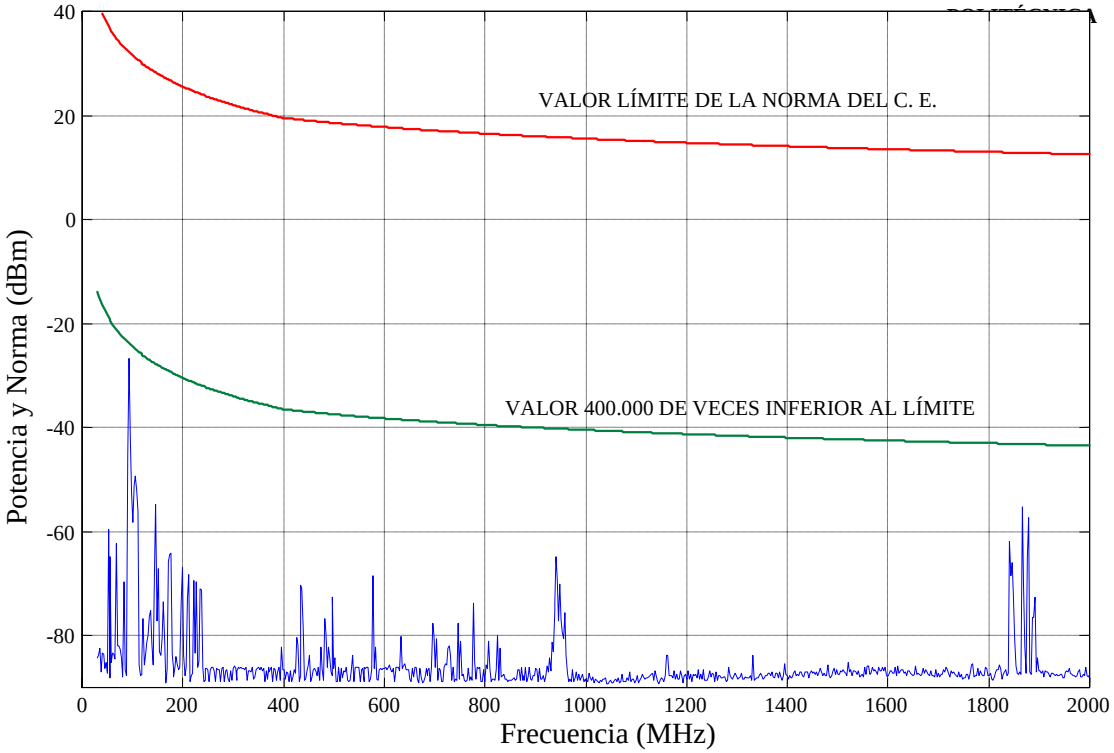


Fig. 47. Comparación entre las medidas en el C. E. P. 1º de Mayo y el límite del CE

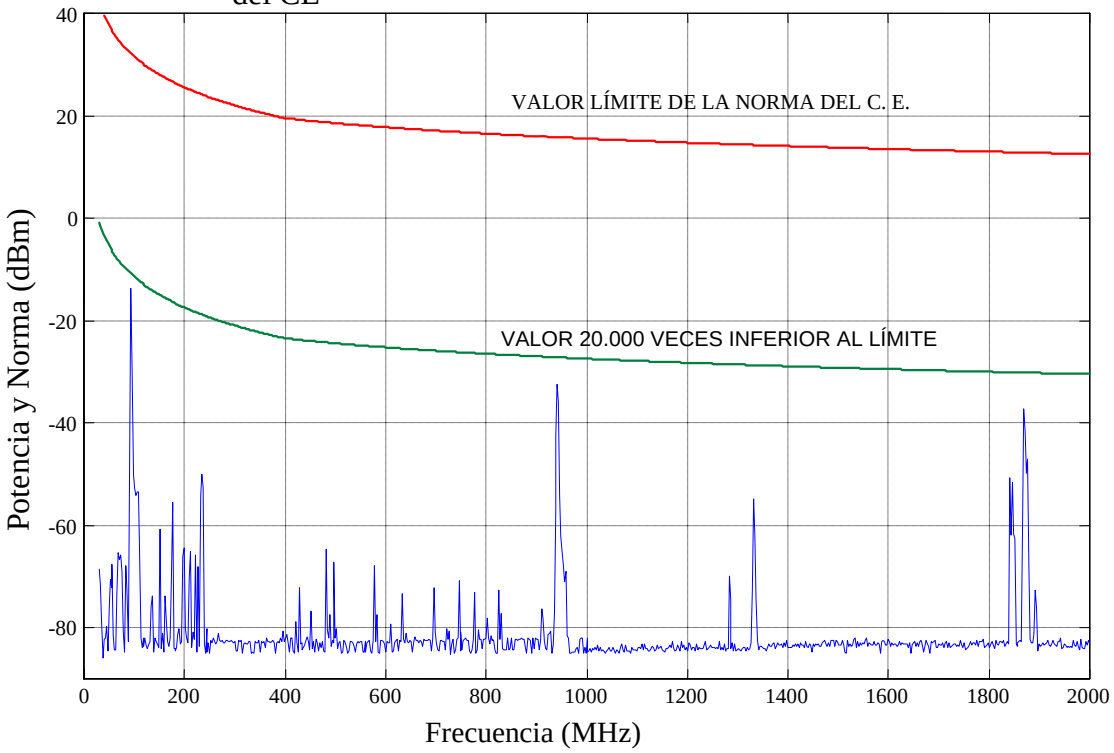


Fig. 48. Comparación entre las medidas en el C. E. P. Rafael Alberti y el límite del CE

En esta localización, donde se obtenía un máximo en la radiación en FM, nos encontramos unas 20.000 veces por debajo del límite de la normativa.

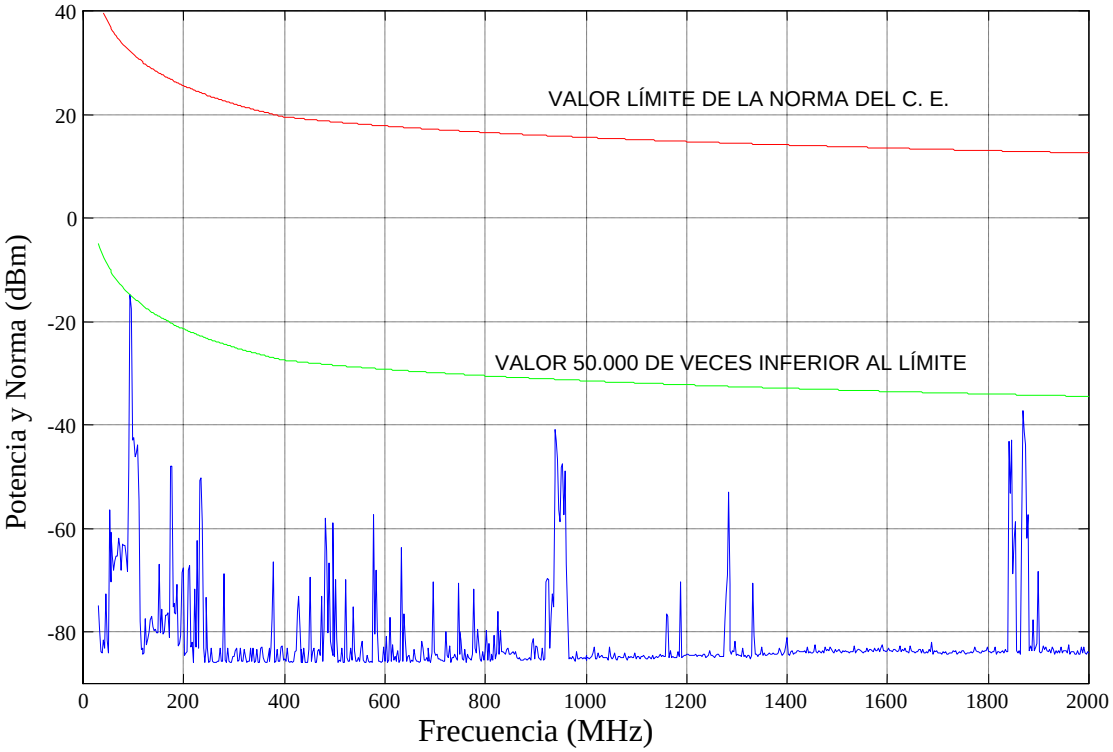


Fig. 49. Comparación entre las medidas en el C. E. P. A. Machado y el límite del CE

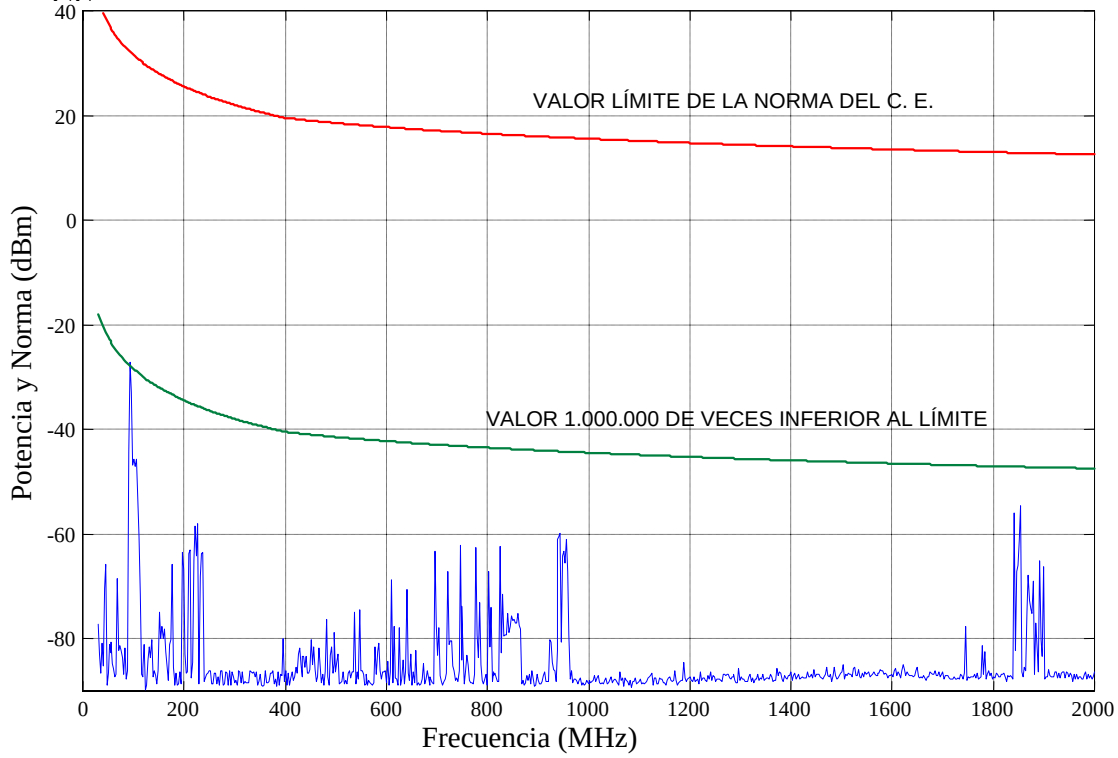


Fig. 50. Comparación entre las medidas en el C. E. P. Giner de los Ríos y el límite del CE

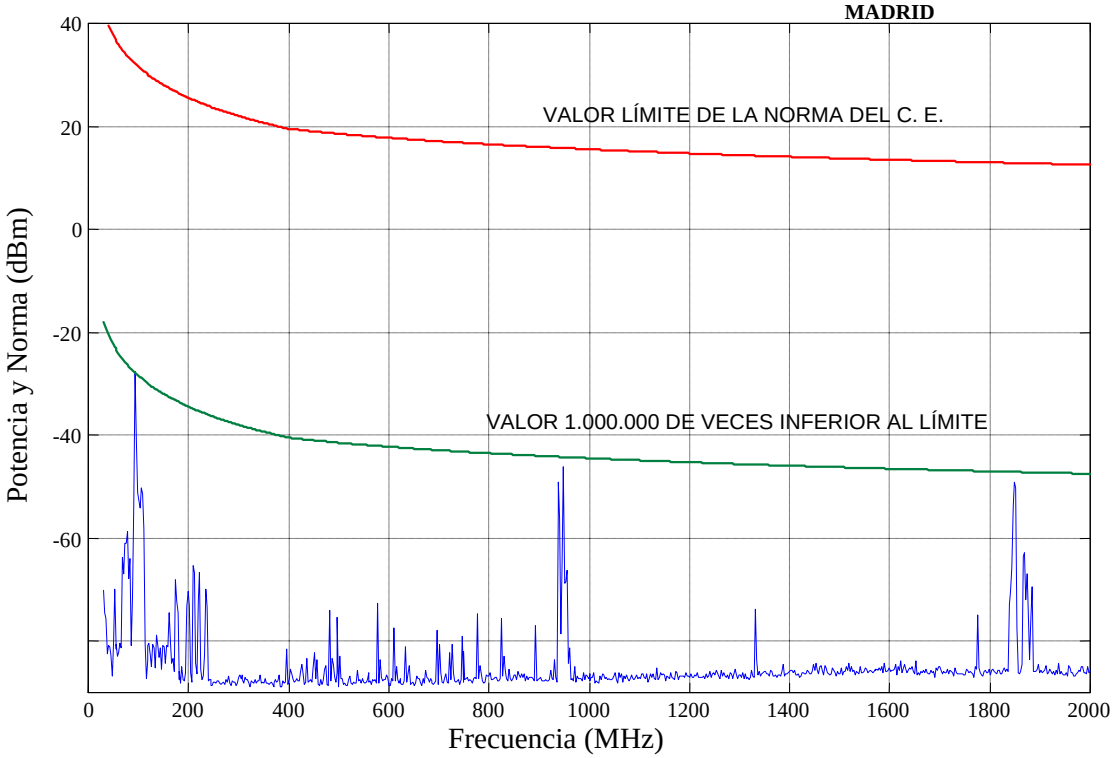


Fig. 51. Comparación entre las medidas en el C. E. P. La Gaviota y el límite del CE

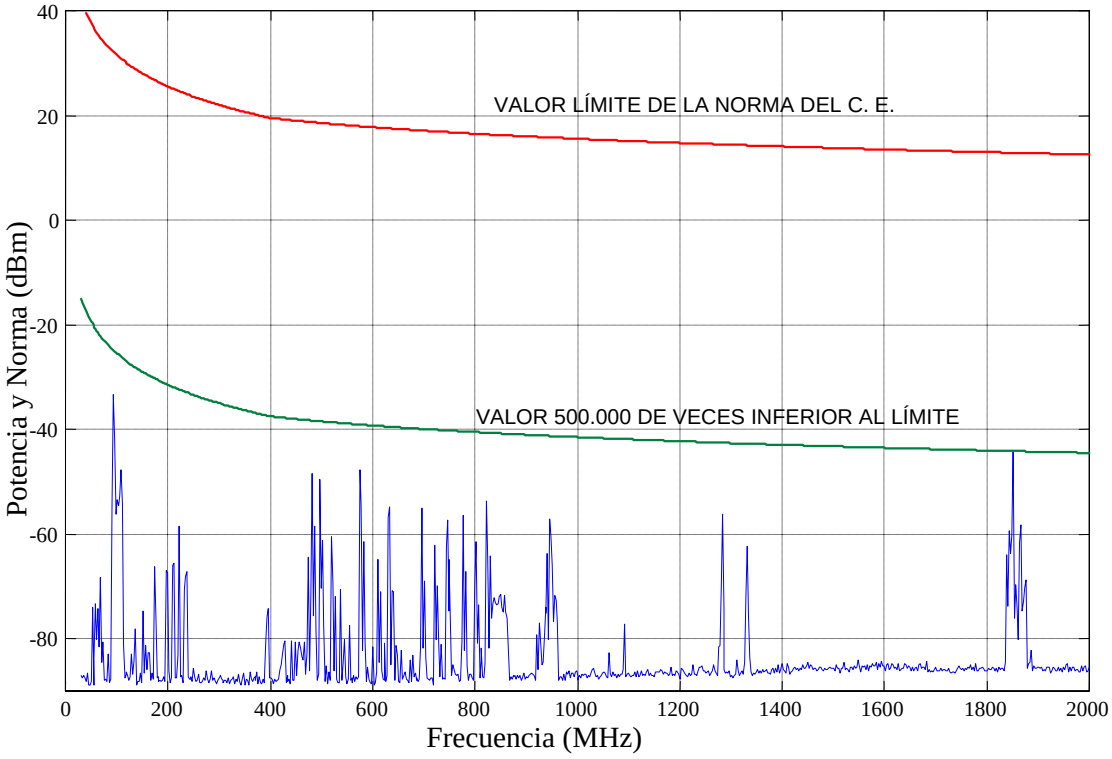


Fig. 52. Comparación entre las medidas en el C. E.P. Miguel Hernández y el límite del CE

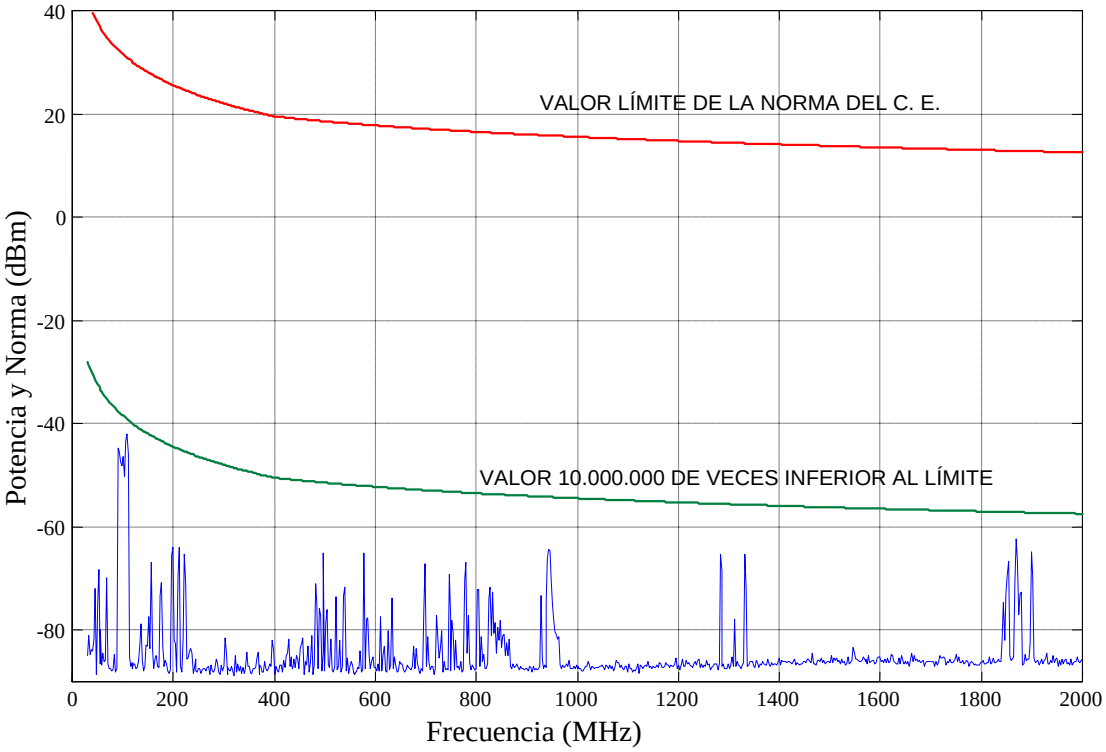


Fig. 53. Comparación entre las medidas en el Colegio Ramón y Cajal y el límite del CE

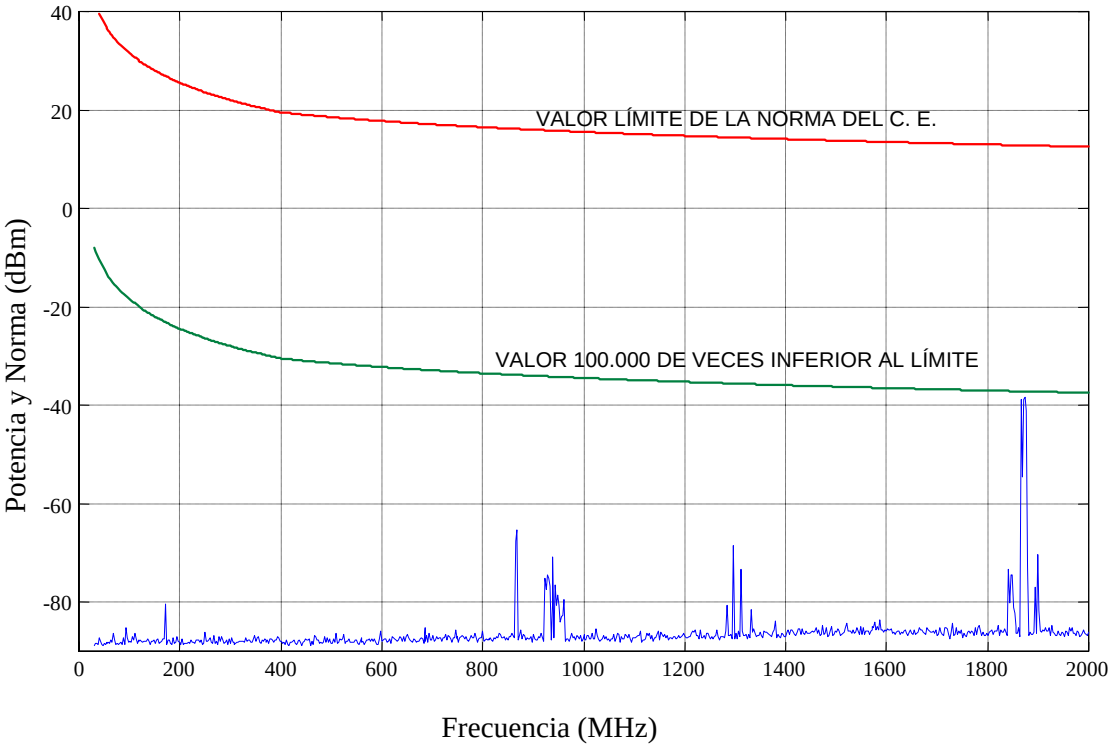


Fig. 54. Comparación entre las medidas enl el C. C. J. A. B. Y. y el límite del CE

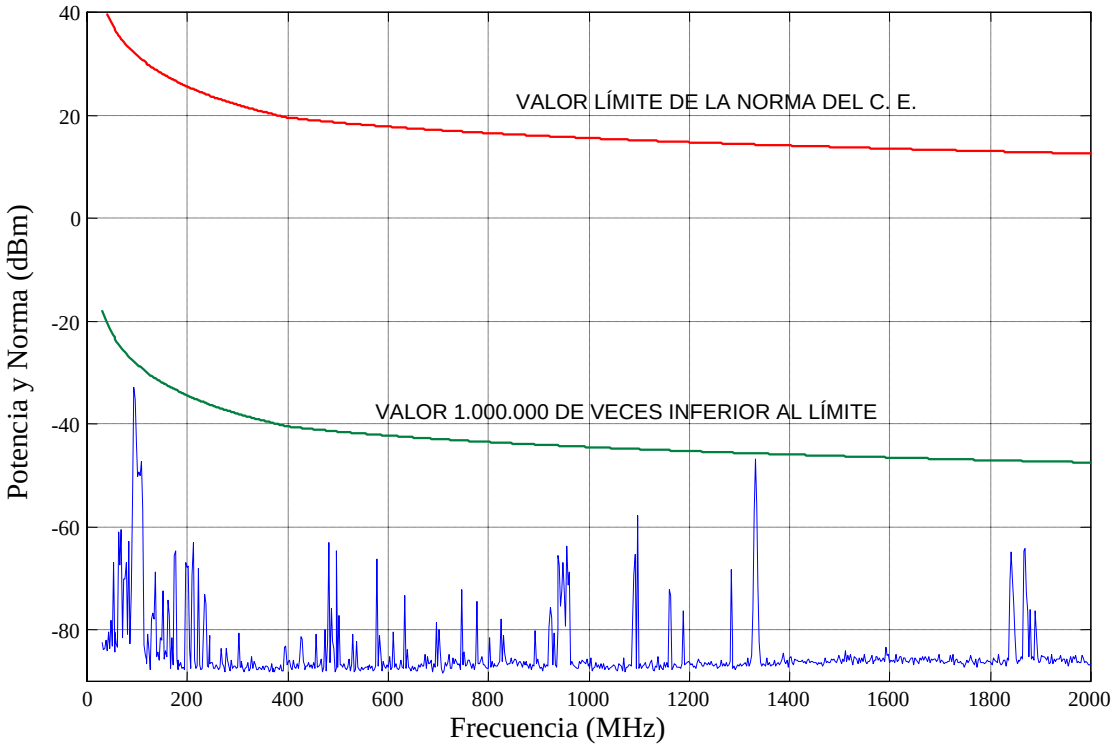


Fig. 55. Comparación entre las medidas en el E. Primaria J. R. Jiménez y el límite del CE

Esta gráfica corresponde a la última de las localizaciones medidas y analizadas. En este caso la potencia recibida es 1.000.000 de veces inferior (60 dB), en todo el rango de frecuencia analizado, al límite establecido por la normativa. Estos valores tan bajos de energía recibida, como ya se comento, son debidos fundamentalmente, a la atenuación, o efecto de apantallamiento producido por los edificios, que rodean este colegio, lo que impide la línea de visión directa con las estaciones emisoras.

Conclusiones.

En esta parte correspondiente a las medidas radioeléctricas realizadas y al análisis de las mismas efectuado, se han descrito en primer lugar los equipos y los procedimientos de medida llevados a cabo. Posteriormente se han indicado los lugares donde se han realizado el conjunto de medidas, tanto las correspondientes a los sistemas de comunicaciones móviles GSM como a los análisis espectrales efectuados. Es necesario reseñar aquí, el elevado número de muestras tomadas y el posterior procesamiento de las mismas, con el fin de representar los resultados obtenidos.

Una vez representadas las medidas y establecida la comparación con los límites fijados por la normativa europea, relativos a la máxima exposición a las radiaciones no ionizantes utilizadas en las radiocomunicaciones, se cumplen esto límites en todas las localizaciones analizadas, con un margen muy amplio.

En definitiva la principal conclusión que podemos obtener de las medidas realizadas en el municipio de Torrejón de Ardoz es que los niveles de señal electromagnética en frecuencias superiores a 30 MHz, que son las utilizadas por los modernos sistemas de radiocomunicación, están muy por debajo de los límites máximos fijados recientemente por la Comunidad Europea. El máximo de potencia recibida medido corresponde a las emisiones de FM.

Respecto a los niveles de energía electromagnética procedentes de los sistemas de comunicaciones móviles que operan en las bandas de 900 MHz, y 1.8 GHz, se encuentran no solamente muy por debajo de los niveles máximos permitidos, sino que están en niveles inferiores a los niveles de las emisoras de FM. Los niveles máximos de potencia obtenidos en los recorridos, no superan en ningún caso el valor de –30 dBm. El mayor valor de potencia obtenido, para estos sistemas, corresponde, como se ha comentado, a las medidas efectuadas en la terraza del ayuntamiento, muy cerca de una torre de comunicaciones móviles y sin ningún obstáculo interpuesto.

En resumen, los niveles obtenidos en las zonas medidas, tanto mediante recorridos en coche por las principales calles del municipio, como en las zonas escolares y el ayuntamiento donde se ha realizado un análisis más detallado, son en todo caso 10.000 veces inferiores a valores que pudieran ser considerados perjudiciales para la salud.

CAPITULO VI.
Conclusiones y recomendaciones

Se presentan en este Capítulo las conclusiones de los capítulos anteriores y se elaboran a modo de recomendaciones del Plan Especial

Se asume como fuente principal normativa en este apartado, como en todos los que siguen, el REAL DECRETO 1066/2001, de 22 de septiembre de 2001, que desarrolla la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas y por el que se establecen condiciones de evaluación sanitaria de fuentes de emisiones radioeléctricas. Real Decreto que sigue estrictamente la Recomendación del Consejo de la UE de 12 de Julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz). El mencionado Real Decreto se incluye en el Anexo I del presente documento.

La planificación de la red. Ubicación de las antenas

La planificación de las redes de móviles, específicamente, la selección de las ubicaciones de los emplazamientos para las antenas constituye el principal elemento para el control y optimización del impacto medio-ambiental de las antenas.

Ha de evitarse que la planificación de una red se efectúe “sobre la marcha” basada en un entendimiento directo de las operadoras con los propietarios de los lugares donde desean instalar las antenas y en el principio de trabajar con antenas a suficiente altura. Ha de exigirse que el despliegue de una red esté precedido de una planificación exhaustiva negociada con el Ayuntamiento en la que se tengan en cuenta todos los aspectos que se identifican a continuación.

La planificación en la Normativa (Real Decreto 1066/2001)

En el tema concreto de la planificación de las redes de comunicaciones el Artículo 8.7 del Real Decreto dice:

En la planificación de las instalaciones radioeléctricas, los titulares de las mismas deberán tener en consideración, entre otros criterios, los siguientes:

1. *La ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas deben minimizar los niveles de exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas con origen tanto en éstas como, en su caso, en los terminales asociados a las mismas, manteniendo una adecuada calidad del servicio.*

2. *En el caso de instalación de estaciones radioeléctricas en cubiertas de edificios residenciales, los titulares de instalaciones radioeléctricas procurarán, siempre que sea posible, instalar el sistema emisor de manera que el diagrama de emisión no incida sobre el propio edificio, terraza o ático.*

3. *La comparación (*compartición*) de emplazamientos podría estar condicionada por la consiguiente concentración de emisiones radioeléctricas*

4. *De manera particular, la ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas deben minimizar, en la mayor medida posible, los niveles de emisión sobre espacios sensibles, tales como escuelas, centros de salud, hospitales o parques públicos*

En el Artículo 8 del Capítulo IV del Reglamento, de los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas, donde se establecen los requisitos para la autorización de estaciones radioeléctricas y criterios de planificación se dice:

Los operadores que establezcan redes soporte de servicios de radiodifusión sonora y televisión y los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2 presentará un estudio detallado, realizado por técnico competente, que indiquen los niveles de emisión radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas en las que puedan permanecer habitualmente personas.

Asimismo, el Artículo 9 sobre Inspección y Certificación de las instalaciones radioeléctricas, dice:

1. *Será requisito previo a la utilización del dominio público radioeléctrico por parte de los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8 la inspección o reconocimiento satisfactorio de las instalaciones por los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología, en los términos establecidos en el artículo 65 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones.*

2. *Las instalaciones radioeléctricas deben ser realizadas por instaladores de telecomunicación inscritos, para el tipo correspondiente, en el registro de instaladores de telecomunicación, según lo dispuesto en el Real Decreto 279/1999, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de las Infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones.*

3. *Los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología elaborarán planes de inspección para comprobar la adaptación de las instalaciones a lo dispuesto en este Reglamento.*

   Asimismo, los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2 deberán remitir al Ministerio de Ciencia y Tecnología, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por técnico competente de que se han respetado los límites de exposición establecidos en el Anexo II de este Reglamento durante el año anterior. Este Ministerio podrá ampliar esta obligación a titulares de otras instalaciones radioeléctricas.

   Con carácter anual, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, sobre la base de los resultados obtenidos en las citadas inspecciones y a las certificaciones presentadas por los operadores, elaborará y hará público un informe sobre la exposición a emisiones radioeléctricas.

Participación del Ayuntamiento. Análisis de la situación

De la Normativa se deducen dos conclusiones:

1. Corresponde al Ministerio de Ciencia y Tecnología, a sus servicios técnicos, la inspección y reconocimiento satisfactorio de las instalaciones y la valoración de los informes de las operadoras al respecto.

2. Sin embargo, ante un proyecto de despliegue concreto en un Municipio como el de Torrejón de Ardoz parece recomendable, independientemente de las tareas del Ministerio, que el Ayuntamiento se involucre de manera efectiva en la fase de planificación de las redes para que, desde el comienzo, el proceso de instalación pueda ser controlado, se asegure un seguimiento continuado de las instalaciones y sea posible, como consecuencia de esa cercanía al problema, intervenir y mediar eficazmente en todas aquellos conflictos que pudieran surgir

El punto de partida, sin embargo, es claramente distinto:

1. Las operadoras pocas veces hacen partícipe al Ayuntamiento de sus trabajos de diseño de la red, fase en la que a nuestro juicio se podría ser mas eficaz en la minimización del impacto medioambiental, dado que solo en este momento, desde un análisis de conjunto de toda la red, es posible hacer uso de todos los elementos de control y optimización disponibles. Una vez iniciado un despliegue no consensuado cada instalación puede implicar un conflicto para cuya solución se dispone de un margen de maniobra muy reducido.

   Este criterio de colaboración debería extenderse igualmente a las tareas siguientes de actualización de las redes, ocasionadas por cambios tecnológicos o por las variaciones en la demanda de tráfico de los ciudadanos

2. En el mejor de los casos las compañías presentan al Ayuntamiento expedientes de autorización de instalaciones de estaciones concretas. En estos casos se dan múltiples opciones, todas ellas sin control: 1) la estación se instala antes recibir la autorización, resultando en muchos caso que la solicitud es denegada cuando la antena lleva operando mucho tiempo; 2) la antena no llega a instalarse sin que se notifique la decisión o se ubica en un lugar distinto al solicitado; 3) y otras muchas incidencias de las que el Ayuntamiento es ajeno

3. En muchas otras ocasiones no existe solicitud alguna de instalación por la operadora, que la instala por su cuenta negociando directamente con los propietarios de los edificios o terrenos donde deciden ubicarla

Por todo ello parece evidente que el Ayuntamiento:

1. Conozca y disponga de un inventario e información exhaustiva de las antenas desplegadas en cada red

2. Participe y controle eficazmente estos procesos de planificación

Respetando siempre la libertad de la compañía y sus derechos derivados de la Licencia en su poder y el Real Decreto 1066/2001

Participación del Ayuntamiento. Recomendaciones

De lo anterior se deduce la conveniencia de instaurar los procedimientos que permitan al Ayuntamiento las siguientes funciones:

1. Revisar todos los proyectos de planificación de las compañías que están operando en el Municipio. Dado que no existe mas allá de alguna documentación incompleta de algunas estaciones de cada red, es necesario

exigir a cada operadora que documente[3] su red en conjunto incluyendo los aspectos y factores siguientes: 1) localización de las antenas; 2) características físicas y eléctricas de cada antena y del resto de la infraestructura instalada (casetas de equipos, energía eléctrica, torres de antenas, accesos, enlaces de comunicaciones, etc.) y 3) mapas de radiación resultantes

2. Para la ampliación o modificación de las redes existentes se exigirá a las operadoras aportar los detalles del punto anterior haciendo especial hincapié en la negociación de las nuevas ubicaciones en función del despliegue existente. Todo nuevo cambio en la antena, como un incremento en la potencia de salida, variación en altura, etc., debe seguir un procedimiento como si fuese la construcción de una nueva antena

3. Para los proyecto de despliegue nuevos o la incorporación a los existentes de nuevas redes y servicios se exigirá a las compañías que negocien con el Ayuntamiento su plan global, con el fin de satisfacer los intereses de la compañía y de la comunidad en términos de minimizar el impacto medioambiental y la seguridad de los ciudadanos y, al mismo tiempo, facilitar la interacción futura de las compañías con el Ayuntamiento y de este con sus ciudadanos. Esta negociación, salvaguardando la libre competencia entre las operadoras, debería incluir todos aquellos aspectos que se consideren imprescindibles para que el Ayuntamiento disponga de toda la información necesaria para interactuar en los dos frentes indicados: 1) con la compañía para llegar a un consenso beneficioso para ambas partes y 2) con los ciudadanos para justificar las decisiones tomadas.

4. Los aspectos del proceso de planificación de las redes que se negociarán serán todos aquellos que se han descrito en el Capítulo II, que permitan sacar el máximo partido a los grados de libertad disponibles, sin poner en peligro el principio de competencia entre empresas. Es decir:

   - Elección del tamaño y tipo de células en función de la distribución del tráfico.
   - Diseño de la red o malla celular con los tipos de células establecidos.
   - Elección de los sistemas radiantes y sus diagramas de radiación. Localización aproximada de bases. En este punto la colaboración del Ayuntamiento y las empresas puede resultar muy provechoso, sin descartar que algunos emplazamientos pudieran ser proporcionado por el propio Ayuntamiento
   - Obtención de mapas de cobertura radio con estimaciones de niveles de potencia en las calles y en el interior de edificios próximos a las bases

[3] Siempre salvaguardando la soberanía e independencia de las compañías

- Selección de los emplazamientos disponibles para las ubicaciones de estaciones base. Identificación de infraestructuras disponibles para mástiles, casetas de equipos y tiradas de cables. Suministro de energía.
- Elección de antenas. Análisis del impacto visual previsible de las antenas.

Una vez concluida esa fase de negociación la compañía procederá a la redacción del proyecto técnico de la estación que incluirá necesariamente la justificación de las medidas de seguridad adoptadas. Proyecto que será entregado al Ayuntamiento para su aprobación definitiva.

A partir de aquí la compañía iniciará las negociaciones con los propietarios de edificios o terrenos para conseguir las autorizaciones correspondientes. El proyecto concluye con la realización de las medidas radioeléctricas: una vez realizada la instalación se efectúan medidas finales (*Drive Test*) con una Unidad Móvil para ratificar los cálculos efectuados y verificar que se cumplen los valores de campo previstos y las normas relativas a los niveles de radiación. En esta fase, de ser necesario, se procede al reajuste de las potencias indicadas.

Acabado todo el proceso, al tiempo que se emite la certificación técnica preceptiva para la Administración, la compañía elaborará un informe de los resultados obtenidos y su correlación con las previsiones en el proyecto técnico, completándose la documentación del caso en el Ayuntamiento. Que habrá de actualizarse siempre que la red sufra cualquier modificación.

Tecnologías de antenas e impacto medioambiental

Minimización del impacto visual: tamaño de las antenas

Una de las principales diferencias que podemos encontrar entre las primeras instalaciones de telefonía móvil digital y las modernas, es la reducción del número de antenas sobre la estación base. También se puede apreciar a simple vista la segunda diferencia importante, que el tamaño de las antenas se ha reducido:

1. Las primeras estructuras radiantes constaban de 3 conjuntos de antenas compuesto cada uno de ellos, por un panel de transmisión y dos de recepción, separados entre sí de 2 a 3 m., lo que suponía una envergadura notable de la torre. Desde hace unos dos años, se disponen de la tecnología *"crosspolar"*, con la que las dos antenas de recepción se integran en un único panel pudiendo, incluso, utilizarse una misma estructura radiante

para transmisión y recepción, con lo que las tres antenas por sector de las instalaciones antiguas se reducen a una sola, de manera que el impacto visual disminuye notablemente.

2. Las células que operan en doble banda de 900 y 1800 MHz han venido utilizando antenas diferentes para cada banda. Las antenas de 1800 MHz tienen la mitad de tamaño que las de 900 MHz y se han integrado en las torres existentes sin aumentar su envergadura. La técnica ha desarrollado, recientemente, paneles duales que albergan antenas de 900 MHz y 1800 MHz, de forma que también con estos paneles se minimiza la estructura radiante.

Minimización del impacto visual: tamaño de los soportes

Las dos diferencias mencionadas en el apartado anterior, además de su impacto visual directo, también afectan al soporte de las antenas, ya que al tener un número y tamaño inferiores y ser también menos pesadas, el peso total que debe soportar la torre es sensiblemente inferior.

El impacto visual se valorará por: 1) la fragilidad visual intrínseca, descrita en el capítulo III; y 2) la accesibilidad a la observación donde se consideran, por una parte, la altura de las torres y, por otra, la distancia y accesibilidad visual desde carreteras y núcleos de población, obteniéndose el índice de fragilidad visual total.

El valor de la fragilidad visual evaluado mediante la metodología expuesta, permite tomar medidas para objetivar y minimizar el impacto

Los métodos genéricos que se utilizan, usualmente, para la reducción del impacto paisajístico son los siguientes:

1. Integración: comprende todas las acciones que se realizan con el fin de conseguir que el elemento potencialmente impactante se transforme en un motivo más del paisaje, modificando el diseño y mejorando o sustituyendo los acabados. Para ello, es necesario adaptar el diseño de las casetas, torres y elementos radiantes.

2. Camuflaje: grado máximo de integración, ya que la modificación de las características del elemento potencialmente impactante es tal, que se consigue hacerlo difícilmente destacable en el paisaje.

3. Ocultación: actuación tendente a reducir las cuencas visuales afectadas por el desarrollo del proyecto; como ejemplos simples se podrían citar el pintar la torre de verde en zonas boscosas u, ocultación tras paneles anunciadores.

Minimización del impacto visual: Otros factores

El suministro de energía eléctrica es otro de los factores a considerar. Para ello, se contempla el uso de energías alternativas, particularmente en entornos con alto valor

paisajístico donde el suministro de energía eléctrica suponga la instalación de tendidos eléctricos muy largos sobre postes. Entre las diferentes alternativas pueden destacarse la alimentación por paneles solares, aerogeneradores o, incluso, métodos mixtos como energía solar/grupo electrógeno o aerogeneradores/grupos.

El ruido se localiza en los equipos de aire acondicionado, siendo los principales causantes de este impacto. Los nuevos equipos de aire acondicionado incorporan el denominado *free-cooling* o función de ahorro energético, que permite refrigerar con aire exterior cuando las condiciones lo permiten y, al mismo tiempo, reducir el nivel sonoro. Los diferentes equipos que componen las estaciones de base también son una fuente de ruido, aunque en menor cuantía, debido a encontrarse normalmente en el interior de casetas. Estas casetas están construidas con técnicas y materiales como las estructuras tipo *sándwich* que aportan un excelente aislamiento.

Idoneidad de parques de antenas identificados por el Ayuntamiento

Un aspecto que puede facilitar el cumplimiento de los objetivos anteriores, relativos a la planificación de las redes, es la identificación por el Ayuntamiento, a priori, de localizaciones preferente para las antenas, donde se optimice el impacto medioambiental de las mismas.

En todo caso ha de advertirse que la utilización de esta opción implica una concentración de infraestructuras, por compartición de las torres de soporte de las estaciones base por los distintos operadores o por su proximidad, que implicará una sumación de las potencias radiadas

El Reglamento advierte que: *"la compartición de emplazamientos podría estar condicionada por la consiguiente concentración de emisiones radioeléctricas". Y el Artículo 12: Instalación de estaciones radioeléctricas en un mismo emplazamiento, dice: En el supuesto de instalación de varias estaciones radioeléctricas de diferentes operadores dentro de un mismo emplazamiento, los operadores se facilitarán mutuamente o a través del gestor del emplazamiento, los datos técnicos necesarios para realizar el estudio de que el conjunto de instalaciones del emplazamiento no supera los niveles radioeléctricos máximos establecidos en este Reglamento.*

El impacto en la salud de las torres radiantes

Marco de partida

Del análisis de los efectos descritos en el capítulo IV concluimos que:

1. El balance de los datos disponibles sugiere que la exposición a las emisiones de las antenas dentro de las normas vigentes no produce efectos dañinos para la salud de la población en general

2. Hay evidencias recientes, no obstante, que sugieren efectos potenciales para exposiciones por debajo de las máximas permitidas, que podrían afectar a unos grupos mas que a otros y de las que no ha podido demostrarse que son causa o puedan desembocar en problemas de salud. Pero que, en cualquier caso, no pueden obviarse.

3. Por el momento no es posible establecer unos niveles que podamos decir absolutamente que son completamente inocuos para todo el mundo. La única opción posible y lógica es adoptar un criterio de prudencia mientas se van aclarando los rangos de seguridad para los diferentes grupos de riesgo.

Por ello, se adopta como marco de seguridad la normativa vigente definida en el Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de Abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a los límites de exposición y otras restricciones a las emisiones radioeléctricas y por el que se establecen condiciones de evaluación sanitaria de fuentes de emisiones radioeléctricas. Reglamento que convierte en obligatorios los límites de exposición a emisiones radioeléctricas fijados por el Consejo de la Unión Europea en la Recomendación de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), que vienen cumpliendo ya en la práctica, de manera general, los operadores de telefonía móvil.

Además, el Reglamento garantiza una continuidad en las limitaciones de los niveles de emisión radioeléctrica, mediante la presentación anual de certificaciones por parte de los operadores de telefonía móvil y la elaboración de un informe anual y de planes de inspección por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología

La alternativa de adoptar niveles mas estrictos que los del Reglamento parece que no está justificada científicamente, pues, de acuerdo con las conclusiones anteriores suponiendo que los niveles de la normativa no protegen la salud suficientemente, no hay criterio alguno para definir otros alternativos. Por otra parte, unos niveles de seguridad menores proporcionaría un importante argumento ante los conflictos permanentes con las operadoras al estar sólo obligadas a las cotas de seguridad del Reglamento. Conviene en este punto advertir las precisiones del Artículo 7: *El Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con las Comunidades Autónomas, desarrollará los criterios sanitarios destinados a evaluar las fuentes y prácticas que puedan dar lugar a la exposición a emisiones radioeléctricas a la población, con el fin de aplicar las medidas para controlar, reducir o evitar esta exposición*. Mas significativo, continúa: *Asimismo, el Ministerio de Sanidad y Consumo adaptará al progreso científico el anexo II, teniendo en cuenta el principio de precaución y las evaluaciones realizadas por las organizaciones nacionales e internacionales competentes*

Resulta conveniente revisar en este punto algunas experiencias aisladas como la de Sydney u otras ciudades de Nueva Zelanda adoptando niveles de seguridad muy por debajo de

las recomendaciones de la UE (y el Reglamento español en proyecto): 0.1 a 0.2 uW/cm^2 (1.000 veces inferior) en Sidney o 50 uW/cm^2 en algunas ciudades de Nueva Zelanda. En ambos casos las decisiones están basadas en algunos resultados de experimentos científicos que informan de efectos en los seres vivos con esos niveles de radiación. El Draft Interin Policy to the Sydney Council incluye, además de esos niveles de exposición a la radiación de torres de telefonía móvil, la precaución adicional de evitar colocar estas estaciones a menos de 300 metros entre la estación y lugares sensibles: escuelas, guarderías, lugares de juego. Resulta, sin embargo, significativo como el Draft Telecommunication Code, basado en el estándar Australiano 2772, que solo reconoce los efectos térmicos, las operadoras pueden ignorar aquellas recomendaciones por motivos económicos, técnicos o incompatibilidad con la configuración de la red

Los ejes del Plan en los aspectos de seguridad

De acuerdo con la postura planteada parece que lo más adecuado y coherente es concentrar la actividad del Plan, en lo referente a la protección de la salud de los ciudadanos, en tres direcciones principales:

1. Participar en la planificación de las redes para optimizar el impacto de las radiaciones en los ciudadanos y velar por que se apliquen los criterios de seguridad de la normativa y el criterio de evitación globalmente aceptado.

2. Vigilar permanentemente el grado de cumplimiento de la normativa y, mas importante, de que se cumplen los objetivos definidos en la planificación realizada con cada operadora; y autorizar cualquier modificación posterior

3. Informar permanentemente a los ciudadanos con el criterio de que la comunicación con ellos en estos aspectos de seguridad sanitaria es la mejor forma de evitar conflictos y, más importante, de hacer cumplir el criterio tercero anterior: *Por el momento no es posible establecer unos niveles que podamos decir absolutamente que son completamente inocuos para todo el mundo. La única opción posible y lógica es adoptar un criterio de prudencia mientas se van aclarando los rangos de seguridad para los diferentes grupos de riesgo*

4. Llevar un control periódico de niveles de potencia en la calle y en interiores

Recomendaciones del Plan

Desde este planteamiento lo que procede es que el Ayuntamiento disponga de unos criterios sobre seguridad claros y la información adecuada para actuar en cada situación eficazmente. Para ello este Plan incluye:

1. Mantener una vigilancia constante de los niveles de radiación en las cercanías de las antenas, sobre todo en las denominadas zonas sensibles. Es recomendable establecer una

serie de inspecciones independientes y aleatorias en las cuales se establecerán los niveles de emisión y alcance de las estaciones analizadas; comparando los resultados con los datos de la licencia inhabilitando la operación de la misma si los supera, hasta que se demuestre lo contrario.

2. Se propone a tal fin el empleo de la metodología de medida, tecnología y procedimientos, empleados en el Capítulo V para el análisis GSM y espectral. Cada cierto tiempo debería levantarse un plano de potencias de radiación y perfiles espectrales como los obtenidos e incluidos en el presente documento

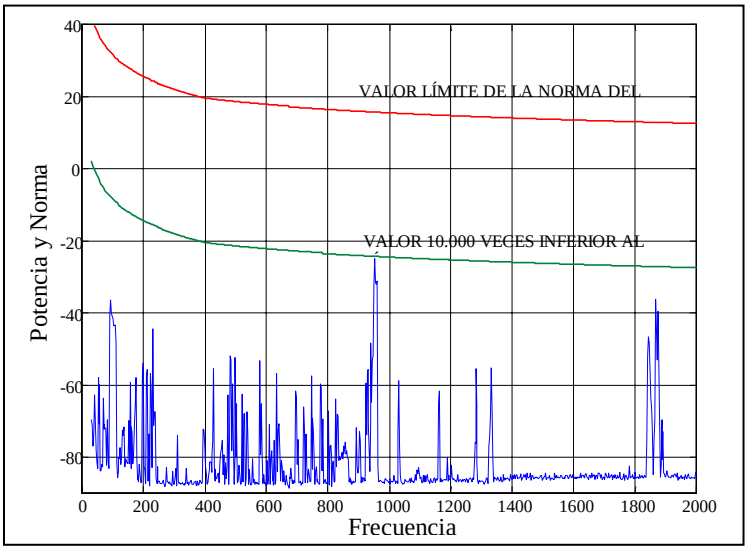
3. Vigilar que en todo momento y lugar se cumple la normativa de protección (ver mas adelante)

4. Ante la instalación de una estación nueva, el Ayuntamiento deberá exigir las medidas de potencia radiada en las localizaciones sensibles próximas a las antenas. Entendiendo como sensibles: cualquier lugar de residencia donde algún ciudadano pueda pasar un tiempo prolongado; o lugares como los colegios, guarderías, etc donde colectivos especialmente sensibles pudieran residir prolongadamente. En todos estos casos los operadores han de asegurar que los haces RF de mayor potencia no inciden sobre ninguna parte de los terrenos de dichos edificios.

5. Ante cada nueva instalación, modificación de una existente o demanda se efectuará en los lugares que se indican en el punto 4 o donde se necesite conocer los niveles de potencia una valoración espectral como las realizadas en el presente documento donde se indique la relación de los valores obtenidos con los límites de seguridad de la normativa; elaborándose una medida de la relación entre ambos.

6. Es recomendable establecer una zona de exclusión alrededor del repetidor de manera que no se pueda acceder a la zona de la antena donde los niveles de radiación pueden ser superiores a los permitidos. Estas zonas deben estar contempladas en los planes de instalación de toda antena. La barrera física que delimite dicha zona incluirá un cartel que advierta de peligro a los trabajadores y al público en general de que las radiaciones RF pueden exceder los límites máximos establecidos. Un cartel de peligro también sería recomendable para las micro- y pico-celdas

7. Insistir en la conveniencia de que el Ayuntamiento participe en la fase de planificación, justificado en el apartado anterior del Capítulo para que, desde el comienzo, conozca los niveles de seguridad de la comunidad y los aspectos de los que dependen.



La información a los ciudadanos

El Ayuntamiento debe mantener un canal permanente, fluido y comprensible con sus ciudadanos para que estos conozcan o puedan conocer en cada momento la situación. El presente Plan Especial, como se justificó en el Capítulo IV al analizar la percepción del problema por los ciudadanos, considera que la existencia de medios de información eficaces a los ciudadanos es, con diferencia, el mejor medio para resolver los conflictos que puedan acontecer y puede ser la herramienta mas eficaz del Ayuntamiento para controlar la situación y entenderse con las compañías operadoras.

Para darnos cuenta de cómo disponer de una buena información nos permite manejar mejor el problema baste un ejemplo: Esta científicamente demostrado que el impacto de los terminales móviles en nuestro cerebro es muy superior que el de las antenas de las estaciones base, por mucho que nos acerquemos a ellas. Es también un hecho que la energía que impacta nuestro cerebro es tanto mayor cuanto mas lejos estamos de las estaciones base, es decir cuanto menor sea la radiación de las antenas en el lugar donde usemos el móvil. Resulta curioso por tanto que si somos usuarios de esos terminales celulares mucho nos conviene estar en zonas con una buena cobertura y alta intensidad para que nuestros móviles transmitan con la mínima potencia.

Para este fin el Ayuntamiento deberá crear una base de datos sobre las estaciones base que informe de las estaciones existentes en las redes de cada compañía y de las emisiones radioeléctricas de cada estación. Base de datos, mantenida por el Ayuntamiento, donde cada nueva antena deberá prontamente incluirse con todos los datos e información que las compañías han de proveer al Ayuntamiento, en los informes obligados antes indicados.

Información que debería ser imprescindible para poder operar. La base de datos estará abierta para consulta pública, recomendándose un acceso en la web del Ayuntamiento por ser lo mas sencillo y barato. Se recomienda, asimismo, para eliminar las barreras al acceso de los no usuarios de Internet, que la información de la base de datos pueda ser igualmente consultada a través de servicios ad hoc del Ayuntamiento

Otro elemento de esa información al ciudadano es el relativo a la normativa de seguridad y en general al conocimiento científico sobre la materia. Aspecto a su vez imprescindible del Plan Especial para el cumplimiento de sus tareas de vigilancia y control. Para ello el Ayuntamiento deberá estar al día de las actividades que sobre normativa de seguridad se realicen a nivel gubernamental, y de cualquier novedad en la definición de nuevos protocolos que tengan en cuenta a los usuarios y a la industria, y que incidan en los procesos de instalación y diseño de las redes radio o de estaciones nuevas.

En particular (Artículo 7 del Real Decreto 1066/2001) habrá de estar al corriente de las actividades del Ministerio de Sanidad y Consumo en su responsabilidad de evaluar *los riesgos sanitarios potenciales de la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas, teniendo en consideración el número de personas expuestas, sus características epidemiológicas, edad, partes del organismo expuestas, tiempo de exposición y condiciones sanitarias de los sujetos.*

El Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con las Comunidades Autónomas, desarrollará los criterios sanitarios destinados a evaluar las fuentes y prácticas que puedan dar lugar a la exposición a emisiones radioeléctricas de la población, con el fin de aplicar medidas para minimizar la exposición.

Otra acción recomendable seria involucrar en cualquier nuevo plan de instalación de estaciones a los vecinos de la zona y, a las autoridades de salud publica locales. En definitiva configurar un sistema más abierto y claro que permita ser inspeccionado permanentemente por el publico en general.

Los niveles de radiación permitidos. Normativa

Como se ha justificado, el Plan Especial adopta como marco de seguridad la normativa desarrollada por el Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de Abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo a los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas y por el que se establecen condiciones de evaluación sanitaria de fuentes de emisiones radioeléctricas. Reglamento que convierte en obligatorios los límites de exposición a emisiones radioeléctricas fijados por el Consejo de la Unión Europea en la Recomendación de 12 de Julio de 1999 relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz), que vienen cumpliendo, de hecho y de manera general, los operadores de telefonía móvil.

El Capítulo III del Reglamento: Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, y específicamente su Anexo II se presenta a continuación haciendo referencia exclusivamente a aquellos datos que inciden en los criterios del Plan Especial, como guía operativa del mismo

Restricciones básicas y niveles de referencia

Para la aplicación de las restricciones basadas en la evaluación de los posibles efectos de las emisiones radioeléctricas sobre la salud, se ha de diferenciar las restricciones básicas de los niveles de referencia.

Restricciones básicas. Las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas, reciben el nombre de "restricciones básicas". Dependiendo de la frecuencia del campo, las magnitudes físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) o la densidad de potencia (S). La inducción magnética y la densidad de potencia se pueden medir con facilidad en los individuos expuestos.

Niveles de referencia. Estos niveles se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición, 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 las emisiones radioeléctricas. Las magnitudes 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 magnitudes que se refieren a la percepción y otros efectos indirectos son la corriente (de contacto) (I_C) y, para los campos pulsátiles, la absorción específica de energía (SA). En cualquier situación particular de exposición, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden compararse con el nivel de referencia adecuado. El cumplimiento del nivel de referencia garantizará el respeto de la restricción básica pertinente. Que el valor medido sobrepase el nivel de referencia no quiere decir necesariamente que se vaya a sobrepasar la restricción básica. Sin embargo, en tales circunstancias es necesario comprobar si ésta se respeta.

Algunas magnitudes, como la inducción magnética (B) y la densidad de potencia (S), sirven a determinadas frecuencias como restricciones básicas y como niveles de referencia.

Los límites de exposición a emisiones radioeléctricas a los que se refiere el Reglamento son los resultantes de aplicar las restricciones básicas y los niveles de referencia en zonas en las que pueda permanecer habitualmente el público en general, sin perjuicio de lo establecido en otras disposiciones específicas en el ámbito laboral.

Restricciones básicas

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

- 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 de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama de 100 kHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR,

- Las restricciones básicas expuestas en el cuadro 1 se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan 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.

Cuadro 1
Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (100 kHz –10 GHz)

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	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)
100 kHz-10 MHz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz-10 GHz			0,08	2	4	

Notas:

1) f es la frecuencia en Hz.

2) 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. Las restricciones básicas para los campos frecuencias muy bajas se basan en los efectos negativos establecidos en el sistema nervioso central. Estos efectos agudos son esencialmente instantáneos y no existe justificación científica para modificar las restricciones básicas en relación con las exposiciones de corta duración. Sin embargo, puesto que las restricciones básicas se refieren a los efectos negativos en el sistema nervioso central, estas restricciones básicas pueden permitir densidades más altas en los tejidos del cuerpo distintos de los del sistema nervioso central en iguales condiciones de exposición.

3) 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

4) Todos los valores SAR deben ser promediados a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.

5) 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. Estos 10 g de tejido se consideran como una masa de tejidos contiguos con propiedades eléctricas casi homogéneas. Especificando que se trata de una masa de tejidos contiguos, se reconoce que este concepto puede utilizarse en la dosimetría automatizada, aunque puede presentar dificultades a la hora de efectuar mediciones físicas directas. Puede utilizarse una geometría simple, como una masa de tejidos cúbica, siempre que las cantidades dosimétricas calculadas tengan valores de prudencia en relación con las directrices de exposición.

6) 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 pulsátiles, en la gama de frecuencias de 0,3 a 10 GHz y en relación con la exposición localizada de la cabeza, la SA no debe sobrepasar los 2 mJ/kg^{-1} como promedio calculado en 10 g de tejido.

Niveles de referencia

Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. El respeto de todos los niveles de referencia asegurará el respeto de las restricciones básicas.

Si las cantidades de los valores medidos son mayores que los niveles de referencia, no significa necesariamente que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En este caso, debe efectuarse una evaluación para comprobar si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas, presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección. En los cuadros 2 y 3 figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, éstos están pensados como valores promedio, calculados espacialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo muy en cuenta que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizadas.

En determinadas situación en las que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos móviles y con la cabeza del individuo, no es apropiado emplear los niveles de referencia. En estos casos, debe evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada.

Niveles de campo

Cuadro 2
Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (10 kHz- 2 GHz)

Gama de frecuencia	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)
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/200

Notas:

1. f según se indica en la columna de gama de frecuencia.

2. 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 período cualquiera de 6 minutos.

Notas:

1. para frecuencias de entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de pico de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 10^a, donde $a = [0,665 \log (f/10^5) + 0,176]$, donde f se expresa en Hz.

2. para frecuencias de entre 10 MHz y 300 GHz, los valores de referencia de pico se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 32.

Nota:

En lo que se refiere a frecuencias que sobrepasan los 10 MHz, el promedio Seq calculado en la anchura del pulso no debe ser mayor de 1000 veces los niveles de referencia, o bien las intensidades 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 de la cabeza, debe limitarse la absorción específica derivada de los pulsos, para limitar o evitar los efectos auditivos causados por la extensión termoelástica. En esta gama de frecuencia, el umbral SA de 4-16 mJ/kg^- que es necesario para producir este efecto corresponde, para pulsos 30μs, a valores máximos SAR de 130 a 520 W/kg^- en el cerebro. Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de pico de las intensidades de campo se obtienen mediante interpolación desde el pico multiplicado por 1,5 a 100 kHz hasta el pico multiplicado por 32 a 10 MHz.

Exposición a fuentes con múltiples frecuencias

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 estas exposiciones. Para cada efecto deben hacerse cálculos basados en esa actividad; así pues, deben efectuarse evaluaciones separadas de los efectos de la estimulación térmica y eléctrica sobre el cuerpo.

Restricciones básicas

En el caso de la exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, deberán cumplirse los siguientes criterios como restricciones básicas.

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 cumplir lo siguiente:

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

donde:

SAR_i es el SAR causado por la exposición a la frecuencia i;

SAR_L es la restricción básica de SAR que figura en el cuadro 1;

S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i;

S_L es la restricción básica de densidad de potencia que figura en el cuadro 1.

Niveles de referencia

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

El uso de los valores constantes (a y b) por encima de 1 MHz en lo que respecta al campo eléctrico, y por encima de 150 kHz en lo que se refiere al campo magnético, se debe al hecho de que la suma está basada en densidades de corriente inducida y no debe mezclarse con las circunstancias de efectos térmicos. Esto último constituye la base para $E_{L,i}$ y $H_{L,j}$ por encima de 1 MHz y 150 kHz respectivamente, que figuran en el cuadro 2.

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 campo eléctrico del cuadro 2;

H_j es la densidad de campo magnético a la frecuencia j;

$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de campo magnético derivado del cuadro 2;

c es $87/f^{1/2}$ V/m y d 0,73/f A/m, donde f es la frecuencia expresada en MHz.

Las anteriores fórmulas de adición presuponen las peores condiciones de fase entre los campos. En consecuencia, las situaciones típicas de exposición pueden dar lugar, en la práctica, a unos niveles de exposición menos restrictivos de lo que indican las fórmulas correspondientes a los niveles de referencia.

ANEXOS.
Normativa vigente en España y la UE

ANEXO I.

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

(BOE 29.09.2001)

Modificado por Real Decreto 424/2005, de 15 de abril. BOE 29-04-2005

[Atrás]

Desde la introducción de manera generalizada de los servicios de radiodifusión de televisión y de radio, hace ya varias décadas, los ciudadanos han disfrutado en su vida cotidiana de los mismos, pero también se han visto sometidos inevitablemente a la exposición de campos electromagnéticos.

La introducción reciente de la competencia en el sector de las telecomunicaciones en España, se ha traducido en una mayor diversidad en la oferta de servicios de telecomunicaciones para empresas y ciudadanos, siendo esto particularmente apreciable en los servicios de telefonía móvil. Esta mayor diversidad de oferta de servicios de telecomunicaciones, y sus niveles de calidad y cobertura asociados, requiere la existencia de un elevado número de instalaciones radioeléctricas.

El Reglamento que se aprueba por este Real Decreto tiene, entre otros objetivos, adoptar medidas de protección sanitaria de la población. Para ello, se establecen unos límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas, acordes con las recomendaciones europeas. Para garantizar esta protección se establecen unas restricciones básicas y unos niveles de referencia que deberán cumplir las instalaciones afectadas por este Real Decreto. Al mismo tiempo, se da respuesta ala preocupación expresada por algunas asociaciones, ciudadanos, corporaciones locales y Comunidades Autónomas.

El presente Real Decreto cumple con las propuestas contenidas en las mociones del Congreso de los Diputados y del Senado, que instaron al Gobierno a desarrollar una regulación relativa a la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de las antenas de telefonía móvil.

Por otra parte, 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, en particular, determinadas instalaciones susceptibles de ser protegidas.

El artículo 61 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones establece que la gestión del dominio público radioeléctrico y las facultades para su administración y control corresponden al Estado. Además, este artículo añade que dicha gestión se ejercerá atendiendo a la normativa aplicable en la Unión Europea, y alas resoluciones y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de otros organismos internacionales.

El artículo 62 de la Ley 11/1998, establece, por su parte, que el Gobierno desarrollará reglamentariamente las condiciones de gestión del dominio público radioeléctrico, precisándose que en dicho Reglamento deberá incluirse el procedimiento de determinación de los niveles de emisión radioeléctrica tolerables y que no supongan un peligro para la salud pública.

El artículo 64, apartado 2, de la Ley 1 1/1998, dispone que se establecerán reglamentariamente, las limitaciones a la propiedad y las servidumbres, necesarias para la defensa del dominio público radioeléctrico, y para la protección radioeléctrica de las instalaciones de la Administración que se precisen para el control de la utilización del espectro.

El artículo 76 de la Ley 11/1998, establece que es competencia del Ministerio de Fomento (ahora, del Ministerio de Ciencia y Tecnología) la inspección de los servicios y de las redes de telecomunicaciones, de sus condiciones de prestación, de los equipos, de los aparatos, de las instalaciones y de los sistemas civiles, así como la aplicación del régimen sancionador, salvo que corresponda a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

Adicionalmente, el Real Decreto 1451/2000, de 28 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Ciencia y Tecnología, atribuye a la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información la competencia para la propuesta de planificación, gestión y administración del dominio público radioeléctrico, para la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas, y para el control y la inspección de las telecomunicaciones, así como la aplicación del régimen sancionador en la materia.

La Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad en sus artículos 18, 19, 24 y 40 atribuye ala administración sanitaria las competencias de control sanitario de los productos, elementos o formas de energía que puedan suponer un riesgo para la salud humana. Así mismo, atribuye la capacidad para establecer las limitaciones, métodos de análisis y requisitos técnicos para el control sanitario.

El Real Decreto 1450/2000, de 28 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Sanidad y Consumo atribuye ala Dirección General de Salud Pública y Consumo la competencia para la evaluación, prevención y control sanitario de las radiaciones no ionizantes.

Para conseguir la protección efectiva de la salud pública es necesario coordinar las competencias del Ministerio de Ciencia y Tecnología, en relación con los límites de emisiones y gestión y protección del dominio público radioeléctrico, con las competencias sanitarias del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Asimismo, resulta necesario que ambos Ministerios, con el fin de mejorar los conocimientos que se tienen acerca de la salud y las emisiones radioeléctricas promuevan y revisen la investigación pertinente sobre emisiones radioeléctricas 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.

El Reglamento que se aprueba por este Real Decreto, elaborado en coordinación por los Ministerios de Ciencia y Tecnología y de Sanidad y Consumo, tiene por objeto cumplir con lo establecido en los citados artículos de la Ley 11/1998, sobre emisiones radioeléctricas. Asimismo, el capítulo II, artículos 6 y 7, establece, con carácter de norma básica y en desarrollo de la Ley 14/1986, límites de exposición y condiciones de evaluación sanitaria de riesgos por emisiones radioeléctricas.

El presente Real Decreto asume los criterios de protección sanitaria frente a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos.

Asimismo, esta Recomendación contempla la conveniencia de proporcionar a los ciudadanos información en un formato adecuado sobre los efectos de los campos electromagnéticos y sobre las medidas adoptadas para hacerles frente, al objeto de que se comprendan mejor los riesgos y la protección sanitaria contra la exposición a los mismos.

Este Reglamento establece unos límites de exposición, referidos a los sistemas de radiocomunicaciones, basados en la citada Recomendación del Consejo de la Unión Europea. Además, el Reglamento prevé mecanismos de seguimiento de los niveles de exposición, mediante la presentación de certificaciones e informes por parte de operadores de telecomunicaciones, la realización planes de inspección y la elaboración de un informe anual por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

El presente Real Decreto ha sido sometido a audiencia a través del Consejo Asesor de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, y al informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, de acuerdo con lo previsto en el artículo 1, dos, 2, j) de la Ley 12/1997, de 24 de abril, de Liberalización de las Telecomunicaciones.

El presente Real Decreto ha sido sometido al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la Sociedad de la Información, previsto en la Directiva 98/34/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de julio, así como a lo previsto en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, que incorpora estas Directivas al ordenamiento jurídico español.

En su virtud, a propuesta conjunta de las Ministras de Ciencia y Tecnología y de Sanidad y Consumo, previa aprobación del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 28 de septiembre de 2001,

DISPONGO:

Artículo único. Objeto.

Mediante el presente Real Decreto 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, que se incluye a continuación con los anexos que lo completan.

Disposición adicional única. Elaboración de informes.

Siguiendo la Recomendación 1999/519/CE del Consejo, de 12 de julio, relativa ala exposición del público en general a campos electromagnéticos, el Ministerio de Sanidad y Consumo elaborará, a los tres años de entrada en vigor de este Reglamento, un informe sobre las experiencias obtenidas en la aplicación del mismo, en lo referido a la protección frente a riesgos sanitarios potenciales de la exposición a las emisiones radioeléctricas.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

Se deroga el capítulo II del título II del Reglamento de desarrollo de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones, en relación con el dominio público radioeléctrico y los servicios de valor añadido que utilicen dicho dominio, aprobado por Real Decreto 844/1989, de 7 de julio.

Disposición final primera. Desarrollo normativo y modificación de anexos.

La Ministra de Ciencia y Tecnología dictará las disposiciones necesarias para el desarrollo y aplicación de este Real Decreto. Asimismo, se autoriza a la Ministra de Ciencia y Tecnología a modificar el anexo I del Reglamento, en función de la experiencia obtenida en su aplicación y de nuevas necesidades.

La Ministra de Sanidad y Consumo dictará las disposiciones necesarias para el desarrollo y aplicación de las funciones atribuidas al Ministerio de Sanidad y Consumo en este Real Decreto. Asimismo, se autoriza ala Ministra de Sanidad y Consumo a modificar el anexo II del Reglamento, de acuerdo con lo establecido en su artículo 7.

Disposición final segunda. Fundamento legal y constitucional.

Este Real Decreto se dicta en desarrollo de los artículos 48, 62 y 64 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, dictada al amparo del artículo 149.1.21.' de la Constitución, salvo la disposición adicional única y el capítulo II del Reglamento, artículos 6 y 7, que se dictan en desarrollo de los artículos 18, 19, 24 y 40 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, con carácter de norma básica, en virtud del artículo 149.1.16.' de la Constitución.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

Este Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Madrid a 28 de septiembre de 2001.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de la Presidencia, JUANJOSÉLUCASGIMÉNEZ

REGLAMENTO QUE ESTABLECE CONDICIONES DE PROTECCIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO RADIOELÉCTRICO, RESTRICCIONES A LAS EMISIONES RADIOELÉCTRICAS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN SANITARIA FRENTEA EMISIONES RADIOELÉCTRICAS

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto.

El presente Reglamento tiene por objeto el desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al establecimiento de condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, a la autorización, planificación e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición alas emisiones, el establecimiento de otras restricciones a las emisiones radioeléctricas, la evaluación de equipos y aparatos y el régimen sancionador aplicable. Asimismo, se desarrolla la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, en relación con el establecimiento de límites de exposición para la protección sanitaria y la evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas.

Artículo 2. Ámbito de aplicación.

Las disposiciones de este Reglamento se aplican a las emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial, y que sean producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones o recibidas por estaciones del servicio de radioastronomía.

A los efectos de lo dispuesto en el párrafo anterior, se considera estación radioeléctrica uno o más transmisores o receptores, o una combinación de ambos, incluyendo las instalaciones accesorias, o necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación o el servicio de radioastronomía.

CAPÍTULO II

Protección del dominio público radioeléctrico

Artículo 3. Limitaciones y servidumbres para la protección de determinadas instalaciones radioeléctricas.

1. De conformidad con lo establecido en el artículo 48.2 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, podrán imponerse las limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico y las servidumbres que resulten necesarias para la adecuada protección radioeléctrica de las instalaciones siguientes:

a) Las instalaciones de la Administración que se precisen para el control de la utilización del espectro radioeléctrico.

b) Las estaciones de socorro y seguridad.

c) Las instalaciones de interés para la defensa nacional.

d) Las estaciones terrenas de seguimiento y control de satélites.

e) Las estaciones de investigación espacial, de exploración de la Tierra por satélite, de radioastronomía y de astrofísica, y las instalaciones oficiales de investigación o ensayo de radiocomunicaciones u otras en las que se lleven a cabo funciones análogas.

f) Cualquier otra instalación o estación cuya protección resulte necesaria para el buen funcionamiento de un servicio público, incluidos los supuestos previstos en el artículo 51 del Reglamento por el que se desarrolla el título III de la Ley General de Telecomunicaciones en lo relativo al servicio universal de telecomunicaciones, a las demás obligaciones de servicio público y a las obligaciones de carácter público en la prestación de los servicios y en la explotación de las redes de telecomunicaciones, aprobado por el Real Decreto 1736/1998, de 31 de julio, o en virtud de acuerdos internacionales.

2. Los valores máximos de las limitaciones y servidumbres que resulten necesarias para la protección radioeléctrica de las instalaciones a que se refiere este artículo figuran en el anexo I de este Reglamento.

3. Las servidumbres y limitaciones aeronáuticas se regirán por su normativa específica.

4. El presente Reglamento será de aplicación supletoria en los supuestos regulados en el Reglamento de la Ley 8/1975, de 12 de marzo, de zonas e instalaciones de interés para la Defensa Nacional, aprobado por el Real Decreto 689/1978, de 10 de febrero.

Artículo 4. Concepto de limitaciones a la propiedad y servidumbres para la protección de determinadas instalaciones radioeléctricas.

1. A efectos de lo dispuesto en el presente capítulo, se entenderá por limitación a la propiedad para la protección radioeléctrica de instalaciones, la obligación de no hacer y de soportar no individualizada, impuesta a los titulares y propietarios de los predios cercanos alas estaciones o instalaciones objeto de la protección.

Asimismo, de acuerdo con el artículo 48 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, se entenderá por servidumbre la obligación de no hacer y de soportar de carácter individualizado, indemnizable en los términos de la legislación de expropiación forzosa. Igualmente, las limitaciones ala propiedad, cuando efectivamente causen una privación singular, serán indemnizables con arreglo a lo dispuesto en la legislación sobre expropiación forzosa.

2. Los propietarios no podrán realizar obras o modificaciones en los predios sirvientes que impidan dichas servidumbres o limitaciones, una vez que las mismas se hayan concretado por Orden ministerial, según el procedimiento que se establece en el artículo 5 de este Reglamento.

La constitución de dichas servidumbres y limitaciones deberá reducir en lo posible el gravamen que las mismas impliquen y someterse alas reglas de congruencia y proporcionalidad.

Artículo 5. Procedimiento para la constitución de limitaciones y servidumbres.

1. Los expedientes de constitución de las limitaciones que no causen una privación singular, se iniciarán por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, de oficio o a instancia de parte, y contendrán, como mínimo, la motivación de su necesidad, su ámbito geográfico y su alcance.

2. Dichos expedientes se someterán a las reglas de publicidad, de igualdad de trato y de generalidad de la limitación y se someterán al trámite de audiencia previsto en el artículo 84 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. No obstante, se podrá omitir este trámite de audiencia en ausencia de interesados conocidos. En todo caso, se publicará un extracto en el "Boletín Oficial del Estado" para información pública, otorgándose un plazo de veinte días para la presentación de alegaciones.

3. Concluida la tramitación del expediente administrativo, la Ministra de Ciencia y Tecnología, a propuesta de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, y previo informe de la Abogacía del Estado en el Departamento, resolverá sobre dicho expediente.

4. La Orden de aprobación de la limitación o de la servidumbre se publicará en el "Boletín Oficial del Estado" y se notificará a los interesados en los términos previstos en el artículo 59 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

5. Los expedientes para la constitución de las servidumbres y de las limitaciones que efectivamente causen una privación singular, se iniciarán por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, de oficio o a instancia de parte, y se regirán por lo dispuesto en la legislación sobre expropiación forzosa.

CAPÍTULO III

Límites de exposición para la protección sanitaria y evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas

Artículo 6. Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas. Restricciones básicas y niveles de referencia.

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 62 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, y en desarrollo de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, de acuerdo con la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999, y con el fin de garantizar la adecuada protección de

la salud del público en general, se aplicarán los límites de exposición que figuran en el anexo II.

Los límites establecidos se cumplirán en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas y en la exposición a las emisiones de los equipos terminales, sin perjuicio de lo dispuesto en otras disposiciones específicas en el ámbito laboral.

Artículo 7. Evaluación sanitaria de riesgos por emisiones radioeléctricas.

En función de la evidencia científica disponible y de la información facilitada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con las Comunidades Autónomas, evaluará los riesgos sanitarios potenciales de la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas.

En la evaluación se tendrán en consideración el número de personas expuestas, sus características epidemiológicas, edad, partes del organismo expuestas, tiempo de exposición, condiciones sanitarias de las personas y otras variables que sean relevantes para la evaluación.

El Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con las Comunidades Autónomas, desarrollará los criterios sanitarios destinados a evaluar las fuentes y prácticas que puedan dar lugar ala exposición a emisiones radioeléctricas de la población, con el fin de aplicar medidas para controlar, reducir o evitar esta exposición. La aplicación de estas medidas se realizará en coordinación con el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Asimismo, el Ministerio de Sanidad y Consumo adaptará al progreso científico el anexo II, teniendo en cuenta el principio de precaución y las evaluaciones realizadas por las organizaciones nacionales e internacionales competentes.

CAPÍTULO IV

Autorización e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición

Artículo 8. Determinados requisitos para la autorización, criterios de planificación e instalación de estaciones radioeléctricas.

1. Los operadores que establezcan las redes o presten los servicios que se relacionan a continuación deberán presentar un estudio detallado, realizado por un técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas fijas en las que puedan permanecer habitualmente personas.
Dichas redes o servicios son los siguientes:

a) Redes de difusión de los servicios de radiodifusión sonora y televisión.

b) Servicios de telefonía móvil automática analógica.

c) Servicio de telefonía móvil automática GSM.

d) Servicio de comunicaciones móviles personales DCS-1800.

e) Servicio de comunicaciones móviles de tercera generación.

f) Servicio de radiobúsqueda.

g) Servicio de comunicaciones móviles en grupo cerrado de usuarios.

h) Redes del servicio fijo por satélite, del servicio móvil por satélite y del servicio de radiodifusión por satélite.

i) Servicio de acceso vía radio LMDS. **(Párrafo modificado por Real Decreto 424/2005, de 15 de abril)**

Los mencionados niveles de exposición, valorados teniendo en cuenta el entorno radioeléctrico, deberán cumplir los límites establecidos en el anexo II de este Reglamento.

El citado estudio será presentado ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología, incorporado en el proyecto o propuesta técnica necesarios para solicitar la autorización de las instalaciones radioeléctricas, según lo establecido en el capítulo I,título III, de la Orden de 9 de marzo de 2000, por la que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 1 1/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico.

2. Los operadores y titulares de licencias individuales a los que se refiere el apartado 1 presentarán, simultáneamente y de manera complementaria al estudio citado en dicho apartado, un proyecto de instalación de señalización y, en su caso, vallado que restrinja el acceso de personal no profesional a zonas en las que pudieran superarse las restricciones establecidas en el anexo II. Dicha señalización o vallado deberá estar instalado de manera previa a la puesta en servicio de la instalación radioeléctrica.

3. El Ministerio de Ciencia y Tecnología podrá ampliar la obligación prevista en los apartados anteriores a las solicitudes de autorización de otras instalaciones radioeléctricas.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo tendrá acceso a la información que le resulte necesaria sobre los niveles de exposición a los que se refiere el apartado primero de este artículo. Las autoridades sanitarias de las Comunidades Autónomas serán informadas por el Ministerio de Sanidad y Consumo cuando lo soliciten.

5. Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado primero de este artículo, la aprobación definitiva de las instalaciones estará condicionada a la no superación de los límites de exposición recogidos en el anexo II de este Reglamento.

6. No podrán establecerse nuevas instalaciones radioeléctricas o modificarse las existentes cuando su funcionamiento pudiera suponer que se superen los límites de exposición recogidos en el anexo II de este Reglamento.

7. En la planificación de las instalaciones radioeléctricas, los titulares de las mismas deberán tener en consideración, entre otros criterios, los siguientes:

a) La ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas deben minimizar los niveles de exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas con origen tanto en éstas como, en su caso, en los terminales asociados a las mismas, manteniendo una adecuada calidad del servicio.

b) En el caso de instalación de estaciones radioeléctricas en cubiertas de edificios residenciales, los titulares de instalaciones radioeléctricas procurarán, siempre que sea posible, instalar el sistema emisor de manera que el diagrama de emisión no incida sobre el propio edificio, terraza o ático.

c) La compartición de emplazamientos podría estar condicionada por la consiguiente concentración de emisiones radioeléctricas.

d) De manera particular, la ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas debe minimizar, en la mayor medida posible, los niveles de emisión sobre espacios sensibles, tales como escuelas, centros de salud, hospitales o parques públicos.

Artículo 9. Inspección y certificación de las instalaciones radioeléctricas.

1. Será requisito previo a la utilización del dominio público radioeléctrico por parte de los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8 la inspección o reconocimiento satisfactorio de las instalaciones por los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología, en los términos establecidos en el artículo 65 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones.

2. Las instalaciones radioeléctricas deben ser realizadas por instaladores de telecomunicación inscritos, para el tipo correspondiente, en el Registro de Instaladores de Telecomunicación, según lo dispuesto en el Real Decreto 279/1999, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento Regulador de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones para el Acceso a los Servicios de Telecomunicación en el Interior de los Edificios y de la Actividad de Instalación de Equipos y Sistemas de Telecomunicaciones.

3. Los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología elaborarán planes de inspección para comprobar la adaptación de las instalaciones a lo dispuesto en este Reglamento.

Asimismo, los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8 deberán remitir al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por un técnico competente de que se han respetado los límites de exposición establecidos en el anexo II durante el año anterior. Este ministerio podrá ampliar esta obligación a titulares de otras instalaciones radioeléctricas. **(Párrafo modificado por Real Decreto 424/2005, de 15 de abril)**

Con carácter anual, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, sobre la base de los resultados obtenidos en las citadas inspecciones y a las certificaciones presentadas por los operadores, elaborará y hará público un informe sobre la exposición a emisiones radioeléctricas.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo tendrá acceso a información sobre el resultado de las inspecciones y certificaciones a que se refieren los apartados anteriores de este artículo. Las autoridades sanitarias de las Comunidades Autónomas serán informadas por el Ministerio de Sanidad y Consumo cuando lo soliciten.

CAPÍTULO V

Otras disposiciones

Artículo 10. Otras restricciones a los niveles de emisiones radioeléctricas.

Sin perjuicio de las demás limitaciones establecidas en este Reglamento, toda estación radioeléctrica vendrá limitada en sus niveles de emisión por cualquiera de las siguientes condiciones:

a) La existencia de interferencias perjudiciales o incompatibilidades con otros servicios de telecomunicación previamente autorizados o con otros servicios públicos esenciales.

b) Las limitaciones impuestas por el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.

c) La existencia, fuera de la zona de servicio autorizada a la estación, de niveles de intensidad de campo electromagnético superiores a los máximos establecidos.

Artículo 11. Equipos y aparatos.

Todos los equipos y aparatos que utilicen el espectro radioeléctrico deberán haber evaluado su conformidad y cumplir el resto de requisitos que le son aplicables, en los términos recogidos en los artículos 56 y 57 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, y en el 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.

Adicionalmente, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información podrá establecer procedimientos de evaluación voluntaria, conforme a lo dispuesto en el artículo 35 del Reglamento aprobado por el citado Real Decreto 1890/2000. En dichos procedimientos se podrán definir los parámetros técnicos aplicables a la evaluación, así como la información a suministrar en el manual de usuario o en el embalaje de los equipos. El establecimiento de estos procedimientos voluntarios de evaluación no implicará, en ningún caso, una restricción u obstáculo a la puesta en el mercado o a la puesta en servicio de los correspondientes equipos o aparatos.

Los procedimientos de evaluación voluntaria que se establezcan definirán las especificaciones técnicas aplicables, cuyo cumplimiento podrá ser verificado, según el caso, por declaración de conformidad del fabricante del equipo o por pruebas realizadas por organismos externos acreditados.

Las especificaciones técnicas se definirán teniendo en cuenta las normas técnicas elaboradas por los siguientes organismos, con el orden de prelación que se enumera a continuación:

a) Las adoptadas por organismos europeos de normalización reconocidos: El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).

b) Las internacionales adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional de Normalización (¡SO) o la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

c) Las emanadas de organismos españoles de normalización y, en particular, de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

d) Las especificaciones técnicas que cuenten con amplia aceptación en la industria y hayan sido elaboradas por los correspondientes organismos internacionales.

Artículo 12. Instalación de estaciones radioeléctricasen un mismo emplazamiento.

En el supuesto de instalación de varias estaciones radioeléctricas de diferentes operadores dentro de un mismo emplazamiento, los operadores se facilitarán mutuamente o a través del gestor del emplazamiento los datos técnicos necesarios para realizar el estudio de que el conjunto de instalaciones del emplazamiento no supera los niveles radioeléctricos máximos establecidos en este Reglamento.

Artículo 13. Régimen sancionador.

1. De conformidad con el artículo 79.16 y el artículo 80.15 de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, constituirán infracciones muy graves y graves los incumplimientos por los titulares de autorizaciones generales y licencias individuales de las condiciones esenciales que se les impongan. A dichos efectos y de conformidad con los apartados 4 y 9 del artículo 5 de la Orden de 22 de septiembre de 1998, por la que se establecen el régimen aplicable a las licencias individuales para servicios y redes de telecomunicaciones y las condiciones que deben cumplirse por sus titulares, tendrá la consideración de infracción, por incumplimiento de condiciones esenciales, efectuar emisiones radioeléctricas que no respeten los límites de exposición establecidos en el artículo 6 o incumplir las obligaciones de señalización o vallado de las instalaciones de acuerdo con lo previsto en el apartado 2 del artículo 8 de este Reglamento.

2. Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado anterior, las infracciones a que se refiere el citado artículo 79.16 podrán ser sancionadas por constituir un incumplimiento de las condiciones y requisitos técnicos aplicables al uso del dominio público radioeléctrico, conforme establece el artículo 23 de la Orden de 9 de marzo de 2000, por la que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico.

Disposición transitoria única. Certificación y señalización de instalaciones autorizadas.

1. En el plazo de nueve meses, contado a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, los operadores y titulares de licencias individuales a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8, que dispongan de instalaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad a la fecha de entrada en vigor de este Reglamento, remitirán, al Ministerio de Ciencia y Tecnología, una certificación de la conformidad de dichas instalaciones con los límites de exposición establecidos en el anexo II de este Reglamento, expedida por técnico competente.

En caso de que transcurrido el citado plazo no se presentase la certificación correspondiente a una instalación radioeléctrica, se entenderá que ésta no está autorizada para su funcionamiento. La nueva puesta en servicio de esta instalación radioeléctrica deberá atenerse a lo establecido en los artículos 8 y 9 de este Reglamento.

2. En el plazo de un año, contando a partir de la entrada en vigor de este Reglamento, los operadores y titulares de licencias individuales a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8, que dispongan de instalaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad a la fecha de entrada en vigor de este Reglamento, deberán tener adecuadas todas sus instalaciones radioeléctricas a lo previsto en el apartado 2 del artículo 8. Una vez concluida esta adecuación, lo comunicarán al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

3. El Ministerio de Ciencia y Tecnología informará al Ministerio de Sanidad y Consumo sobre el grado de conformidad de las instalaciones radioeléctricas.

ANEXO I
Limitaciones y servidumbres para la protección de determinadas instalaciones radioeléctricas

1. De acuerdo con lo establecido en la disposición adicional tercera de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, se establecen tres tipos de limitaciones y servidumbres para las estaciones radioeléctricas a las que hace referencia el apartado 2 del artículo 48 de la citada Ley, que afectan a:

a) A la altura máxima de los edificios.-Para distancias inferiores a 1.000 metros, desde el punto de ubicación de la estación radioeléctrica a proteger, el ángulo que forme, sobre la horizontal, la dirección de observación del punto más elevado de un edificio, desde la parte superior de las antenas receptoras de menor altura de la estación, será como máximo de 3 grados.

b) A la distancia mínima a la que podrán ubicarse industrias e instalaciones eléctricas de alta tensión y líneas férreas electrificadas.-La máxima limitación exigible de separación entre una industria o una línea de alta tensión o una línea férrea electrificada y cualquiera de las antenas receptoras de la estación a proteger será de 1.000 metros.

c) A la distancia mínima a la que podrán instalarse transmisores radioeléctricos, con o sin condiciones radioeléctricas exigibles (CRE).-En el siguiente cuadro se establecen las limitaciones máximas exigibles en distancia entre las antenas transmisoras de estaciones radioeléctricas y las antenas receptoras de la estación a proteger.

Para determinados servicios de radiocomunicación se podrá optar entre mantener las distancias mínimas establecidas sin CRE o reducir estas distancias con las CRE necesarias, según la siguiente distribución.

Gama de frecuencias (f) (MHz)	Tipo de servicio perturbador	Potencia radiada aparente del transmisor en la dirección a la estación a proteger (kW)	Máxima limitación exigible en distancia de separación entre antena Tx y estación a proteger (km)	o	Máxima limitación en distancia y condiciones radioeléctricas exigibles (CRE) (1) (km)
F ≤	Radiodifusión	0,01 < P ≤ 1 1 < P ≤ 10 P > 10	2 10 20		

	Otros servicios	0,01 < P ≤ 1 P > 1	2 10	ó	1 y CRE 5 y CRE
30 < f ≤ 3000	Radiodifusión Radiolocalización Investigación espacial (sentido Tierra-espacio)	0,01 < P ≤ 1 1 < P ≤ 10 P > 10	1 2 5		
	Otros servicios	0,01 < P ≤ 1 P> 1	1 2	ó	0,3 y CRE 1 y CRE
f > 3000	Radiolocalización Investigación espacial (sentido Tierra-espacio)	0,001 < P ≤ 1 1 < P ≤ 10 P > 10	1 2 5		
	Otros servicios	0,001 < P	1	ó	0,2 y CRE

(1) Nota: las condiciones radioeléctricas exigibles (CRE), serán aquellas condiciones técnicas y de apantallamiento o protección que deban incluirse en las estaciones radioeléctricas a fin de que sus emisiones no perturben el normal funcionamiento de la estación a proteger.

En caso de existir controversia sobre el grado de perturbación admisible, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, establecerá la suficiencia o insuficiencia de las CRE.

En los casos de estaciones de comprobación técnica de emisiones, para el establecimiento de las CRE, dentro de las distancias mínimas establecidas en el cuadro anterior, se tendrán en cuenta, además, los límites establecidos en la Recomendación UIT-R SM-575.

Frecuencia fundamental - (f)	**Norma de intensidad de campo - (mV/m)**	**Media cuadrática para más de una intensidad de campo fundamental - (mV/m)**
9 kHz ≤ f < 174 MHz	10	30
174 MHz ≤ f < 960 MHz	50	150

Nota: el valor de la media cuadrática de la intensidad de campo se aplica a señales múltiples, pero únicamente cuando todas ellas están dentro de la banda de paso de RF del receptor de comprobación técnica.

2. Por lo que respecta a las limitaciones de intensidad de campo eléctrico en las estaciones de alta sensibilidad dedicadas a la investigación en los campos de radioastronomía y astrofísica, estas limitaciones serán las siguientes:

A) Las estaciones dedicadas a observaciones radioastronómicas, en cada una de las bandas de frecuencias que se encuentran atribuidas al servicio de radioastronomía en conformidad con el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, estarán protegidas contra la interferencia perjudicial por los niveles de intensidad de campo que se indican a continuación:

-34,2 dB(IV/m) en la banda de 1.400 a 1.427 MHz.

-35,2 dB(IV/m) en la banda de 1.610,6 a 1.613,8 MHz.

-35,2 dB(IV/m) en la banda de 1.660 a 1.670 MHz.

-31,2 dB(IV/m) en la banda de 2.690 a 2.700 MHz.

-25,2 dB(IV/m) en la banda de 4.990 a 5.000 MHz.

-14,2 dB(IV/m) en la banda de 10,6 a 10,7 GHz.

-10,2 dB(IV/m) en la banda de 15,35 a 15,4 GHz.

-2,2 dB(IV/m) en la banda de 22,21 a 22,5 GHz.

-1,2 dB(IV/m) en la banda de 23,6 a 24 GHz.

4,8 dB(IV/m) en la banda de 31,3 a 31,8 GHz.

8,8 dB(IV/m) en la banda de 42,5 a 43,5 GHz.

20,8 dB(IV/m) en la banda de 86 a 92 GHz.

B) Para la protección de las instalaciones de observatorios de astrofísica, la limitación de la intensidad de campo eléctrico, en cualquier frecuencia, será de 88,8 dB(IV/m) en la ubicación del observatorio. Para la determinación de la intensidad de campo se tendrán en cuenta las estaciones de radiocomunicaciones cuyas potencias radiadas aparentes en dirección a los observatorios sean superiores a 25 vatios y estén situadas en un círculo de 20 kilómetros de radio alrededor de la ubicación del observatorio de astrofísica o, en el caso de las Comunidades Autónomas insulares, las que estén situadas en la isla donde esté ubicado el observatorio. Para los cálculos se tendrán en cuenta sus características técnicas y, en particular, las de la antena transmisora y las condiciones de apantallamiento del terreno y protección radioeléctrica. En el caso de que los cálculos teóricos den como resultado una intensidad de campo eléctrico superior al límite fijado, podrán realizarse medidas de intensidad de campo en la ubicación de los observatorios con señales de prueba.

3. Para un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, el Ministerio de Ciencia y Tecnología podrá imponer en las instalaciones la utilización de aquellos elementos técnicos que mejoren la compatibilidad radioeléctrica entre estaciones.

ANEXO II
Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas

1. Definiciones

A) Magnitudes físicas: En el contexto de la exposición a las emisiones radioeléctricas, se emplean habitualmente las siguientes magnitudes físicas:

La corriente de contacto (Ic) entre una persona y un objeto se expresa en amperios (A). Un objeto conductor en un campo eléctrico puede ser cargado por el campo.

La densidad de corriente (J) se define como la corriente que fluye por una unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de la corriente, en un conductor volumétrico, como puede ser el cuerpo humano o parte de éste, expresada en amperios por metro cuadrado (A/m^2).

La intensidad de campo eléctrico es una magnitud vectorial (E) que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento en el espacio. Se expresa en voltios por metro (V/m).

La intensidad de campo magnético es una magnitud vectorial (H) que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m).

La densidad de flujo magnético o inducción magnética es una magnitud vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en teslas (T). En espacio libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia $1\ A/m = 4\ \pi\ 10^{-7}$ T.

La densidad de potencia (S) es la magnitud utilizada para frecuencias muy altas, donde la profundidad de penetración en el cuerpo es baja. Es la potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, y se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

La absorción específica de energía (SA, «specific energy absorption») se define como la energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico, expresada en julios por kilogramo (J/kg). En esta recomendación se utiliza para limitar los efectos no térmicos de la radiación de microondas pulsátil.

El índice de absorción específica de energía (SAR, «specific energy absorption rate»), se define como potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, y se expresa en vatios por kilogramo (W/kg). El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a las emisiones radioeléctricas. Junto al SAR medio de cuerpo entero, los valores SAR locales son necesarios para evaluar y limitar una deposición excesiva de energía en pequeñas partes del cuerpo como consecuencia de unas condiciones especiales de exposición. Ejemplos de tales condiciones son: La exposición a las emisiones radioeléctricas en la gama baja de MHz de una persona en contacto con la tierra, o las personas expuestas en el espacio adyacente a una antena.

De entre estas magnitudes, las que pueden medirse directamente son la densidad de flujo magnético, la corriente de contacto, la intensidad del campo eléctrico y la del campo magnético y la densidad de potencia.

B) Restricciones básicas y niveles de referencia: Para la aplicación de las restricciones basadas en la evaluación de los posibles efectos de las emisiones radioeléctricas sobre la salud, se ha de diferenciar las restricciones básicas de los niveles de referencia.

Restricciones básicas. Las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas, reciben el nombre de «restricciones básicas». Dependiendo de la frecuencia del campo, las magnitudes físicas empleadas para especificar estas restricciones son la inducción magnética (B), la densidad de corriente (J), el índice de absorción específica de energía (SAR) o la densidad de potencia (S). La inducción magnética y la densidad de potencia se pueden medir con facilidad en los individuos expuestos.

Niveles de referencia. Estos niveles se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición, 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 las emisiones radioeléctricas. Las magnitudes 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 magnitudes que se refieren a la percepción y otros efectos indirectos son la corriente (de contacto) (I_c) y, para los campos pulsátiles, la absorción específica de energía (SA). En cualquier situación particular de exposición, los valores medidos o calculados de cualquiera de estas cantidades pueden compararse con el nivel de referencia adecuado. El cumplimiento del nivel de referencia garantizará el respeto de la restricción básica pertinente. Que el valor medido sobrepase el nivel de referencia no quiere decir necesariamente que se vaya a sobrepasar la restricción básica. Sin embargo, en tales circunstancias es necesario comprobar si ésta se respeta.

Algunas magnitudes, como la inducción magnética (B) y la densidad de potencia (S), sirven a determinadas frecuencias como restricciones básicas y como niveles de referencia.

Los límites de exposición a emisiones radioeléctricas a los que se refiere el Reglamento son los resultantes de aplicar las restricciones básicas y los niveles de referencia en zonas en las que pueda permanecer habitualmente el público en general, sin perjuicio de lo establecido en otras disposiciones específicas en el ámbito laboral.

2. Restricciones básicas

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

a) 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.

b) 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.

c) Entre 100 kHz y 10 GHz se proporcionan restricciones básicas del SAR para prevenir la fatiga calorífica de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama de 100 kHz a 10 MHz se ofrecen restricciones de la densidad de corriente y del SAR.

d) 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 el cuadro 1 se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan 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.

CUADRO 1
Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	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	-	-	-	-
4-1.000Hz	-	2	-	-	-	-
1.000 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

Notas:

1. f es la frecuencia en Hz.

2. 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. Las restricciones básicas para los campos frecuencias muy bajas se basan en los efectos negativos establecidos en el sistema nervioso central. Estos efectos agudos son esencialmente instantáneos y no existe justificación científica para modificar las restricciones básicas en relación con las exposiciones de corta duración. Sin embargo, puesto que las restricciones básicas se refieren a los efectos negativos en el sistema nervioso central, estas restricciones básicas pueden permitir densidades más altas en los tejidos del cuerpo distintos de los del sistema nervioso central en iguales condiciones de exposición.

3. 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.

4. Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores pico de densidad de corriente pueden obtenerse multiplicando el valor cuadrático medio (rms) por $\sqrt{2}$ ++(= 1,414). Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$.

5. Para frecuencias de hasta 100 kHz y para campos magnéticos pulsátiles, la densidad de corriente máxima asociada con los pulsos puede calcularse a partir de los tiempos de subida/caída y del índice máximo de cambio de la inducción magnética. La densidad de corriente inducida puede entonces compararse con la restricción básica correspondiente.

6. Todos los valores SAR deben ser promediados a lo largo de un período cualquiera de seis minutos.

7. 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. Estos 10 g de tejido se consideran como una masa de tejidos contiguos con propiedades eléctricas casi homogéneas. Especificando que se trata de una masa de tejidos contiguos, se reconoce que este concepto puede utilizarse en la dosimetría automatizada, aunque puede presentar dificultades a la hora de efectuar mediciones físicas directas. Puede utilizarse una geometría simple, como una masa de tejidos cúbica, siempre que las cantidades dosimétricas calculadas tengan valores de prudencia en relación con las directrices de exposición.

8. 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 pulsátiles, en la gama de frecuencias de 0,3 a 10 GHz y en relación con la exposición localizada de la cabeza, la SA no debe sobrepasar los 2 mJ/kg^{-1} como promedio calculado en 10 g de tejido.

3. Niveles de referencia.

Los niveles de referencia de la exposición sirven para ser comparados con los valores de las magnitudes medidas. El respeto de todos los niveles de referencia asegurará el respeto de las restricciones básicas.

Si las cantidades de los valores medidos son mayores que los niveles de referencia, no significa necesariamente que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En este caso, debe efectuarse una evaluación para comprobar si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas, presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección. En los cuadros 2 y 3 figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, éstos están pensados como valores promedio, calculados especialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo muy en cuenta que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizadas.

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

3.1. Niveles de campo.

CUADRO 2
Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	**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	-	$3,2 . 10^4$	$4 . 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 . 10^4/f^2$	$4 . 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	-
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

1. f según se indica en la columna de gama de frecuencia.

2. 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 período cualquiera de seis minutos.

3. 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 período cualquiera de $68/f^{1,05}$ minutos (f en GHz).

4. No se ofrece ningún valor de campo E para frecuencias <1 Hz. La mayor parte de las personas no percibirá las cargas eléctricas superficiales con resistencias de campo inferiores a 25 kV/m. En cualquier caso, deben evitarse las descargas de chispas, que causan estrés o molestias.

Nota: no se indican niveles de referencia más altos para la exposición a los campos de frecuencia extremadamente baja (FEB) cuando las exposiciones son de corta duración (véase nota 2 del cuadro 1). En muchos casos, cuando los valores medidos rebasan el nivel de referencia, no se deduce necesariamente que se haya rebasado la restricción básica. Siempre que puedan evitarse los impactos negativos para la salud de los efectos indirectos de la exposición (como los microshocks), se reconoce que pueden rebasarse los niveles de referencia, siempre que no se rebase la restricción básica relativa a la densidad de corriente.

En cuanto a valores de pico, se aplicarán los siguientes niveles de referencia para la intensidad de campo eléctrico (E) (V/m), la intensidad de campo magnético (H) (A/m) y a la inducción de campo magnético (B) (μT):

a) Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores de pico esta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por $\sqrt{2}$ (= 1,414). Para pulsos de duración t_p, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse debe calcularse como $f=1/(2t_p)$.

b) Para frecuencias de entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de pico de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 10^a, donde $a=[0,665 \log(f/10^5) + 0,176]$, donde f se expresa en Hz.

c) Para frecuencias de entre 10 MHz y 300 GHz, los valores de referencia de pico se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 32.

Nota: en lo que se refiere a frecuencias que sobrepasan los 10 MHz, el promedio Seq calculado en la anchura del pulso no debe ser mayor de 1.000 veces los niveles de referencia, o bien las intensidades 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 de la cabeza, debe limitarse la absorción específica derivada de los pulsos, para limitar o evitar los efectos auditivos causados por la extensión termoelástica. En esta gama de frecuencia, el umbral SA de 4-16 mJ/kg que es necesario para producir este efecto corresponde, para pulsos 30μ s, a valores máximos SAR de 130 a 520 W/kg en el cerebro. Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de pico de las intensidades de campo se obtienen mediante interpolación desde el pico multiplicado por 1,5 a 100 kHz hasta el pico multiplicado por 32 a 10 MHz.

3.2. Corrientes de contacto y corriente en extremidades: Para frecuencias de hasta 110 MHz se establecen niveles de referencia adicionales para evitar los peligros debidos a las corrientes de contacto. En el cuadro 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, equivalen aproximadamente a dos tercios y la mitad, respectivamente, de las que corresponden a hombres adultos.

CUADRO 3
Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores (f en kHz)

Gama de frecuencia	Corriente máxima de contacto (mA)
0 Hz-2,5 kHz	0,5
2,5 KHz-100 kHz	0,2 f
100 KHz-110 MHz	20

Para la gama de frecuencias de 10 MHz a 110 MHz, se establece un nivel de referencia 45 mA en términos de corriente a través de cualquier extremidad. Con ello, se pretende limitar el SAR localizado a lo largo de un período cualquiera de seis minutos.

4. Exposición a fuentes con múltiples frecuencias. 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 estas exposiciones. Para cada efecto deben hacerse cálculos basados en esa actividad; así pues, deben efectuarse evaluaciones separadas de los efectos de la estimulación térmica y eléctrica sobre el cuerpo.

4.1. Restricciones básicas:

En el caso de la exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias, deberán cumplirse los siguientes criterios como restricciones básicas.

En cuanto a la estimación eléctrica, pertinente en lo que se refiere a frecuencias de 1 Hz a 10 MHz, las densidades de corriente inducida deben cumplir lo siguiente:

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

donde:

J_i es la densidad de corriente a la frecuencia i;

$J_{L,i}$ es la restricción básica de densidad de corriente a la frecuencia i, según figura en el cuadro 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 cumplir lo siguiente:

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

donde:

SAR_i es el SAR causado por la exposición a la frecuencia i;

SAR_L es la restricción básica de SAR que figura en el cuadro 1;

S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i;

S_L es la restricción básica de densidad de potencia que figura en el cuadro 1.

4.2. Niveles de referencia:

1º Para la aplicación práctica de las restricciones básicas deben considerarse los siguientes criterios relativos a los niveles de referencia de las intensidades de campo.

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

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

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

donde:

E_i es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i;

$E_{L,i}$ es el nivel de referencia de campo eléctrico del cuadro 2;

H_j es la densidad de campo magnético a la frecuencia j;

$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de campo magnético derivado del cuadro 2;

a es 87 V/m y b es 5 A/m (6,25 µT).

El uso de los valores constantes (a y b) por encima de 1 MHz en lo que respecta al campo eléctrico, y por encima de 150 kHz en lo que se refiere al campo magnético, se debe al hecho de que la suma está basada en densidades de corriente inducida y no debe mezclarse con las circunstancias de efectos térmicos. Esto último constituye la base para $E_{L,i}$ y $H_{L,j}$ por encima de 1 MHz y 150 kHz, respectivamente, que figuran en el cuadro 2.

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 campo eléctrico del cuadro 2;

H_j es la densidad de campo magnético a la frecuencia j;

$H_{L,j}$ es el nivel de referencia de campo magnético derivado del cuadro 2;

c es 87/f1/2 V/m y d 0,73/f A/m, donde f es la frecuencia expresada en MHz.

2º Para la corriente de extremidades y la corriente de contacto, respectivamente, deben aplicarse las siguientes exigencias:

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

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 (véase el cuadro 3);

Las anteriores fórmulas de adición presuponen las peores condiciones de fase entre los campos. En consecuencia, las situaciones típicas de exposición pueden dar lugar, en la práctica, a unos niveles de exposición menos restrictivos de lo que indican las fórmulas correspondientes a los niveles de referencia.

5. Métodos de medida y referencias.

En lo relativo a los métodos de medidas, tipos de instrumentación y otros requisitos se estará a lo recogido en las normas técnicas aplicables, con el orden de prelación que figura en el artículo 11.

ANEXO II.

RECOMENDACIÓN del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999

RESTRICCIONES BÁSICAS

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 variable 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 de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos. En la gama 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 el cuadro 1 se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan 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.

Cuadro 1

Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

Gama de frecuencia	Introducción 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	-	8f	-	-	-	-
4-1.000 Hz	-	2	-	-	-	-
1.000 Hz-l00 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100 kHz-l0 MHz	-	f/500	0,08	2	4	-
10 MHz-l0 GHz	-	-	0,08	2	4	-
10-300 GHz	-	-	-	-	-	10

Notas

1. f es la frecuencia en Hz.
2. 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. Las restricciones básicas para los campos FEB se basan en los efectos negativos establecidos en el sistema nervioso central. Estos efectos agudos son esencialmente instantáneos y no existe justificación científica para modificar las restricciones básicas en relación con las exposiciones de corta duración. Sin embargo, pues que las restricciones básicas se refieren a los efectos negativos en el sistema nervioso central, estas restricciones básicas pueden permitir densidades más altas en los tejidos del cuerpo distintos de los del sistema nervioso central en iguales condiciones de exposición.
3. Dada la falta de homogeneidad eléctrica del cuerpo, debe calcularse el promedio de las densidades de corriente en una sección transversal de 1 cm perpendicular a la dirección de la corriente.
4. Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valones máximos de densidad de corriente pueden obtener multiplicando el valor rms por raíz 2 (~1,414. Para pulsos de duración t la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones
5. básicas debe calcularse como $f = 1/(2\ t_{,p})$.

6. Para frecuencias de hasta 100 kHz y para campos magnéticos pulsátiles. la densidad de corriente máxima asociada con los pulsos puede calcularse a partir de los tiempos de subida/caída y del índice máximo de cambio de la inducción magnética. La densidad de corriente inducida puede entonces compararse con la restricción básica adecuada.

7. Todos los valores SAR deben ser promediados a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.

8. La masa promedial 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. Estos 10 g de tejido se consideran como una masa de tejidos contiguos con propiedades eléctricas casi homogéneas. Se especifica que se trata de una masa de tejidos contiguos. Se reconoce que este concepto puede utilizarse en la dosimetría automatizada, aunque puede presentar dificultades a la hora de efectuar mediciones físicas directas. Puede utilizarse una geometría simple, como una masa de tejidos cúbica, siempre que las cantidades dosimétricas calculadas tengan valores de prudencia en relación con las directrices de exposición.

9. Para los pulsos de duración t,p la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2\ t,p)$. Además. en lo que se refiere a las exposiciones pulsátiles, en la gama de frecuencia 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. Esto quiere decir que la SA no debe sobrepasar los 2 mj kg-1 como promedio calculado en lo 10 g de tejido.

.

ANEXO III

NIVELES DE REFERENCIA

Los niveles de referencia de la exposición 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.

Si las cantidades de los valores medidos son mayores que los niveles de referencia. eso no quiere decir necesariamente que se hayan sobrepasado las restricciones básicas. En este caso, debe efectuare una evaluación para comprobar si los niveles de exposición son inferiores a las restricciones básicas.

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección. En los cuadros 2 y 3 figura un resumen de los niveles de referencia. Por lo general, estos están pensados como valores de promedio calculado espacialmente sobre toda la extensión del cuerpo del individuo expuesto, pero teniendo muy en cuenta que no deben sobrepasarse las restricciones básicas de exposición localizadas

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. En estos casos debe evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada.

Niveles de campo

Cuadro 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y, electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B	Densidad de potencia equivalente 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	4000/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
400-2.000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

1. f según se indica en la columna de gama de frecuencia.
2. Para frecuencias de 100 kHz a l0 GHz, el promedio de S_{eq2} F^2 H^2 y B^2 ha de calcularse a lo largo de un período cualquiera de 6 minutos.
3. Para frecuencias superiores a 10 GHz, el promedio de S_{cq2}, 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).
4. No se ofrece ningún valor de campo E para frecuencias < 1 Hz, que son efectivamente campos eléctricos estáticos. La mayor parte de la gente no percibirá las molestas cargas eléctricas superficiales con resistencias de campo inferiores a 25 kV/m. Deben evitarse las descargas de chispas que causan estrés o molestias.

Nota:

No se indican niveles de referencia más altos para la exposición a los campos de frecuencia extremadamente baja (FEB) cuando las exposiciones son de corta duración (véase la nota 2 del cuadro 1). En muchos casos, cuando los valores medidos rebasan el nivel de referencia, no se desprende necesariamente que se haya rebasado la restricción básica. Siempre que puedan evitarse los impactos negativos para la salud de los efectos indirectos de la exposición (como los microshocks), se reconoce que pueden rebasarse los niveles generales de referencia, siempre que no rebase la restricción básica relativa a la densidad. En muchas situaciones de exposición real, los campos FEB externos que se ajustan a los niveles de referencia inducirán en los tejidos del sistema nervioso central densidades de corriente inferiores a las restricciones básicas. También se reconoce que algunos aparatos habituales emiten campos localizados que rebasan los niveles de referencia. Sin embargo, esto ocurre generalmente en condiciones de exposición en las que no se rebasan las restricciones básicas debido al bajo acoplamiento entre el campo y el cuerpo.

En cuanto a valores de cresta, a la intensidad de campo E (V/m), la intensidad de campo H (A/m) y al campo B (uT) se les aplican los siguientes niveles de referencia:

– para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores de cresta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por raiz 2 (-1,414). Para pulsos de duración tp, la frecuencia equivalente que ha de aplicarse debe calcularse como f 1 /($2t_p$);

– para frecuencias de entre l00 Hz y 10 MHz, los valores de cresta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 10^a, donde a= 0.665 log ($f/l0^5$)+0,176]. F en Hz

– para frecuencias de entre 10 MHz y 300 GHz, los valores de referencia de cresta se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por 32.

Nota:
Por regla general en lo que se refiere a los campos pulsátiles y/o momentáneos de baja frecuencia existen restricciones básicas que dependen de las frecuencias, así como niveles de referencia a partir de los cuales pueden establecerse evaluaciones de riesgo y directrices de exposición en relación con las fuentes pulsátiles y/o momentáneas. Un enfoque tradicional consiste en representar la señal pulsátil o momentánea de CEM como un espectro Fourier con sus componentes en cada gama de frecuencias, pudiendo así compararse con los niveles de referencia correspondientes a esas frecuencias. Para determinar el cumplimiento de las restricciones básicas también pueden aplicarse las fórmulas de adición en caso de exposición simultánea a campos de frecuencia múltiple.

Aunque se dispone de poca información sobre la relación existente entre electos biológicos y valores máximos de campos pulsátiles se sugiere que. En lo que se refiere a frecuencias que sobrepasan los 10 MHz el promedio Seq 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 de la cabeza, debe limitarse la absorción específica derivada de los pulsos para limitar o evitar los electos auditivos causados por la extensión termoelástica. En esta gama de frecuencia, el umbral SA de 4-16 mj kg^{-1} que es necesario para producir este efecto corresponde, para 30 pulsos Fs, a valores máximos SAR de 1 30 a 520 W kg^{-1} en e! cerebro. Entre l00 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen mediante interpolación desde la cresta multiplicada por 1,5 a 100 kHz hasta la cresta multiplicada por 32 a 10 MHz.

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 el cuadro 3 figuran los niveles de referencia de corriente de contacto. Estos 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.

Cuadro 3
Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores (f en KHz)

	corriente máxima de contacto (mA)
0 Hz-2,5 KHz	0,5
2.5 KHz-l00 KHz	0.2 f
100 KHz-110 MHz	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 III .

ORDEN CTE/23/2002, de 11 de Enero, por la que reestablecen las condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de comunicaciones

El Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, aprobado mediante el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre (en lo sucesivo Reglamento), dispone en su artículo 8.1 que los operadores que establezcan redes soporte de servicios de radiodifusión sonora y televisión y los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2, elaborarán un estudio detallado, realizado por técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones radioeléctricas, en las que puedan permanecer habitualmente personas.

El artículo 8 establece asimismo que el estudio mencionado será presentado ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología, incorporado en el proyecto o propuesta técnica necesarios para solicitar la autorización de las instalaciones radioeléctricas, según lo establecido en el capítulo I, título III, de la Orden de 9 de marzo de 2000, por la que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico. Igualmente en el citado artículo se establecen determinados criterios de planificación para las instalaciones radioeléctricas.

Adicionalmente, el mencionado Reglamento dispone en su artículo 9.3 que los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2 deberán remitir al Ministerio de Ciencia y Tecnología, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por técnico competente de que se han respetado, durante el año anterior, los límites de exposición establecidos.

Por otra parte, la disposición transitoria única del Reglamento fija un plazo de nueve meses para que los operadores que establezcan redes soporte de servicios de radiodifusión sonora y televisión y los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2, que dispongan de instalaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad a la fecha de entrada en vigor del mismo Regla mento, remitan al Ministerio de Ciencia y Tecnología, una certificación de la conformidad de dichas instalaciones con los límites de exposición establecidos en su anexo II, expedido por técnico competente.

Asimismo, los artículos 8 y 9 del citado Reglamento establecen que el Ministerio de Sanidad y Consumo tendrá acceso a la información que le resulte necesaria sobre los estudios y certificaciones citados anteriormente, y que las autoridades sanitarias de las Comunidades Autónomas serán informadas por el Ministerio de Sanidad y Consumo cuando lo soliciten.

Con la finalidad de conseguir una más efectiva aplicación del citado Reglamento, los estudios y certificaciones mencionados deberán tener un formato y estructura homogéneos para todos los operadores de servicios de radiocomunicación y contar con un nivel de detalle adecuado, por lo que se hace preciso establecer las condiciones en las que los citados estudios y certificaciones deben ser presentados al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

La presente Orden ha sido sometida a audiencia del sector y al informe de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, de acuerdo con lo previsto en el artículo 1, dos, 2, j, de la Ley 12/1997, de 24 de abril, de Liberalización de las Telecomunicaciones.

En su virtud, al amparo de la disposición final primera del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, dispongo:

Primero. Objeto.-La presente Orden se dicta en desarrollo y aplicación de lo dispuesto en los puntos 1, 2, 4 y 7 del artículo 8, en el punto 3 del artículo 9 y en el apartado 1 de la disposición transitoria única del Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, aprobado mediante el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, y tiene por objeto regular las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a los que se hace referencia en los citados artículos, que los operadores de servicios de radiocomunicación deben presentar al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Segundo. Tipología de las estaciones radioeléctricas.-Al efecto de lo dispuesto en esta Orden, las estaciones radioeléctricas se clasificarán, dependiendo de su tipología, en:

ER1: Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo urbano, con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 vatios.

ER2: Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo urbano, con potencia isotrópica radiada equivalente inferior o igual a 10 vatios.

ER3: Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo no urbano, con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 vatios, en cuyo entorno existan áreas en las que puedan permanecer habitualmente personas.

ER4: Estaciones radioeléctricas ubicadas en suelo no urbano, con potencia isotrópica radiada equivalente inferior o igual a 10 vatios, en cuyo entorno existan áreas en las que puedan permanecer habitualmente personas.

Tercero. Estudio de niveles de exposición e incorporación en el procedimiento de solicitud de autorización de estaciones radioeléctricas.

3.1 Los operadores que establezcan redes soporte de servicios de radiodifusión sonora y televisión y los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2 presentarán ante el Ministerio de Ciencia y Tecnología un estudio detallado, realizado por técnico competente, que indique los niveles de exposición a emisiones radioeléctricas en áreas cercanas a sus instalaciones en las que puedan permanecer habitualmente personas. Dicho estudio será incorporado en el proyecto o propuesta técnica necesarios para solicitar la autorización de las instalaciones radioeléctricas, según lo establecido en el capítulo I, título III, de la Orden de 9 de marzo de 2000, por la que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico.

El estudio citado, realizado para cada estación radioeléctrica, deberá incluir como mínimo la siguiente información, conforme el formato y estructura especificados en el anexo I:

a) Identificación del técnico competente que lo firma.

b) Visado del colegio profesional.

c) Características técnicas de la estación.

d) Características del entorno donde se ubica la estación, documentado con planos, según su tipología:

1) Para estaciones tipo ER1 y ER3, los planos abarcarán, en todo caso, la superficie necesaria para representar el resultado de los cálculos de exposición, conforme a los límites establecidos en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1066/2001, y como mínimo un radio de 50 metros.

Se representará la disposición de la estación en su entorno, mediante planos en planta y alzado en las direcciones de máxima emisión de las antenas hacia las áreas más cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente personas. Se señalarán las zonas de acceso restringido.

Se podrán incluir fotografías o esquemas de perspectiva.

2) Para estaciones tipo ER2 y ER4, se aportará un plano esquemático de la situación de la estación, con referencia a las áreas cercanas en las que pudieran permanecer habitualmente personas.

3) Para estaciones tipo ER3 y ER4, se ubicará la estación en mapa de escala 1:50.000.

e) Para todas las estaciones, se aportarán los valores de los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los niveles de emisión preexistentes, en los puntos que se consideren más desfavorables según las direcciones de máximo nivel de emisión de las estaciones en áreas de su entorno en las que pudieran permanecer habitualmente personas.

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

f) Para las estaciones tipo ER1 y ER2, cuando en un entorno de 100 metros de las mismas existan espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos), el estudio tendrá en consideración la presencia de dichos espacios, para lo que se justificará la minimización de los niveles de expo sición sobre los mismos según lo previsto en el artículo 8.7 del Reglamento y se aportarán los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los niveles de emisión preexistentes, en dichos espacios.

g) Cuando los terminales de abonado a los que se da servicio desde la estación radioeléctrica requieran la instalación de una estación fija de abonado exterior, el estudio deberá justificar que las normas generales de instalación de dichos terminales fijos garantizan el cumplimiento de los límites de exposición establecidos en el Reglamento.

3.2 Las medidas de los niveles de emisión a los que se hace referencia en esta Orden se realizarán siguiendo el método establecido en el anexo IV de la misma.

Cuarto. Certificación anual de instalaciones.-Los titulares de licencias individuales de tipo B2 y C2 deberán remitir al Ministerio de Ciencia y Tecnología, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por técnico competente de que se han respetado durante al año anterior los límites de exposición establecidos en el anexo II del Reglamento que establece las restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, aprobado por el Real Decreto 1066/2001.

La citada certificación deberá contener, como mínimo, la siguiente información, conforme al formato y estructura especificados en el anexo II:

a) Identificación del técnico competente que la firma y visado del colegio profesional.

b) Identificación de la estación.

c) Para las estaciones puestas en servicio, o cuyas características técnicas hayan sido modificadas, en el año anterior, la certificación debe contener medidas de los niveles de emisión en las áreas cercanas en las que puedan permanecer habitualmente personas.

d) Para las estaciones tipo ER1 y ER3, cuyos valores de los niveles de emisión, comunicados en certificaciones correspondientes a años anteriores, en las áreas del entorno en las que pudieran permanecer habitualmente personas alcancen el 25 por 100 de los niveles de potencia o el 50 por 100 de los niveles de intensidad de campo de referencia que se establecen en el Real Decreto 1066/2001, deberán formar parte de la certificación medidas de niveles de emisión radioeléctrica en dichas áreas. Los niveles referidos anteriormente son coincidentes con el denominado "nivel de decisión" establecido en el procedimiento de realización de medidas del anexo IV de esta Orden.

e) Para el resto de las estaciones tipo ER1 y ER3 que no superen dicho nivel, así como para las del tipo ER2 y ER4, deberá figurar en la certificación una constatación de que en el entorno de la estación, en las áreas que pudieran permanecer habitualmente personas, se mantienen los valores de los niveles de emisión por debajo de los límites establecidos en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1066/2001.

f) Para las estaciones que se encuentren comprendidas en el apartado f) del apartado tercero, la certificación deberá contener medidas de niveles de emisión radioeléctrica en dichas áreas sensibles.

Quinto. Instalaciones radioeléctricas en un mismo emplazamiento.-En el supuesto de que varias estaciones radioeléctricas de un mismo operador o de diferentes operadores se ubiquen en el mismo emplazamiento, y lleguen a acuerdos para el intercambio de los datos necesarios para la realización de estudios, o certificaciones, bien directamente o a través del gestor de emplazamiento, se podrán realizar los mismos de forma conjunta para dichas estaciones.

Sexto. Certificaciones de instalaciones preexistentes.-La certificación a que se refiere el apartado 1 de la disposición transitoria del Reglamento se realizará, para cada estación radioeléctrica, por un técnico competente visada por el colegio profesional y contendrá, en función de la tipología de la misma, la información relativa al estudio descrito en el apartado tercero de esta Orden, que le sea de aplicación, con las medidas de los niveles de emisión reales correspondientes, conforme al formato y estructura especificados en el anexo III.

Séptimo. Fundamento legal.-La presente disposición se dicta al amparo de lo establecido en el artículo 149.1.21.a de la Constitución Octavo. Entrada en vigor.-La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Madrid, 11 de enero de 2002.

BIRULÉS I BERTRAN

Excmo. Sr. Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

ANEXO I

Modelo de certificación de estaciones en proyecto

Don/doña ....., NIF ....., titulación ....., número de Colegiado....., en cumplimiento del 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 sanitarias frente a emisiones radioeléctricas ("Boletín Oficial del Estado" del 29) y del apartado tercero de la Orden por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones,

CERTIFICA:

Que la estación proyectada cuyas características se especifican a continuación cumple los límites de exposición establecidos en el anexo II del mencionado Reglamento, de acuerdo con los cálculos técnicos efectuados al respecto.

Características técnicas de la estación proyectada

(Para cada estación se adjuntará en soporte papel e informático los datos especificados a continuación.)

1. Características generales:

Tipo de sistema (LMDS, UMTS, GSM, soporte de difusión,...).

Operador (nombre o razón social).

Tipo de estación (ER1, ER2,...).

2. Datos correspondientes al emplazamiento:

Situación (calle, plaza o lugar geográfico).

Población.

Término municipal.

Provincia.

Coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos).

Cota del terreno s/nivel del mar (m).

Altura de la antena s/terreno (m).

¿Se trata de un emplazamiento compartido? (Sí/No).

3. Características radioeléctricas de la estación (este apartado se rellenará para cada uno de los sectores de radiación):

Código identificativo de la estación.

Sector de radiación.

Frecuencias de transmisión.

Polarización.

Ganancia de la antena.

Pire máxima por portadora.

Número de portadoras.

Pire máxima total.

Acimut de máxima radiación (grados).

Abertura horizontal del haz (grados).

Abertura vertical del haz (grados).

Inclinación del haz sobre la horizontal (grados).

Nivel lóbulos secundarios.

4. Cálculo de los niveles de emisión radioeléctrica.

Informe de medidas de acuerdo con los formatos señalados en el procedimiento para la realización de las mismas (anexo IV).

5. Información adicional.

Planos, esquemas, fotografías, justificación de minimización de los niveles de exposición, etc., conforme a lo especificado en apartado tercero de la Orden citada.

Fdo.: Visado del Colegio Profesional

ANEXO II

Modelo de certificación anual de estaciones instaladas

Don/doña ....., NIF ....., titulación ....., número de Colegiado....., en cumplimiento del 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 sanitarias frente a emisiones radioeléctricas ("Boletín Oficial del Estado" del 29).

CERTIFICA (1):

1. Que en cumplimiento del punto c) del apartado cuarto de la Orden por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones, han sido efectuadas las mediciones siguientes para las correspondientes estaciones:

Operador (nombre o razón social).

Tipo de sistema (LMDS, UMTS, GSM, soporte de difusión,...).

Informe de medidas de acuerdo con los formatos señalados en el procedimiento para la realización de las mismas (anexo IV).

2. Que en cumplimiento del punto d) del apartado cuarto de la Orden citada en el apartado primero, se han efectuado las medidas siguientes para las correspondientes estaciones:

Informe de medidas de acuerdo con los formatos señalados en el procedimiento para la realización de las mismas (anexo IV).

3. Que en cumplimiento del punto e) del apartado cuarto de la Orden ya citada, el resto de estaciones tipo ER1 y ER3 no incluidas en el apartado dos anterior y las del tipo ER2 y ER4 del mismo operador y sistema mantiene niveles de emisión inferior a los límites establecidos en el Reglamento aprobado por Real Decreto 1066/2001.

4. Que en cumplimiento del punto f) del apartado cuarto de la Orden precitada, se han efectuado las preceptivas mediciones con los resultados siguientes:

Tipo de estación (ER1, ER2,...).

Informe de medidas de acuerdo con los formatos señalados en el procedimiento para la realización de las mismas (anexo IV).

Fdo.: Visado del Colegio Profesional

(1) Para cada estación se adjuntará en soporte papel e informático los datos arriba especificados.

ANEXO III

Modelo de certificación de estaciones radioeléctricas autorizadas con anterioridad al 1 de octubre de 2001

Don/doña ....., titulación ....., NIF ....., número de Colegiado....., en cumplimiento del 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 sanitarias frente a emisiones radioeléctricas ("Boletín Oficial del Estado" del 29) y del apartado sexto de la Orden por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones,

CERTIFICA:

Que las estaciones cuyas características se especifican a continuación cumplen los límites de exposición establecidos en el anexo II del mencionado Reglamento de acuerdo con los resultados de las mediciones y comprobaciones detalladas a continuación,

Características técnicas de la estación

(Para cada estación se adjuntará en soporte papel e informático los datos especificados a continuación.)

1. Características generales:

Tipo de sistema (LMDS, UMTS, GSM, soporte de difusión,...).

Operador (nombre o razón social).

Tipo de estación (ER1, ER2,...).

Fecha de autorización.

2. Datos correspondientes al emplazamiento:

Situación (calle, plaza o lugar geográfico).

Población.

Término municipal.

Provincia.

Coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos).

Cota del terreno s/nivel del mar (m).

Altura de la antena s/terreno (m).

¿ Se trata de un emplazamiento compartido? (Sí/No).

3. Características radioeléctricas de la estación (este apartado se rellenará para cada uno de los sectores de radiación):

Código identificativo de la estación.

Sector de radiación.

Frecuencias de transmisión.

Polarización.

Ganancia de la antena.

Pire máxima por portadora.

Número de portadoras.

Pire máxima total.

Acimut de máxima radiación (grados).

Abertura horizontal del haz (grados).

Abertura vertical del haz (grados).

Inclinación del haz sobre la horizontal (grados).

Nivel lóbulos secundario.

4. Informe de medidas de acuerdo con los formatos señalados en el procedimiento para la realización de las mismas (anexo IV).

5. Información adicional.

Planos, esquemas, fotografías, justificación de la minimización de los niveles de exposición, etc., conforme a lo especificado en apartado tercero de la Orden citada.

Fdo.: Visado del Colegio Profesional

ANEXO IV

Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión

En el presente procedimiento se distinguen tres fases de medida: Fase-1, fase-2 y fase-3, dependiendo del grado de precisión y de las características del proceso de mediciones. En todos los casos, habrá de tenerse en cuenta un conjunto de consideraciones y actuaciones necesarias para la realización de las medidas que se han resumido en lo que se denomina fase previa.

1. Fase previa a las mediciones

Previamente al proceso de medida, se deberá recopilar toda la información necesaria de la/s estación/es radioeléctrica/s a evaluar y su entorno, al objeto de asegurar que las mediciones se efectúen en puntos de máximo nivel de emisión en los espacios en los que puedan permanecer habitualmente personas, contemplando, para ello, tanto los factores del entorno, como los factores radioeléctricos que intervendrán en las mediciones.

a) Factores del entorno de las estaciones:

Identificación de zonas en las que puedan permanecer habitualmente personas, próximas a los centros emisores, particularmente en la dirección de máxima radiación de las antenas emisoras.

Presencia de edificios u otros obstáculos, estimando de que manera su presencia puede afectar a la medida (fundamentalmente en reflexiones).

Otros factores relevantes como presencia de espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos) en lugares próximos a las estaciones radioeléctricas.

b) Factores radioeléctricos:

Deberá tenerse en cuenta que el equipo de medida sea el más adecuado, en función del tipo de medida que vaya a realizarse. Además habrá de asegurarse que los equipos utilizados hayan sido calibrados y estén en el período válido de calibración dado por el fabricante.

Deberá asegurarse que el umbral de detección de señal del equipo de medida sea considerablemente menor que cualquiera de los "niveles de decisión" que se señalan en los apartados siguientes.

Habrá de considerarse que los valores de referencia establecidos en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, son los valores RSM imperturbados. En consecuencia, se deberán realizar las mediciones de los campos electromagnéticos sin la presencia de elementos perturbadores para estos campos como pueda ser el cuerpo humano del operario que realiza las mediciones.

Por ello, se utilizarán elementos adicionales para la medida, tales como trípodes no metálicos o mástiles, que permitan separar el equipo de medida del cuerpo del operario.

Se evaluará si, a tenor con el servicio radioeléctrico predominante y las frecuencias utilizadas por el mismo, el punto de medida estaría inmerso en la zona de "campo cercano" o en la zona de "campo lejano". Para ello sería necesario conocer la distancia entre el punto de medida y antena radiante. Si fuese preciso se utilizará un telémetro óptico.

Como criterio práctico y aproximativo, para establecer el límite entre "campo cercano" y "campo lejano", se establece, para frecuencias inferiores a 1 GHz:

(VER IMAGEN, PÁGINA 1532)

Si d T 3k ; "campo lejano".

Si d R 3k ; "campo cercano".

Donde "d" es la distancia desde el punto de medida a la antena cuya emisión se pretende medir y "k" es la longitud de onda de la frecuencia en estudio.

Si el punto de medida estuviese en "campo cercano", sería necesario verificar las intensidades de campo eléctrico E(V/m), y magnético H(A/m), a fin de comparar con los valores establecidos, para cada caso.

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

aunque no ofrecen información acerca de cada componente espectral.

El proceso de medida para esta fase-1 será el siguiente:

Recorrer con la sonda el entorno de la estación accesible al público, tomando medidas instantáneas con el fin de identificar los puntos de máxima de exposición, variando la altura relativa de la sonda respecto del suelo entre 0 y 2 metros, estimando los más significativos para realizar las medidas.

Una vez identificados los puntos de máxima exposición, se realizará la medida, evitando que la presencia del técnico afecte al resultado. (Utilización de trípode y proceso de inicialización del equipo, según indicaciones del manual de uso.) Se tomarán muestras (una por segundo) durante un período de seis minutos y se obtendrá el valor promediado en ese período).

Se medirá la distancia desde el punto de medida a la fuente emisora con ayuda de un telémetro óptico, si éste fuese preciso.

Se almacenarán los valores obtenidos de las medidas para cada ubicación en que éstas se realicen.

Se anotarán los valores RMS obtenidos.

Si en el momento de la medición la estación no emitiera con su máxima potencia autorizada, se efectuará una extrapolación del valor medido, al objeto de obtener el nivel de exposición en ese punto en el supuesto de que dicha estación emitiese a máxima potencia.

Los resultados obtenidos en el proceso de medida, para cada magnitud, deberán compararse con los denominados "niveles de decisión".

Estos niveles de decisión se establecen en 6 dB por debajo de los niveles de referencia señalados en el Real Decreto 1066/2001.

(En el caso de intensidad de campo eléctrico V/m)

(VER IMAGEN, PÁGINA 1533)

4. Fase-3 de medida

Cuando las fuentes emisoras a analizar estén operando en frecuencias distintas a las de la fase segunda, o bien no sea posible la realización de las medidas en "campo lejano", se procederá a la realización de estas medidas, con un análisis más exhaustivo de las emisiones, con la utilización del equipamiento de medida apropiado para cada caso y se realizarán mediciones de las magnitudes necesarias a fin de que pueda documentarse técnicamente cada una de las fuentes emisoras y la verificación de que sus niveles de intensidades de campos electromagnéticos presenten valores fácilmente comparables con los niveles de referencia fijados en el Real Decreto 1066/2001.

En esta fase-3 deberán incluirse los casos de mediciones para frecuencias bajas en las que el punto de medida haya de ubicarse lo suficientemente cerca de la antena como para estar inmerso en el "campo cercano". También serán incluidos en esta fase-3 las emi siones pulsantes (p.e. radar) o cualquier otra que por sus especiales características necesite ser analizada de manera singular, debiendo ser señaladas estas circunstancias en el correspondiente informe de medidas en cada caso.

En todos los casos, para la realización de las medidas, deberán utilizarse las antenas apropiadas para las bandas de frecuencia en las que se ubiquen las emisiones objeto de análisis.

La consideración del sistema radioeléctrico o la zona en estudio, adaptados o no a las exigencias del Reglamento, una vez llevadas a cabo las medidas en esta fase-3, seguirá criterios análogos a los de las fases precedentes.