



EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALCOBENDAS

REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL
PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS



DOCUMENTO PREVIO A APROBACIÓN PROVISIONAL
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

DIRECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Director Técnico

Miguel Rodríguez Abascal

Licenciado en Ciencias Biológicas.

Coordinadora de Área

Rosa María Gómez Alonso

Licenciada en Ciencias Biológicas.

Master en evaluación y corrección de impactos ambientales

Dirección de los trabajos

Joaquín Rodríguez Grau

Ingeniero de Montes

EQUIPO TÉCNICO

Juan José Coble Castro

Ingeniero Industrial



evaluación ambiental

C/ Lagasca, 105.

1º Dcha; 28006 Madrid;

Tel.: 917 821 860

Fax.: 914 111 792

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	4
2. OBJETO Y CONTENIDO DEL ESTUDIO	5
3. MARCO LEGISLATIVO.....	6
4. CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	9
4.1. DEFINICIÓN Y FUENTES DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS	10
4.1.1. <i>Fuentes naturales de campos electromagnéticos</i>	<i>11</i>
4.1.2. <i>Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre</i>	<i>12</i>
4.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LONGITUD Y FRECUENCIA DE LAS ONDAS.....	12
4.2.1. <i>Barreras a la propagación de los campos electromagnéticos</i>	<i>15</i>
4.2.2. <i>Campos estáticos y campos variables con el tiempo</i>	<i>17</i>
4.3. EFECTOS BIOLÓGICOS Y SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS	19
4.3.1. <i>Fundamentos físicos de los efectos biológicos y sobre la salud</i>	<i>19</i>
4.3.2. <i>Tipos de radiaciones no ionizantes y sus efectos biológicos y sobre la salud</i>	<i>21</i>
4.4. TIPOS DE ESTUDIOS NECESARIOS PARA EVALUAR LOS EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS.....	24
4.4.1. <i>Interpretación de los estudios epidemiológicos</i>	<i>25</i>
4.5. NIVELES DE EXPOSICIÓN TÍPICOS EN EL HOGAR, EN EL TRABAJO Y EN EL MEDIO AMBIENTE	27
4.5.1. <i>Campos electromagnéticos producidos por instalaciones de transmisión y distribución de electricidad.....</i>	<i>27</i>
4.5.2. <i>Campos electromagnéticos en el hogar</i>	<i>29</i>
4.5.3. <i>Campos electromagnéticos en el trabajo</i>	<i>32</i>
4.5.4. <i>Campos electromagnéticos en el medio ambiente.....</i>	<i>34</i>
4.6. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN SOBRE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS 39	
4.6.1. <i>Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas según la legislación española....</i>	<i>44</i>
4.7. RECOMENDACIONES GENERALES.....	54
4.7.1. <i>Protección de la salud pública.....</i>	<i>55</i>
5. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	56
5.1. METODOLOGÍA GENERAL.....	56
5.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	57

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

5.2.1.	<i>Metodología de evaluación de los niveles actuales de campo eléctrico.....</i>	57
5.2.2.	<i>Metodología de evaluación de los niveles actuales de campo magnético</i>	63
6.	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	96
6.1.	RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO	96
6.1.1.	<i>Análisis de las medidas realizadas en las zonas urbanizadas del municipio de Alcobendas.</i>	98
6.1.2.	<i>Análisis de las medidas realizadas en las zonas verdes que se encuentran dentro del espacio urbanizado del municipio de Alcobendas</i>	101
6.1.3.	<i>Análisis de las medidas realizadas en las inmediaciones de la subestación eléctrica de transformación incluida en el núcleo urbano del municipio de Alcobendas.</i>	103
6.1.4.	<i>Análisis de las medidas realizadas en los ámbitos a desarrollar incluidos en el PGOU del municipio de Alcobendas</i>	105
6.1.5.	<i>Análisis de los valores de campo eléctrico y magnético existentes en las inmediaciones de las líneas aéreas de alta y media tensión.</i>	109
6.2.	RESULTADO DE LOS CONVENIOS DEL AYUNTAMIENTO DE ALCOBENDAS CON LA EMPRESA ELÉCTRICA IBERDROLA	111
7.	ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN EL DESARROLLO DEL PGOU DE ALCOBENDAS.	112
7.1.1.	<i>Metodología de identificación y valoración de impactos ambientales.</i>	112
7.1.2.	<i>Descripción, caracterización y valoración de impactos</i>	120
8.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS EN RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	126
8.1.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS GENERALES.	126
8.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS: REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS	127
8.2.1.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: alejamiento de las fuentes de campo.</i>	128
8.2.2.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Reducción de las fuentes de emisión de campos electromagnéticos en origen.</i>	128
8.2.3.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Protección personal y en el trabajo frente a la radiación electromagnética no ionizante.</i>	131
8.2.4.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Limitaciones y servidumbres para la protección radioeléctrica.....</i>	133
8.2.5.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Límites de exposición según la legislación nacional.</i>	

8.2.6.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Requisitos para la instalación de estaciones radioeléctricas.....</i>	142
8.2.7.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico.....</i>	143
8.2.8.	<i>Medidas Preventivas y Correctoras: Requisitos a cumplir por las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.....</i>	144
9.	LISTA DE INDICADORES DE CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS PROPUESTAS	145
9.1.	INDICADORES RESPECTO A LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	145
9.1.1.	<i>Fase de construcción.</i>	146
9.1.2.	<i>Fase de funcionamiento.</i>	147

ANEXO 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES.

ANEXO 2: PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS (PROPORCIONADO POR UNESA)

ANEXO 3: EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN UTILIZADAS (DESCRIPCIONES TÉCNICAS)

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La contaminación se ha convertido en un problema a escala planetaria, con consecuencias graves, si no se toman las medidas adecuadas, para el medio ambiente y la salud humana. Por desgracia, en vez de limitarse a una serie fija de contaminantes, en los últimos años, a los contaminantes ya conocidos, se ha venido a sumar la contaminación electromagnética, como subproducto del desarrollo tecnológico masivo basado en la electricidad y las comunicaciones.

En la actualidad es prácticamente imposible evitar la exposición a las radiaciones electromagnéticas. El gran desarrollo experimentado en los últimos años por la tecnología de los sistemas de comunicación ha provocado el aumento de aplicaciones en radio, televisión, satélites, líneas telefónicas, radares, antenas, teléfonos móviles, etc.

Cuando se menciona la contaminación electromagnética o electropolución, se habla de la contaminación producida por los campos eléctricos y electromagnéticos, como consecuencia de la multiplicidad de aparatos eléctricos y electrónicos que se utilizan en el día a día, tanto en el hogar como en el trabajo. Son radiaciones invisibles para el ojo humano pero perfectamente detectables por aparatos de medida específicos.

Dada la proliferación de fuentes de campos electromagnéticos en el entorno, son múltiples los gobiernos, organizaciones empresariales, grupos ecologistas y grupos científicos de renombre internacional que han mostrado su interés por el tema, advirtiendo del creciente riesgo a que se está viendo sometido el ser humano en su entorno.

Fruto de esta preocupación creciente por el estudio de la contaminación electromagnética surge el proyecto CEM (de campos electromagnéticos), auspiciado por la Organización Mundial de la Salud, en el cual participan numerosos países, y mediante el cual se pretenden aunar esfuerzos con el objeto de lograr un adecuado conocimiento sobre los efectos de la contaminación electromagnética. También es de importancia destacar la labor realizada por la Comisión de la Unión Europea, que en 1998 elaboró en su seno unas Recomendaciones para los países europeos en materia de contaminación electromagnética.

A pesar de que los estudios epidemiológicos que intentan encontrar asociaciones significativas entre personas expuestas y ciertas enfermedades no ofrecen conclusiones definitivas y, a pesar de que los experimentos con animales para determinar la posible toxicidad para la reproducción de los campos electromagnéticos tampoco han dado, por el momento, resultados concluyentes, existe cierta inquietud entre la población y los poderes públicos acerca de los posibles riesgos que se

pueden derivar de su exposición, por la proliferación de estas radiaciones y porque, al ser inaudibles e invisibles, se hace muy difícil su detección.

2. OBJETO Y CONTENIDO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es dar respuesta a las exigencias de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio en cuanto a los contenidos mínimos que deben tener los Estudios de Incidencia Ambiental, y en particular el del Plan de Ordenación Urbana de Alcobendas.

Entre los contenidos mínimos planteados por la CMAOT¹ se incluye un estudio de la contaminación electromagnética, que debe tener como objetivos principales:

- Realizar un estudio de la contaminación electromagnética generada por líneas eléctricas, subestaciones eléctricas, y cualquier otro equipo o instalación en el ámbito afectado y de sus repercusiones ambientales, especialmente sobre la salud humana, en relación con los usos propuestos. Medidas previstas para su reducción o eliminación. Se tendrá en cuenta, como referencia general, la Recomendación del Consejo de 12 de julio de 1999 (1999/519/CE), relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).
- Cumplimiento del Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas. Estudio de la contaminación electromagnética previsible tras las actuaciones correspondientes y de la compatibilidad con los usos propuestos.
- Cumplimiento de la legislación vigente sobre medidas de protección de la salud humana y el medio ambiente frente a la contaminación electromagnética, considerando, entre otras normas, el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, que 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 y la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones (limitaciones y servidumbres derivadas de la aplicación de su artículo 32.1).

¹ Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

En consonancia con estos objetivos principales, el contenido y desarrollo del estudio es el siguiente:

- Descripción del marco legislativo medioambiental de aplicación a este tipo de fenomenología.
- Explicación y desarrollo de los conceptos fundamentales sobre campos electromagnéticos que se manejarán a lo largo de todo el estudio: fuentes de generación, efectos de la exposición, etc. (Se recogen los principales conceptos utilizados en el Anexo I de este documento).
- Descripción de las distintas metodologías de evaluación de los niveles de campo eléctrico y magnético, desarrolladas en torno a las características de las líneas de transporte de electricidad, antenas de telefonía móvil y comunicaciones, y otras fuentes y dispositivos existentes en el ámbito del estudio. Descripción del protocolo de medida de campos electromagnéticos elaborado por UNESA y utilizado en para realizar las medidas necesarias para este estudio (Se recoge en el Anexo II de este documento).
- Elaboración de las tablas de resultados de medición de la situación actual de valores de campo eléctrico y magnético. Revisión del cumplimiento de la legislación en vigor antes mencionada.
- Descripción de las alteraciones, efectos e impactos producidos por el aumento de las fuentes de emisión de campos electromagnéticos debido a los nuevos desarrollos del PGOU (en consonancia con lo desarrollado en el apartado de conceptos fundamentales).
- Elaboración y descripción de las medidas preventivas y correctoras necesarias para minimizar los efectos de estos campos.

3. MARCO LEGISLATIVO

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**, asume una serie de criterios de protección sanitaria frente a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas. 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.

Esta Recomendación establece unos límites de exposición, referidos a los sistemas de radiocomunicaciones y otras fuentes. Además 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 de las autoridades competentes en esta materia.

De conformidad con el principio de proporcionalidad, esta Recomendación establece principios generales y métodos de protección del público, pero 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.

Así pues surge la transposición de esta Recomendación en la legislación española (parcialmente) mediante el **Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones 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 a la preocupación expresada por algunas asociaciones, ciudadanos, corporaciones locales y Comunidades Autónomas.

Asimismo, resulta necesario que las autoridades públicas, 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 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 competente en la materia (Ministerio de Industria).

Por otro lado, y tal y como recoge la **Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones**, en su capítulo II, sobre Derechos de los operadores a la ocupación del dominio público, a ser beneficiarios en el procedimiento de expropiación forzosa y al establecimiento a su favor de servidumbres y de limitaciones a la propiedad, en su artículo 32.1 establece que

“La protección del dominio público radioeléctrico tiene como finalidades su aprovechamiento óptimo, evitar su degradación y el mantenimiento de un adecuado nivel de calidad en el funcionamiento de los distintos servicios de radiocomunicaciones. **Podrán establecerse las limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico y las servidumbres que resulten necesarias para la protección radioeléctrica de determinadas instalaciones** o para asegurar el adecuado funcionamiento de estaciones o instalaciones radioeléctricas utilizadas para la prestación de servicios públicos, **por motivos de seguridad pública o cuando así sea necesario en virtud de acuerdos internacionales**, en los términos de la disposición adicional primera y las normas de desarrollo de esta ley.“

Este apartado de la Ley asegura unas limitaciones y servidumbres derivadas de su aplicación, es decir la salvaguarda (en determinadas circunstancias) de unas distancias mínimas de seguridad frente a las fuentes de campos eléctricos y magnéticos.

Dentro del ámbito de la Comunidad de Madrid y debido a las múltiples quejas recibidas en distintos Órganos de la Administración de la Comunidad de Madrid por la existencia de líneas eléctricas aéreas próximas a edificaciones, debido al impacto medioambiental que produce, hace que surja el **Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas**, que trata de evitar que, en lo sucesivo, se den este tipo de situaciones.

Este Decreto 131/1997 establece en su artículo 1 que:

“Para la aprobación de toda nueva actuación de desarrollo urbanístico será requisito indispensable que las redes de alta y baja tensión de la infraestructura eléctrica proyectada para el suministro de dicha actuación, contemple su realización en subterráneo, dentro del documento de aprobación y en el curso de la ejecución de la urbanización, salvo que discurran por los pasillos eléctricos definidos en el plan de actuación.”

Asimismo, en los artículos siguientes, se prevé en los instrumentos de planeamiento (como el que nos ocupa) que las líneas eléctricas aéreas de alta y baja tensión preexistentes dentro del perímetro de toda nueva actuación urbanística y en sus inmediaciones, se pasen a subterráneas o se modifique su trazado, siempre que la modificación pueda realizarse a través de un pasillo eléctrico existente o que se defina en ese momento por la Administración competente.

Este soterramiento de líneas, como se verá más adelante, es una medida excelente para mitigar y reducir la intensidad y los efectos de los campos eléctricos y magnéticos generados por las mismas.

En resumen, el marco legislativo relativo a la contaminación electromagnética y sus fuentes es cada vez más exigente y tiende desde su origen a velar por la salud y seguridad de las personas y el medio ambiente. Tanto a nivel europeo como a nivel nacional y de comunidades autónomas este marco legislativo se entiende que tenderá a ampliarse y hacerse más restrictivo, con los oportunos beneficios medioambientales que esto tendrá para todos. En el apartado siguiente se explican conceptos científicos que ayudan a entender el porqué de la importancia de regular este tipo de contaminación.

4. CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

De manera previa al desarrollo del trabajo de campo de este estudio, es conveniente resumir y presentar de manera clara y sencilla la información más representativa sobre el fenómeno que se va a medir. De esta manera, los conceptos que figuran en este apartado ayudarán a utilizar este estudio como herramienta de decisión, mejorando en cualquier caso, las conclusiones que puedan extraerse del mismo.

4.1. DEFINICIÓN Y FUENTES DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS²

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo resultante. Un campo eléctrico existe aun que no haya corriente. El campo eléctrico \vec{E} se expresa en voltios por metro (V/m), o su múltiplo en kV/m (1kV/m = 1000 V/m).

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte da como resultado un campo magnético más fuerte. También se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes. El campo magnético \vec{H} en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Así pues, el campo eléctrico existe siempre que haya cargas eléctricas, mientras que sólo hay campo magnético cuando esas cargas están en movimiento, es decir, cuando hay un flujo de corriente eléctrica. Es más habitual representar el campo magnético mediante la inducción magnética o densidad de flujo magnético \vec{B} . Este término se relaciona con \vec{H} mediante la permeabilidad magnética μ .

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

La unidad de medida del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el Tesla (T) o sus fracciones, en particular el microtesla (μT). En algunos países se utiliza también el Gauss (G). Las equivalencias son las siguientes:

$$1 \mu\text{T} = 10^{-6} \text{ T}$$

$$1 \text{ T} = 10.000 \text{ G}$$

$$1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$$

Una de las propiedades del campo electromagnético es transmitir energía a grandes distancias por medio de ondas, en ausencia de cualquier medio material. Esta energía se asocia con el producto vectorial del campo eléctrico y del magnético. Dicho producto se denomina vector de Poynting

² La información de este apartado proviene de Electromagnetic Fields, publicado por la Oficina Regional de la OMS para Europa (1999).

(\vec{S}) y representa la densidad de flujo de energía de una onda electromagnética por unidad de tiempo.

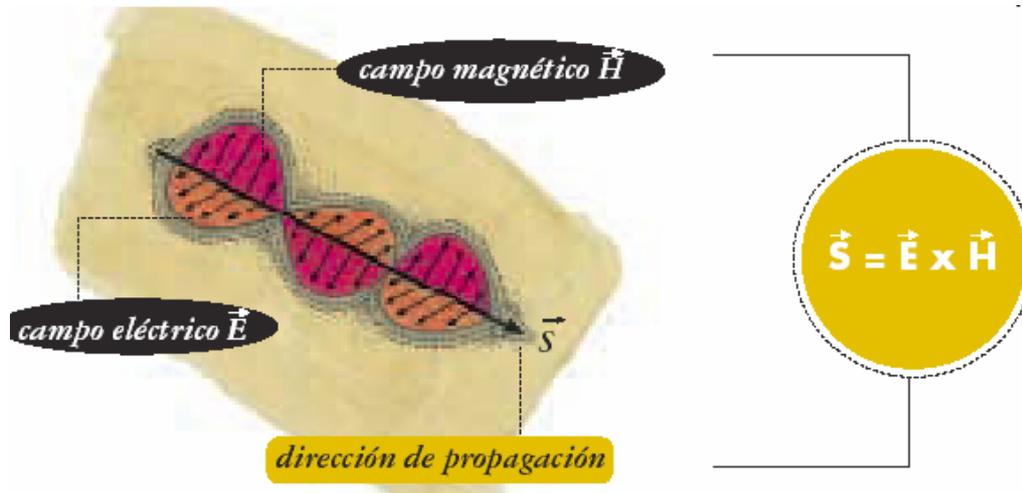


Figura 1. Propagación de los campos eléctricos y magnéticos. Vector de Poynting.

4.1.1. Fuentes naturales de campos electromagnéticos

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. Existe un campo eléctrico natural, creado por las cargas eléctricas presentes en la ionosfera. Su valor varía desde 100-400 V/m en condiciones de buen tiempo, hasta 20.000 V/m en condiciones de fuerte tormenta.

También existe un campo magnético natural estático debido, supuestamente, a las corrientes que circulan en el núcleo de la Tierra. La intensidad del campo magnético terrestre varía con la latitud: desde 25 μT en el ecuador magnético (30 μT en el geográfico) hasta aproximadamente 67 μT en los polos. En España el campo magnético estático natural está alrededor de los 40 μT . El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse.

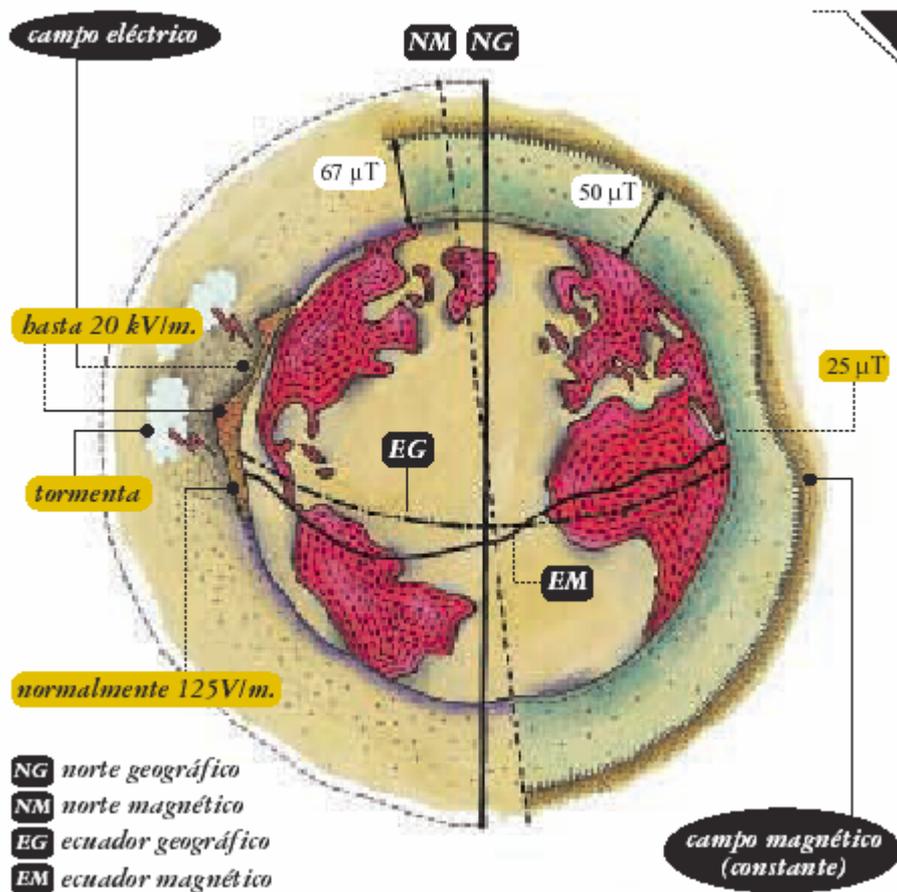


Figura 2. Campos eléctricos y magnéticos naturales.

4.1.2. Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre: Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. La electricidad que surge de cualquier toma de corriente lleva asociados campos electromagnéticos de frecuencia baja. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

4.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LONGITUD Y FRECUENCIA DE LAS ONDAS

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su **frecuencia, o la correspondiente longitud de onda**. El efecto sobre el organismo de los diferentes campos electromagnéticos es función de su frecuencia. Se pueden imaginar las ondas electromagnéticas como series de ondas muy uniformes que se desplazan a una velocidad enorme:

la velocidad de la luz. La frecuencia simplemente describe el número de oscilaciones o ciclos por segundo, mientras que la expresión «longitud de onda» se refiere a la distancia entre una onda y la siguiente. Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.

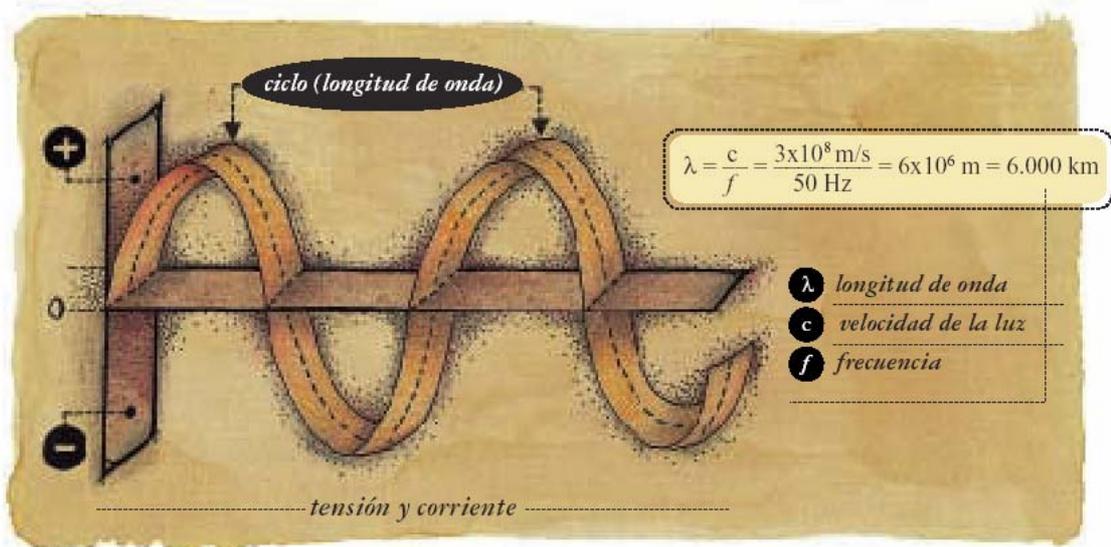


Figura 3. Longitud de onda y frecuencia.

Cuanto más alta es la frecuencia más corta es la distancia entre una onda y la siguiente, y mayor la energía que transmite. Debido a esto, el transporte de energía eléctrica se realiza a una frecuencia extremadamente baja, para minimizar las pérdidas en forma de ondas.

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas). Algunas ondas electromagnéticas transportan tanta energía por cuanto de luz que son capaces de romper los enlaces entre las moléculas.

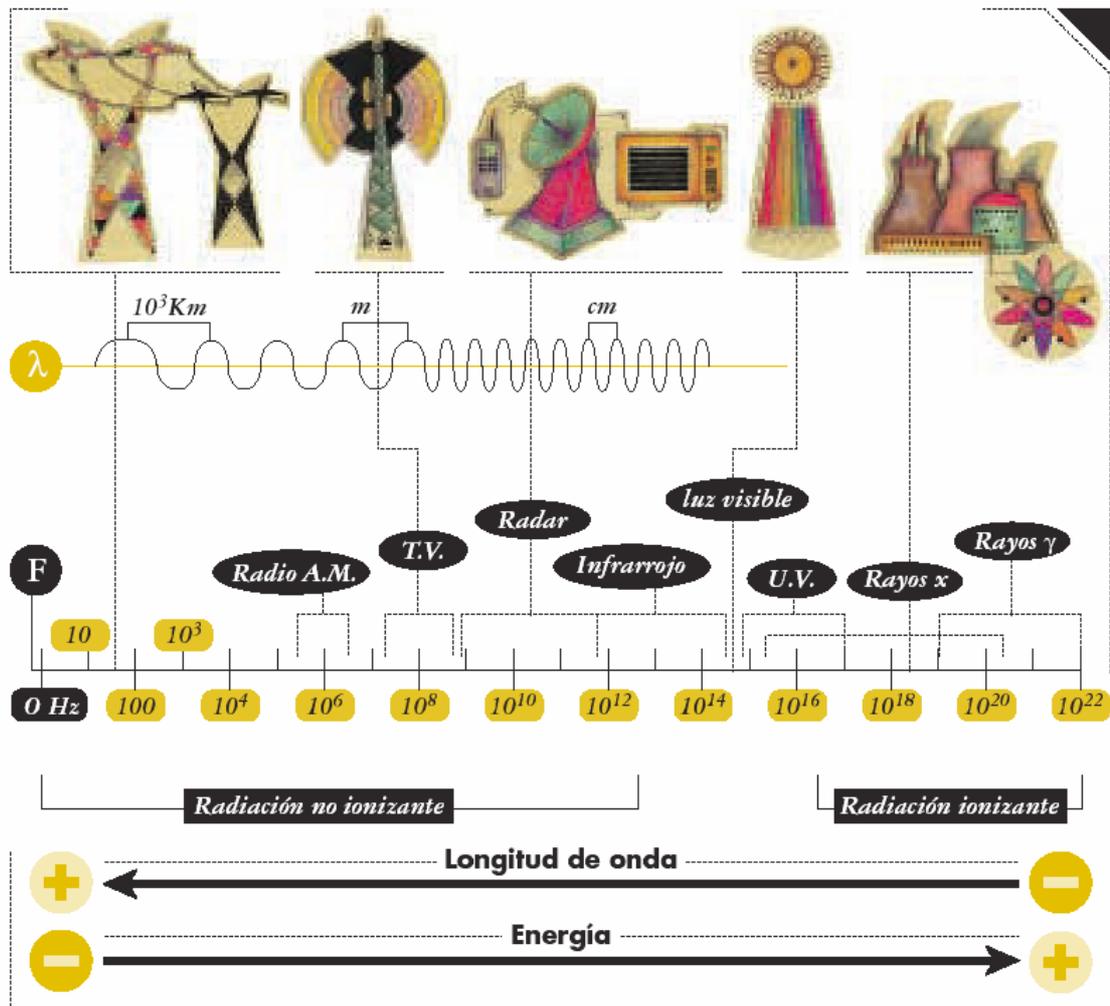


Figura 4. Espectro Electromagnético.

De las radiaciones que componen el espectro electromagnético, los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X tienen esta capacidad y se conocen como «radiación ionizante». **Las radiaciones compuestas por cuantos de luz sin energía suficiente para romper los enlaces moleculares se conocen como «radiación no ionizante».** Las fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre que constituyen una parte fundamental de las sociedades industriales (la electricidad, las microondas y los campos de radiofrecuencia) están en el extremo del espectro electromagnético correspondiente a longitudes de onda relativamente largas y frecuencias bajas y sus cuantos no son capaces de romper enlaces químicos.

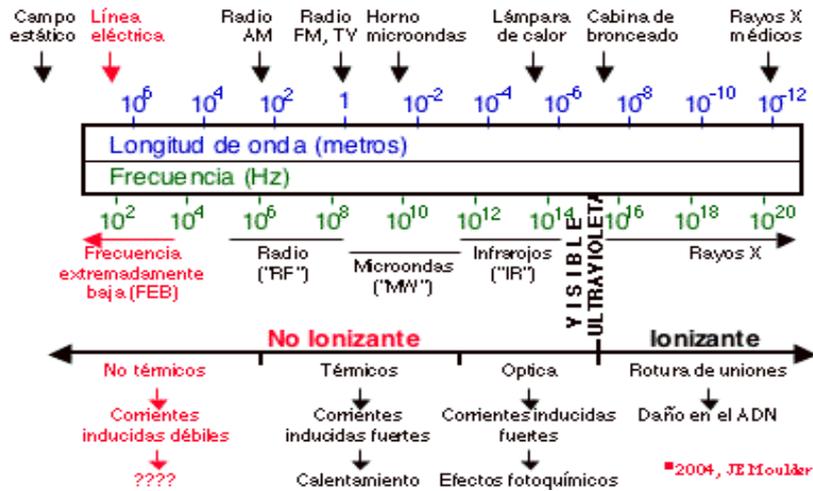


Figura 5. Radiaciones ionizantes y no ionizantes.

4.2.1. Barreras a la propagación de los campos electromagnéticos

Como ya se ha indicado, cualquier conductor eléctrico cargado genera un campo eléctrico asociado, que está presente aunque no fluya la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la tensión, más intenso será el campo eléctrico a una determinada distancia del conductor.

Los campos eléctricos son más intensos cuanto menor es la distancia a la carga o conductor cargado que los genera y su intensidad disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos magnéticos. Otros materiales, como los materiales de construcción y los árboles, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, los edificios y los árboles reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica situadas en el exterior de las casas. Cuando las líneas de conducción eléctrica están enterradas en el suelo, los campos eléctricos que generan casi no pueden detectarse en la superficie.

Al igual que los campos eléctricos, los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Los materiales comunes, como las paredes de los edificios, no bloquean los campos magnéticos.

Tabla 1. Diferencias entre campos eléctricos y magnéticos

Campos eléctricos	Campos magnéticos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La fuente de los campos magnéticos es la tensión eléctrica. ▪ Su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). ▪ Puede existir un campo eléctrico incluso cuando el aparato eléctrico no está en marcha. ▪ La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. ▪ La mayoría de los materiales de construcción protegen en cierta medida de los campos eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica. ▪ Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas (μT) o militeslas (mT)). ▪ Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. ▪ La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente. ▪ La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

Al enchufar un cable eléctrico en una toma de corriente se generan campos eléctricos en el aire que rodea al aparato eléctrico. Cuanto mayor es la tensión, más intenso es el campo eléctrico producido. Como puede existir tensión aunque no haya corriente eléctrica, no es necesario que el aparato eléctrico esté en funcionamiento para que exista un campo eléctrico en su entorno.

Los campos magnéticos se generan únicamente cuando fluye la corriente eléctrica. En este caso, coexisten en el entorno del aparato eléctrico campos magnéticos y eléctricos. Cuanto mayor es la intensidad de la corriente, mayor es la intensidad del campo magnético. La transmisión y distribución de electricidad se realiza a tensión alta, mientras que en el hogar se utilizan tensiones bajas. Las tensiones de los equipos de transmisión de electricidad varían poco de unos días a otros; la corriente de las líneas de transmisión varía en función del consumo eléctrico.

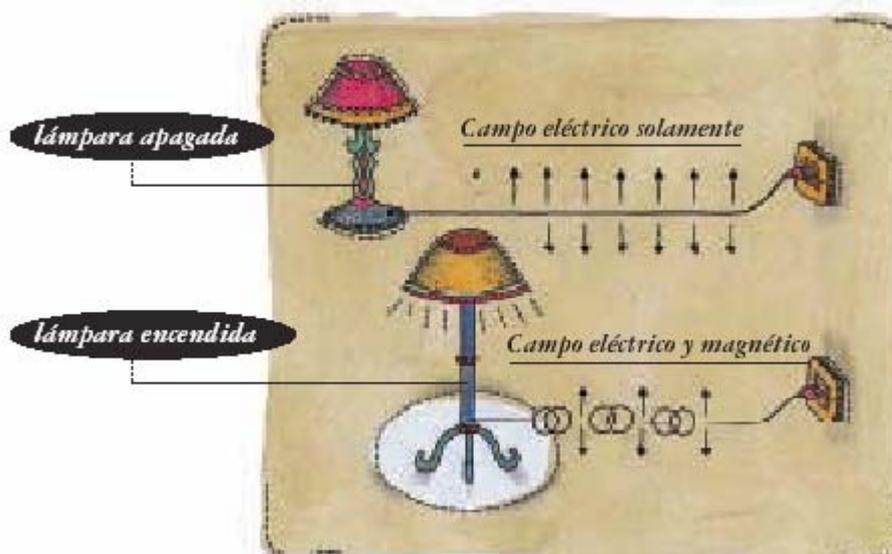


Figura 6. Campos eléctricos y magnéticos en electrodomésticos.

Los campos eléctricos existentes en torno al cable de un electrodoméstico sólo desaparecen cuando éste se desenchufa o se desconecta de la toma de corriente, aunque no desaparecerán los campos eléctricos del entorno del cable situado en el interior de la pared que alimenta al enchufe.

4.2.2. Campos estáticos y campos variables con el tiempo

Un campo estático es el que no varía en el tiempo. Una corriente continua (DC, en inglés) es una corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido. En cualquier aparato eléctrico alimentado con pilas fluye corriente de la pila al aparato y de éste a la pila, generándose un campo magnético estático. El campo magnético terrestre es también un campo estático, así como el campo magnético que rodea a una barra imantada, el cual puede visualizarse por medio del dibujo que se forma cuando se espolvorean limaduras de hierro en torno a la barra.

En cambio, las corrientes alternas (AC, en inglés) forman campos electromagnéticos variables en el tiempo. Las corrientes alternas invierten su sentido de forma periódica. En la mayoría de los países de Europa la corriente alterna cambia de sentido con una frecuencia de 50 ciclos por segundo, o 50 Hz (hertz o hertzios) y, de forma correspondiente, el campo electromagnético asociado cambia de orientación 50 veces cada segundo. La frecuencia de la corriente eléctrica en los países de América del Norte es de 60 Hz.

Los campos electromagnéticos variables en el tiempo que producen los aparatos eléctricos son un ejemplo de campos de frecuencia extremadamente baja (FEB, o ELF, en inglés), con frecuencias generalmente de hasta 300 Hz. Otras tecnologías producen campos de frecuencia intermedia (FI),

con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz, y campos de radiofrecuencia (RF), con frecuencias de 10 MHz a 300 GHz.

Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el organismo no sólo dependen de su intensidad sino también de su frecuencia y energía. Las principales fuentes de campos de FEB son la red de suministro eléctrico y todos los aparatos eléctricos; las pantallas de computadora, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad son las principales fuentes de campos de FI y las principales fuentes de campos de RF son la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares y los hornos de microondas. Estos campos inducen corrientes en el organismo que, dependiendo de su amplitud y frecuencia, pueden producir diversos efectos como calentamiento y sacudidas eléctricas. (No obstante, para producir estos efectos, los campos exteriores al organismo deben ser muy intensos, mucho más que los presentes habitualmente en el medio.)

Los teléfonos móviles, la televisión y los transmisores de radio y radares producen campos de RF. Estos campos se utilizan para transmitir información a distancias largas y son la base de las telecomunicaciones, así como de la difusión de radio y televisión en todo el mundo. Las microondas son campos de RF de frecuencias altas, del orden de GHz. En los hornos de microondas, utilizamos estos campos para el calentamiento rápido de alimentos. En las frecuencias de radio, los campos eléctricos y magnéticos están estrechamente relacionados y sus niveles se miden normalmente por la densidad de potencia, en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

A continuación se incluye un cuadro con el resumen de las características más importantes referentes a campos electromagnéticos:

- El espectro electromagnético abarca tanto fuentes de campos electromagnéticos naturales como fuentes generadas por el hombre.
- Un campo electromagnético se caracteriza mediante su frecuencia o su longitud de onda. En una onda electromagnética, estas dos características están directamente relacionadas entre sí: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.
- La radiación ionizante, como los rayos X y rayos gamma, contiene fotones con energía suficiente para romper enlaces moleculares. Los fotones de las ondas electromagnéticas de frecuencias de red y de radio son mucho menos energéticos y no tienen esa capacidad.

- Los campos eléctricos se generan en presencia de una carga eléctrica y su intensidad se mide en voltios por metro (V/m). Los campos magnéticos se originan por la corriente eléctrica. Sus densidades de flujo se miden en μT (microtesla) o mT (militesla).
- En las frecuencias de radio y de microondas, los campos eléctricos y magnéticos se consideran, conjuntamente, como los dos componentes de una onda electromagnética. La intensidad de estos campos se describe mediante la densidad de potencia, medida en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
- Las ondas electromagnéticas de frecuencia baja y frecuencia alta afectan al organismo de formas diferentes.
- Las redes de distribución eléctrica y los aparatos eléctricos son las fuentes más comunes de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja del entorno cotidiano. Las fuentes habituales de campos electromagnéticos de radiofrecuencia son las telecomunicaciones, las antenas de radiodifusión y los hornos de microondas.

4.3. EFECTOS BIOLÓGICOS Y SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS

La exposición a campos electromagnéticos no es un fenómeno nuevo. Sin embargo, en el siglo XX la exposición ambiental ha aumentado de forma continua conforme la creciente demanda de electricidad, el constante avance de las tecnologías y los cambios en los hábitos sociales han generado más y más fuentes artificiales de campos electromagnéticos. Todos estamos expuestos a una combinación compleja de campos eléctricos y magnéticos débiles, tanto en el hogar como en el trabajo, desde los que producen la generación y transmisión de electricidad, los electrodomésticos y los equipos industriales, a los producidos por las telecomunicaciones y la difusión de radio y televisión.

4.3.1. Fundamentos físicos de los efectos biológicos y sobre la salud

En el organismo se producen corrientes eléctricas minúsculas debidas a las reacciones químicas de las funciones corporales normales, incluso en ausencia de campos eléctricos externos. Por ejemplo, los nervios emiten señales mediante la transmisión de impulsos eléctricos. En la mayoría de las reacciones bioquímicas, desde la digestión a las actividades cerebrales, se produce una reorganización de partículas cargadas. Incluso el corazón presenta actividad eléctrica, que los médicos pueden detectar mediante los electrocardiogramas.

Los campos eléctricos de frecuencia baja influyen en el organismo, como en cualquier otro material formado por partículas cargadas. Cuando los campos eléctricos actúan sobre materiales conductores, afectan a la distribución de las cargas eléctricas en la superficie. Provocan una corriente que atraviesa el organismo hasta el suelo.

Los campos magnéticos de frecuencia baja inducen corrientes circulantes en el organismo. La intensidad de estas corrientes depende de la intensidad del campo magnético exterior. Si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

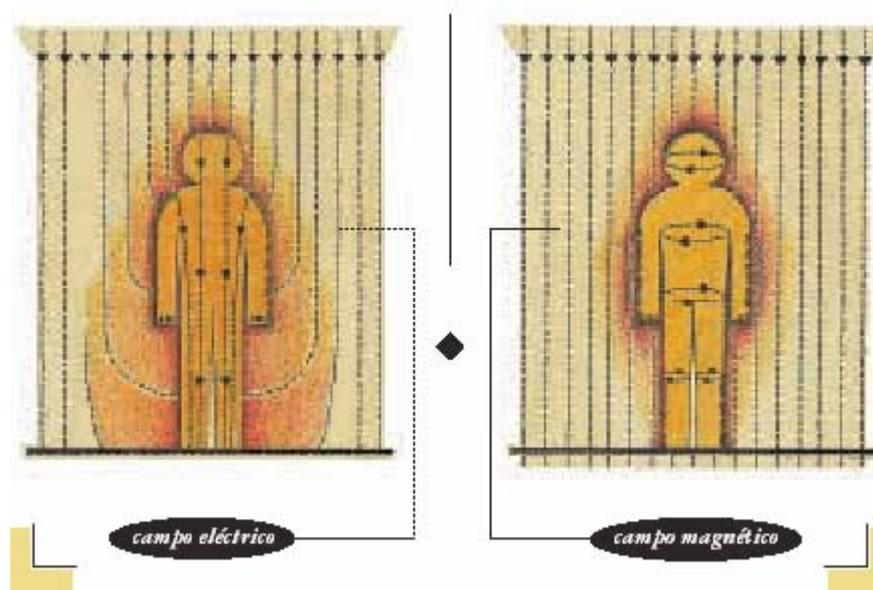


Figura 7. Efectos biológicos de los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano.

Tanto los campos eléctricos como los magnéticos inducen tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, pero incluso justo debajo de una línea de transmisión de electricidad de alta tensión las corrientes inducidas son muy pequeñas comparadas con los umbrales para la producción de sacudidas eléctricas u otros efectos eléctricos. Por ejemplo, a continuación se recogen las magnitudes de las corrientes inducidas en la cabeza de una persona expuesta tanto a campos eléctricos como a campos magnéticos:

1 kV/m induce una corriente de 0,05 mA/m²

1 μT induce una corriente de 0,0015 mA/m²

El principal efecto biológico de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento. Este fenómeno se utiliza en los hornos de microondas para calentar alimentos.

Los niveles de campos de radiofrecuencia a los que normalmente están expuestas las personas son mucho menores que los necesarios para producir un calentamiento significativo. Las directrices actuales se basan en el efecto calefactor de las ondas de radio. Los científicos están investigando también la posibilidad de que existan efectos debidos a la exposición a largo plazo a niveles inferiores al umbral para el calentamiento del organismo. Hasta la fecha, no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad de frecuencia de radio o de frecuencia de red, pero los científicos continúan investigando activamente en este terreno.

Los efectos biológicos son respuestas mensurables a un estímulo o cambio en el medio. Estos cambios no son necesariamente perjudiciales para la salud. Por ejemplo, escuchar música, leer un libro, comer una manzana o jugar al tenis son actividades que producen diversos efectos biológicos. No obstante, no esperamos que ninguna de estas actividades produzca efectos sobre la salud. El organismo dispone de mecanismos complejos que le permiten ajustarse a las numerosas y variadas influencias del medio en el que vivimos. El cambio continuo es forma parte de nuestra vida normal, pero, desde luego, el organismo no posee mecanismos adecuados para compensar todos los efectos biológicos. Los cambios irreversibles y que fuerzan el sistema durante períodos largos pueden suponer un peligro para la salud.

Un efecto perjudicial para la salud es el que ocasiona una disfunción detectable de la salud de las personas expuestas o de sus descendientes; por el contrario, un efecto biológico puede o no producir un efecto perjudicial para la salud.

No se pone en cuestión que por encima de determinados umbrales los campos electromagnéticos puedan desencadenar efectos biológicos. Según experimentos realizados con voluntarios sanos, la exposición a corto plazo a los niveles presentes en el medio ambiente o en el hogar no produce ningún efecto perjudicial manifiesto. La exposición a niveles más altos, que podrían ser perjudiciales, está limitada por directrices nacionales e internacionales. La controversia que se plantea actualmente se centra en si bajos niveles de exposición a largo plazo pueden o no provocar respuestas biológicas e influir en el bienestar de las personas.

4.3.2. Tipos de radiaciones no ionizantes y sus efectos biológicos y sobre la salud

La interacción de las radiaciones sobre el organismo humano ocasiona un efecto distinto según sea la frecuencia de la radiación. Las radiaciones de frecuencia extremadamente baja inducen corrientes eléctricas en el interior del organismo que pueden alterar la circulación de iones o

provocar una estimulación directa de las células musculares y nerviosas. Las radiaciones por radiofrecuencias y microondas pueden ocasionar un calentamiento de la materia debido a que la energía de la radiación aumenta la temperatura. Las radiaciones visibles y ultravioletas pueden inducir reacciones fotoquímicas.

- **Las radiaciones ultravioletas** son las de más energía y no son visibles ni detectables por los sentidos humanos. Su aplicación industrial está en el uso de lámparas de vapor de mercurio, arcos eléctricos utilizados en desinfección de productos o salas, inducción de reacciones fotoquímicas, insolación de planchas en artes gráficas, soldadura de metales al arco, etc. Los efectos de estas radiaciones se producen sobre todo en la piel (eritema, cáncer de piel) y el ojo (conjuntivitis).
- **Las radiaciones visibles e infrarrojas** pueden causar lesiones de origen térmico en la córnea, en el cristalino y en la retina. Por su moderada peligrosidad, no es común encontrar puestos de trabajo en los que las exposiciones constituyan un riesgo, salvo, por ejemplo, en la visión directa de fuentes de luz halógena.
- **Las radiaciones láser** pueden concentrar la energía en una superficie muy pequeña. Los riesgos para la salud dependen de la longitud de onda de la radiación óptica, de la zona del cuerpo donde incida (piel u ojos), de la potencia del láser y del tiempo que dure la exposición. La potencia de los instrumentos de láser puede ser baja, como la de los lectores de cajeros de supermercados o más alta, como la utilizada en equipos quirúrgicos y terapéuticos, industrias metalúrgicas y armamento militar.
- **Las radiaciones de microondas y radiofrecuencias** se suelen utilizar en el campo de las telecomunicaciones (radio, TV, radar, etc.) y en soldadura, endurecimiento de resinas, operaciones de recocido y temple, secado de materiales, diatermia, etc. Los efectos son de tipo térmico, aumentando la temperatura de órganos internos y no sólo superficialmente. Los tejidos menos vascularizados son, en principio, los que mayor riesgo presentan (ojos, testículos, etc.).
- **En cuanto a los campos magnéticos y eléctricos estáticos y radiaciones ELF**, el origen mayoritario de exposición son las líneas eléctricas de transporte de energía y las instalaciones asociadas. Los efectos sobre la salud más conocidos son los magnetofosfenos, que consisten en la sensación de fogonazos o destellos luminosos en el interior del ojo, también pueden afectar al sistema nervioso y cardiovascular.

A continuación se incluye un cuadro con el resumen de las características más importantes referentes a los efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos:

- Existe una amplia gama de influencias del medio que producen efectos biológicos. La expresión «efecto biológico» no es equivalente a «peligro para la salud». Se necesitan investigaciones especiales para identificar y medir los peligros para la salud.
- A frecuencias bajas, los campos eléctricos y magnéticos exteriores inducen pequeñas corrientes circulantes en el interior del organismo. En prácticamente todos los medios normales, las corrientes inducidas en el interior del organismo son demasiado pequeñas para producir efectos manifiestos.
- El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento de los tejidos del organismo.
- No cabe duda de que la exposición a corto plazo a campos electromagnéticos muy intensos puede ser perjudicial para la salud. La preocupación actual de la sociedad se centra en los posibles efectos sobre la salud, a largo plazo, de la exposición a campos electromagnéticos de intensidades inferiores a las necesarias para desencadenar respuestas biológicas inmediatas.
- El Proyecto Internacional CEM de la OMS se inició para responder con rigor científico y de forma objetiva a las preocupaciones de la sociedad por los posibles peligros de los campos electromagnéticos de baja intensidad.
- A pesar de las abundantes investigaciones realizadas, hasta la fecha no hay pruebas que permitan concluir que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad sea perjudicial para la salud de las personas.
- Las investigaciones internacionales se centran en el estudio de posibles relaciones entre el cáncer y los campos electromagnéticos, a frecuencias de radio y de red eléctrica.

4.4. TIPOS DE ESTUDIOS NECESARIOS PARA EVALUAR LOS EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS

En aplicación del principio de precaución y si los datos disponibles no son muy precisos, se pueden realizar estudios más precisos sobre los riesgos a los que está expuesta la salud pública y el medio ambiente en cada caso concreto. Para evaluar un posible efecto perjudicial para la salud de los campos electromagnéticos, es esencial realizar un conjunto de estudios diversos en diferentes campos de investigación. Los diferentes tipos de estudios investigan diversos aspectos del problema.

El objetivo de los estudios de laboratorio con células es elucidar los mecanismos básicos subyacentes que relacionan la exposición a campos electromagnéticos con los efectos biológicos. Estos estudios pretenden identificar mecanismos basados en los cambios moleculares o celulares que produce el campo electromagnético que ofrecerían pistas sobre cómo se transforma una fuerza física en una acción biológica en el organismo. En estos estudios, las células individuales o tejidos estudiados se retiran de su medio vital normal, lo que puede desactivar posibles mecanismos de compensación. Otro tipo de estudios, realizados con animales, está más estrechamente relacionado con las condiciones reales. Estos estudios proporcionan resultados que son más directamente pertinentes para determinar niveles de exposición seguros para las personas y frecuentemente estudian diversas intensidades de los campos electromagnéticos para investigar las relaciones entre dosis y respuesta.

Los estudios epidemiológicos o estudios médicos con personas son otra fuente directa de información sobre los efectos a largo plazo de la exposición. Estos estudios investigan la causa y distribución de las enfermedades en las condiciones reales, por comunidades y grupos profesionales. Los investigadores tratan de determinar si existe una asociación de tipo estadístico entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de una determinada enfermedad o efecto perjudicial para la salud. Sin embargo, los estudios epidemiológicos son costosos y, lo que es más importante, estudian poblaciones de composición muy compleja, por lo que son difíciles de controlar con suficiente precisión para detectar efectos pequeños. Por estos motivos, antes de alcanzar conclusiones sobre posibles peligros para la salud, los científicos evalúan todos los resultados de interés, incluidos los de estudios epidemiológicos y los de estudios con animales y con células.

4.4.1. Interpretación de los estudios epidemiológicos

Los estudios epidemiológicos no pueden normalmente determinar por sí mismos la existencia de una relación clara entre causa y efecto, principalmente porque sólo detectan asociaciones estadísticas entre los niveles de exposición y determinada enfermedad, que puede o no deberse a la exposición. Se puede imaginar un estudio hipotético que demuestre que existe una relación entre la exposición a campos electromagnéticos de los electricistas de una determinada empresa y un incremento del riesgo de cáncer. Aunque se observe una asociación estadística, ésta podría deberse también a la ausencia de información sobre otros factores del lugar de trabajo. Por ejemplo, es posible que los electricistas hayan estado expuestos a disolventes químicos potencialmente cancerígenos. Asimismo, una asociación estadística puede deberse únicamente a efectos aleatorios, o el propio estudio puede no haber sido diseñado correctamente.

En consecuencia, la detección de una asociación entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad. Para determinar la causalidad, los investigadores deben tener en cuenta numerosos factores. Los argumentos a favor de una relación de tipo causa y efecto se ven reforzados si existe una asociación persistente y fuerte entre la exposición y el efecto, una relación clara entre dosis y respuesta, una explicación biológica creíble, resultados favorables de estudios pertinentes con animales y, sobre todo, coherencia entre los diferentes estudios. Estos factores no han estado generalmente presentes en los estudios sobre la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Este es uno de los principales motivos por los que los científicos se han resistido generalmente a concluir que los campos electromagnéticos débiles produzcan efectos sobre la salud.

Según Barnabas Kunsch, del centro de investigación austríaco de Seibersdorf (Austrian Research Centre Seibersdorf), «En la sociedad moderna, la ausencia de pruebas de los efectos perjudiciales no parece ser suficiente. Al contrario, cada vez se reclama con mayor insistencia que se demuestre la inexistencia de estos efectos». En las conclusiones alcanzadas por comités de expertos que han examinado la cuestión son típicas frases como: «No existen pruebas convincentes de que los campos electromagnéticos produzcan efectos perjudiciales para la salud» o «No se ha confirmado la existencia de una relación de causa y efecto entre los campos electromagnéticos y el cáncer». Puede dar la impresión de que los científicos tratan de evitar responder a la cuestión. Si los científicos ya han demostrado que no hay ningún efecto, ¿por qué se debe continuar investigando?

La respuesta es sencilla: los estudios médicos con personas identifican muy eficazmente efectos grandes, como la relación entre el consumo de tabaco y el cáncer; desgraciadamente, no pueden distinguir tan fácilmente los efectos pequeños de la ausencia de efecto. Si los niveles de los campos

electromagnéticos típicos del medio fueran cancerígenos potentes, ya se hubiera demostrado fácilmente este efecto. Por el contrario, es mucho más difícil demostrar si los campos electromagnéticos de intensidad baja tienen un efecto cancerígeno débil, o si son muy cancerígenos para un grupo pequeño de personas del conjunto de la población. De hecho, incluso si un estudio a gran escala no muestra la existencia de una asociación, no podemos estar completamente seguros de que no exista una relación. La ausencia de un efecto en los estudios podría significar que verdaderamente el efecto no existe, pero también podría significar sencillamente que el efecto no es detectable con el método de medición utilizado. Por consiguiente, los resultados negativos son generalmente menos convincentes que los resultados positivos claros.

La situación más difícil de todas, que desgraciadamente, se ha producido en los estudios epidemiológicos sobre campos electromagnéticos, es la existencia de un conjunto de estudios con resultados positivos poco contundentes y que, sin embargo, no son coherentes entre sí. En esta situación, es probable que los propios científicos no se pongan de acuerdo sobre las conclusiones que deben extraerse de los datos. No obstante, por los motivos explicados antes, la mayoría de los científicos y de los médicos opinan que los posibles efectos sobre la salud, si existen, de campos electromagnéticos de intensidad baja son probablemente muy pequeños comparados con otros riesgos para la salud a los que se enfrentan las personas de forma cotidiana.

El principal objetivo del Proyecto Internacional CEM de la OMS es iniciar y coordinar investigaciones en todo el mundo destinadas a obtener una respuesta bien fundamentada a las preocupaciones de la sociedad. Esta evaluación integrará los resultados de estudios con células, estudios con animales y estudios médicos con personas para permitir una evaluación lo más completa posible de los riesgos para la salud. Una evaluación integral de diversos estudios pertinentes y fiables proporcionará la respuesta más fiable posible sobre los efectos perjudiciales para la salud, si existen, de la exposición a largo plazo a campos electromagnéticos débiles.

Una forma de ilustrar la necesidad de disponer de pruebas de diferentes tipos de experimentos es establecer una analogía con un crucigrama. Para determinar la solución del crucigrama con una certidumbre absoluta se deben responder nueve preguntas. Si sólo se pueden contestar tres, es posible que se pueda adivinar la solución; sin embargo, las tres letras dadas pueden también formar parte de otra palabra muy diferente. Cada respuesta adicional aumentará la confianza que ponemos en la solución propuesta. De hecho, la ciencia probablemente nunca pueda llegar a responder a todas las preguntas, pero cuantas más pruebas concluyentes obtengamos, más seguros estaremos de alcanzar la solución verdadera. En resumen:

- El objetivo de los estudios de laboratorio con células es determinar si existe un mecanismo que explique el modo en que la exposición a campos electromagnéticos pudiera ocasionar efectos biológicos perjudiciales. Los estudios con animales son fundamentales para determinar si existen efectos en organismos superiores cuya fisiología se parece en cierto modo a la del ser humano. Los estudios epidemiológicos buscan asociaciones estadísticas entre la exposición a campos electromagnéticos y la incidencia de efectos específicos perjudiciales para la salud en seres humanos.
- La detección de una asociación estadística entre un agente y una determinada enfermedad no significa necesariamente que el agente sea la causa de la enfermedad.
- La ausencia de efectos sobre la salud podría significar que realmente no existen; no obstante, podría también significar que existe un efecto pero no se puede detectar con los métodos actuales.
- Antes de sacar conclusiones sobre posibles riesgos para la salud causados por la presencia en el medio de presuntos agentes peligrosos, se deben tener en cuenta los resultados de diversos estudios (con células, con animales y epidemiológicos). Si los resultados de estos estudios de muy diverso tipo son coherentes, aumentará la certidumbre sobre la existencia verdadera de un efecto.

4.5. NIVELES DE EXPOSICIÓN TÍPICOS EN EL HOGAR, EN EL TRABAJO Y EN EL MEDIO AMBIENTE

4.5.1. Campos electromagnéticos producidos por instalaciones de transmisión y distribución de electricidad

4.5.1.1. Líneas eléctricas aéreas.

La transmisión de electricidad a larga distancia se realiza mediante líneas eléctricas de alta tensión. Estas tensiones altas se reducen mediante transformadores para la distribución local a hogares y empresas. Las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad y el cableado y aparatos eléctricos domésticos generan el nivel de fondo de campos eléctricos y magnéticos de frecuencia de red en el hogar. En los hogares que no están situados cerca de líneas de conducción eléctrica la intensidad de este campo de fondo puede ser hasta alrededor de $0,2 \mu\text{T}$.

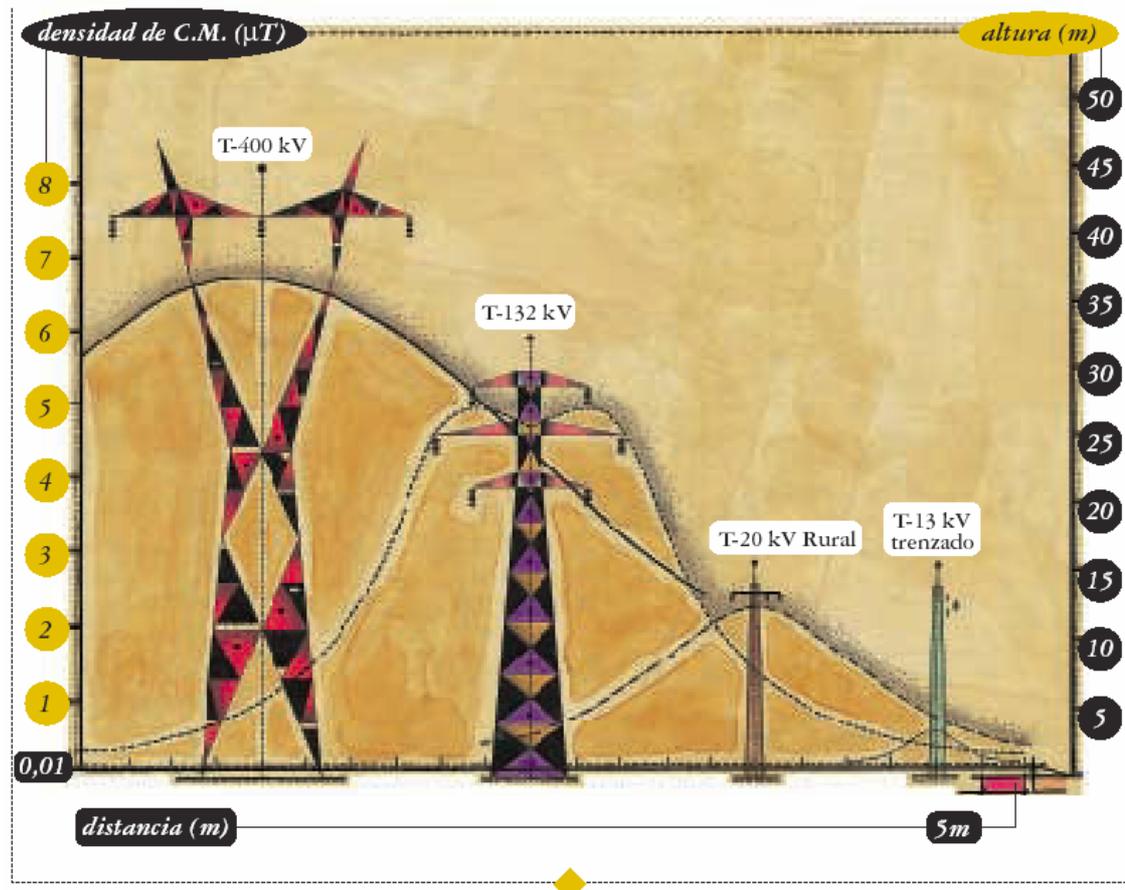


Figura 9. Líneas eléctricas aéreas. Densidad de campo magnético medida a 1 metro del suelo.

Los campos de los lugares situados directamente bajo las líneas de conducción eléctrica son mucho más intensos. Las densidades de flujo magnético a nivel del suelo pueden ser del orden de hasta varios μT . La intensidad del campo eléctrico bajo las líneas de conducción eléctrica puede ser de hasta 10 kV/m. Sin embargo, la intensidad de los campos (eléctricos y magnéticos) se reduce al aumentar la distancia a las líneas eléctricas. Entre 50 m y 100 m de distancia la intensidad de los campos es normalmente equivalente a la de zonas alejadas de las líneas eléctricas de alta tensión. Además, las paredes de las casas reducen substancialmente la intensidad de campo eléctrico con respecto a la existente en lugares similares en el exterior de las casas.

Las intensidades de campo eléctrico y magnético dependen de la tensión de la línea, en primer lugar; pero también de la geometría de las fases (horizontal, vertical, triángulo), del número y tamaño de los conductores de cada fase y, por supuesto, de la distancia a la línea del punto en que se mida.

La intensidad de campo magnético de fondo de 50 Hz en zonas no urbanizadas suele oscilar en torno a 0,01 μT . En la figura 9 se han representado dos líneas eléctricas de alta tensión (400 y 132

kV) y dos de media tensión en dos versiones, 20 kV (con cable desnudo) y 13 kV (con cable aislado y trenzado).

Otro efecto producido por las líneas aéreas de alta tensión es la ionización del aire próximo. Este “**efecto corona**” va acompañado de cierta producción de ozono, por cuanto implica ionización del aire. En condiciones de máxima ionización (y con tiempo lluvioso) se calcula en unos 50 gramos por hora y por kilómetro esta producción en una línea de 400 kV, lo que no se considera excesivo.

4.5.2. Campos electromagnéticos en el hogar

En diversos estudios se ha constatado que normalmente el nivel del campo magnético de frecuencia industrial que existe en el interior de una vivienda varía entre 0,05 y 0,6 μT en Estados Unidos y entre 0,01 y 0,5 μT en Europa (datos del Reino Unido). Estas diferencias se deben, entre otras posibles razones, a que en Estados Unidos se utiliza menor tensión de suministro doméstico (125 V) que en Europa (220 V), necesiéndose por tanto el doble de intensidad de corriente (amperios) para abastecer la misma potencia, lo que conlleva un aumento proporcional en la densidad de flujo de campo magnético.

Los campos eléctricos de frecuencia de red más intensos presentes normalmente en el entorno son los de los lugares situados bajo las líneas de transmisión de alta tensión. Por el contrario, los campos magnéticos de frecuencia de red más intensos se encuentran normalmente en puntos muy cercanos a motores y otros aparatos eléctricos, así como en equipos especializados como escáneres de resonancia magnética utilizados para generar imágenes para el diagnóstico médico.

Tabla 2. Intensidades de campo eléctrico típicas medidas cerca de electrodomésticos (a una distancia de 30 cm)³

Electrodoméstico	Intensidad del campo eléctrico (V/m)
Receptor estereofónico	180
Hierro	120

³ Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999.

Electrodoméstico	Intensidad del campo eléctrico (V/m)
Frigorífico	120
Batidora	100
Tostadora	80
Secador de pelo	80
Televisor de color	60
Cafetera eléctrica	60
Aspiradora	50
Horno eléctrico	8
Bombilla	5
Valor límite recomendado	5000

Muchas personas se sorprenden cuando reparan en la diversidad de las intensidades de los campos magnéticos presentes en el entorno de diversos aparatos eléctricos. La intensidad del campo no depende del tamaño, complejidad, potencia o ruido que hace el electrodoméstico. Además, las intensidades de los campos magnéticos pueden ser muy diversas, incluso entre aparatos aparentemente similares.

Por ejemplo, algunos secadores de pelo generan campos muy intensos, mientras que otros apenas producen campo magnético alguno. Estas diferencias de intensidad del campo magnético están relacionadas con el diseño del producto. El siguiente cuadro muestra valores típicos correspondientes a diversos aparatos eléctricos comunes en los hogares y lugares de trabajo. Las mediciones se tomaron en Alemania y todos los aparatos funcionan con electricidad a 50 Hz de frecuencia. Debe señalarse que los niveles de exposición efectivos varían considerablemente dependiendo del modelo de electrodoméstico y de la distancia al mismo.

4.5.2.1. Hornos de microondas

Los hornos de microondas domésticos funcionan a potencias muy altas. Sin embargo, disponen de una protección eficaz que reduce la fuga de radiación de los hornos hasta niveles casi indetectables. Además, la intensidad de las fugas de microondas se reduce de forma muy pronunciada al aumentar la distancia desde el horno. En muchos países, existen normas de

fabricación que especifican los niveles máximos de fuga de radiación admisibles en hornos nuevos; un horno que cumpla dichas normas no supondrá peligro alguno para el consumidor.

Tabla 3. Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias

Aparato eléctrico	A una distancia de 3 cm (μT)	A una distancia de 30 cm (μT)	A una distancia de 1 m (μT)
Secador de pelo	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de afeitar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspiradora	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Luz fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Horno de microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Lavadora	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Hierro	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
Lavavajillas	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Computadora	0,5 – 30	< 0,01	
Frigorífico	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisor de color	2,5 - 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15
En la mayoría de los electrodomésticos, la intensidad del campo magnético a una distancia de 30 cm es considerablemente inferior al límite recomendado para el conjunto de la población de 100 μT .			

El cuadro ilustra dos puntos importantes: En primer lugar, la intensidad del campo magnético que rodea a todos los aparatos disminuye rápidamente conforme nos alejamos del mismo. En segundo lugar, la mayoría de los electrodomésticos no se utilizan a una distancia muy cercana al cuerpo. A una distancia de 30 cm, los campos magnéticos que generan la mayoría de los electrodomésticos son más de 100 veces menores que el límite recomendado establecido para el conjunto de la población (100 μT a 50 Hz, o 83 μT a 60 Hz).

4.5.2.2. Televisores y pantallas de computadora

Las pantallas de computadora y televisores se basan en principios de funcionamiento similares. Ambos producen campos eléctricos estáticos y campos eléctricos y magnéticos alternos a diversas frecuencias. Sin embargo, las pantallas de cristal líquido que se utilizan en algunas computadoras portátiles y de escritorio no generan campos eléctricos y magnéticos significativos. Las computadoras modernas tienen pantallas conductoras que reducen el campo estático de la pantalla hasta un nivel similar al normal de fondo de los hogares o los lugares de trabajo. En la posición que ocupa el usuario (a 30 a 50 cm de la pantalla), la densidad de flujo (a frecuencias de red) de los campos magnéticos alternos es típicamente inferior a $0,7 \mu\text{T}$. Las intensidades de los campos eléctricos alternos en las posiciones del usuario varían de menos de 1 V/m a 10 V/m .

4.5.2.3. Teléfonos portátiles

Los teléfonos portátiles funcionan a intensidades mucho menores que los teléfonos móviles. El motivo es que se utilizan a distancias muy próximas a su estación base, por lo que no necesitan campos intensos para transmitir a distancias grandes. Por consiguiente, los campos de radiofrecuencia que generan estos aparatos son despreciables.

4.5.3. Campos electromagnéticos en el trabajo

Hoy en día, cualquier trabajo conlleva una exposición a campos electromagnéticos en mayor o menor medida. Esta exposición es mal conocida todavía, tanto por la escasez de estudios como por la gran variabilidad entre los mismos, puesto que cada uno utiliza una forma de medir y una forma de expresar los resultados.

Posiblemente, el estudio más amplio sobre trabajadores en general es el realizado en Suecia sobre más de 1.000 trabajadores, desde profesores, artistas y soldadores hasta trabajadores eléctricos. Considerando a todos ellos en conjunto, la exposición media es de $0,28 \mu\text{T}$, con un amplio margen que va de $0,05$ a $2,48 \mu\text{T}$.

En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos de los valores encontrados. Cabe advertir que estos valores son la media aritmética de todos los registrados durante una jornada de trabajo, y no sólo los registrados en una tarea concreta, como puede ser soldar, por ejemplo. Los valores para tareas concretas serían, en algunos casos, mucho mayores.

Tabla 4. Intensidades del campo magnético (media aritmética de la jornada laboral) en diferentes profesiones en Suecia ⁴

Campo magnético de 50 Hz		μT	
AMBIENTES LABORALES	media	rango	
▶ Trabajos con máquinas de mover terrenos	0,05	0,03-0,08	
▶ Conductores de vehículos a motor	0,12	0,08-0,14	
▶ Secretarías, administrativos	0,12	0,08-0,14	
▶ Médicos	0,12	0,11-0,15	
▶ Profesores (escuela, universidad)	0,15	0,11-0,18	
▶ Trabajadores de telefónica	0,16	0,1-0,23	
▶ Contables	0,17	0,11-0,22	
▶ Periodistas	0,21	0,13-0,28	
▶ Trabajadores de Radio y TV	0,23	0,14-0,33	
▶ Programadores ordenador	0,24	0,13-0,25	
▶ Dentistas	0,27	0,18-0,35	
▶ Ingenieros y técnicos eléctricos y electrónicos	0,31	0,12-0,36	
▶ Trabajadores del metal y fundición	0,36	0,13-0,25	
▶ Conductores de ferrocarril	0,57	0,18-0,88	
▶ Otros trabajadores del metal	1,59	0,18-0,6	
▶ Soldadores	1,9	0,62-2,38	
▶ Trabajadores de la madera, deforestación	2,48	0,21-4,78	

Los trabajadores del sector eléctrico han sido estudiados con mayor detalle. En el caso de España la tabla 5 ofrece un ejemplo de las dosis correspondientes a algunos puestos de trabajo del sector eléctrico y representa una media ponderada en el tiempo y el nivel máximo de la jornada laboral. Estos valores se corresponden bastante bien con los calculados, por ejemplo en Estados Unidos, en donde se ha hallado que los trabajadores eléctricos reciben dosis que van de 0,96 a 2,7 μT ; y los no eléctricos, de 0,17 a 0,41 μT .

⁴ Fuente: Informe sobre campos electromagnéticos de Red Eléctrica de España.

Tabla 5. Intensidades del campo magnético (media ponderada en el tiempo) en algunos trabajadores del sector eléctrico español ⁵.

SECTOR ELÉCTRICO ESPAÑOL			
		<i>Campo magnético de 50 Hz(μT)</i>	
		media	máximo
▶	Brigada de media tensión (15-20 kV)	0,4	31,2
▶	Brigada de oficinas (Trabajo con ordenador)	0,5	10,6
▶	Brigada de operaciones y averías (6-20 kV)	1,1	551,8
▶	Brigada de mantenimiento en baja tensión (6-20 kV)	1,8	301,6
▶	Brigada de mantenimiento de edificios (220/380V)	1,8	398,5
▶	Brigada de trabajos en tensión en media tensión (15 kV)	2,0	57,7
▶	Trabajo dentro de subestaciones (220 kV)	3,5	8,4
▶	Trabajo dentro de subestaciones (400 kV)	6,0	75,0
▶	Inspección de líneas de alta tensión (400 kV)	15,2	22,0

4.5.4. Campos electromagnéticos en el medio ambiente

4.5.4.1. Medio urbano⁶

En este tipo de entorno el nivel de fondo suele ser del orden de 0,05 μ T. La siguiente figura muestra los valores registrados durante el recorrido por una calle típica de una ciudad con líneas subterráneas de baja (380 V), media (20 kV) y alta tensión (132 kV). Se incluye un centro de transformación de (MT/BT) subterráneo de los denominados “bajo acera”, cuya función típica es abastecer a una o varias manzanas y una línea de baja tensión con cable aislado tendida “por fachada”.

⁵ Fuente: Informe sobre campos electromagnéticos de Red Eléctrica de España.

⁶ Fuente: Informe sobre campos electromagnéticos de Red Eléctrica de España.

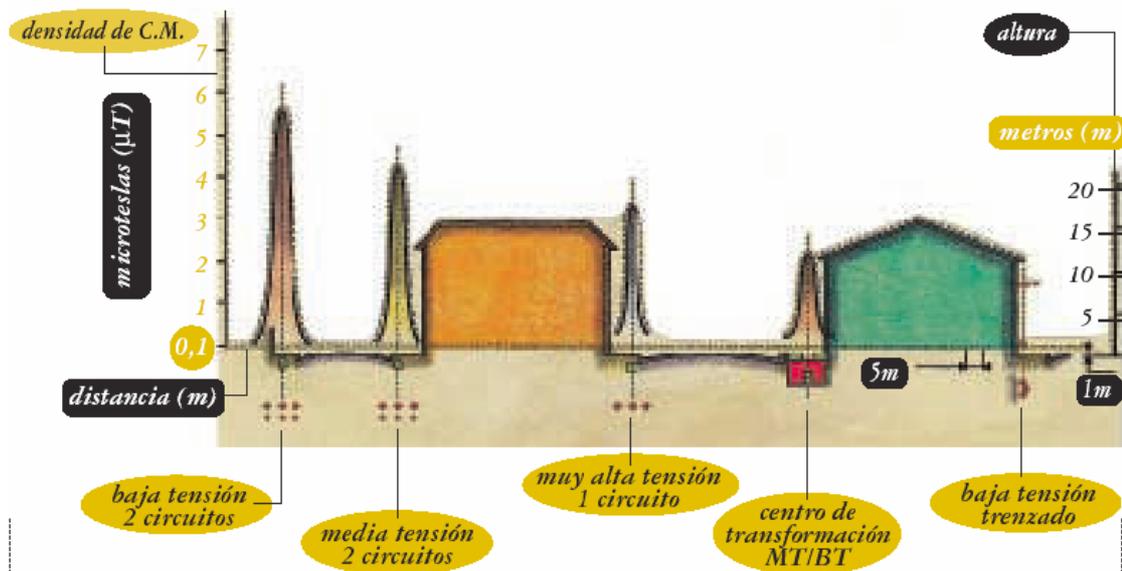


Figura 8. Medio urbano. Densidad de campo magnético medida a 1 metro del suelo.

Estas medidas pueden diferir de los resultados obtenidos en los trabajos de campo.

4.5.4.2. Radares

Los radares se utilizan para la navegación, la predicción meteorológica y para usos militares, entre otras diversas funciones. Emiten señales en forma de pulsos de microondas. La potencia máxima de cada pulso puede ser alta, aunque la potencia media sea pequeña. Muchos radares pueden girar o moverse arriba y abajo, lo que reduce la densidad de potencia media a la que están expuestas las personas en lugares cercanos a los radares. Incluso los radares militares de gran potencia, no giratorios, limitan la exposición en lugares de acceso público a niveles inferiores a los límites recomendados.

4.5.4.3. Sistemas de seguridad

Los sistemas antirrobo de las tiendas utilizan dispositivos que detectan bobinas eléctricas situadas en las salidas. Cuando compra un artículo, los marcadores se retiran o se desactivan de forma permanente. Los campos electromagnéticos de las bobinas generalmente no superan los límites de exposición recomendados.

Los sistemas de control de accesos funcionan de la misma forma, incorporándose el dispositivo antirrobo a un llavero o a una tarjeta de identidad. Los sistemas de seguridad de las bibliotecas utilizan dispositivos que se pueden desactivar cuando se toma prestado un libro y volver a activar cuando se devuelve. Los detectores de metales y los sistemas de seguridad de los aeropuertos

generan un campo magnético de gran intensidad (hasta 100 μT) que sufre perturbaciones por la presencia de objetos metálicos. En puntos cercanos al marco del detector, la intensidad del campo magnético puede ser próxima, o en ocasiones superior, a los límites recomendados. No obstante, según se explica en la sección sobre límites recomendados, no constituye un peligro para la salud.

4.5.4.4. Trenes y tranvías eléctricos

Los trenes de larga distancia tienen una o más locomotoras que están separadas de los vagones de pasajeros. En consecuencia, la principal fuente a la que se exponen los pasajeros es la fuente de alimentación eléctrica del tren. En los vagones de pasajeros de los trenes de larga distancia pueden existir campos magnéticos de varios cientos de μT cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de μT) en otras partes del compartimento.

Los campos eléctricos pueden alcanzar intensidades de 300 V/m. Las personas que viven en las inmediaciones de vías de ferrocarril pueden estar expuestas a campos magnéticos generados por la fuente de suministro eléctrico situada encima de las vías; dependiendo del país, pueden ser similares a los campos producidos por las líneas de conducción eléctrica de alta tensión.

Los motores y equipos de tracción de los trenes y tranvías normalmente están ubicados bajo el suelo de los vagones de pasajeros. A nivel del suelo, las intensidades de los campos magnéticos pueden alcanzar niveles de hasta decenas de μT en las partes del suelo situadas justamente encima de motor. La intensidad del campo disminuye drásticamente con la distancia al suelo, de manera que la exposición del tronco de los pasajeros es mucho menor.

4.5.4.5. Televisión y radio

Las señales de radio se pueden describir como de modulación de amplitud (AM, en inglés) o de modulación de frecuencia (también llamada frecuencia modulada o por las siglas en inglés, FM) dependiendo de la forma de transmisión de la información. Las señales de radio de AM se pueden utilizar para la difusión a distancias muy largas, mientras que las ondas de FM abarcan zonas menores pero pueden proporcionar una mejor calidad de sonido.

Las señales de radio de AM se transmiten por medio de grandes baterías de antenas, que pueden tener alturas de decenas de metros, situadas en lugares inaccesibles para la población. Los niveles de exposición en lugares muy cercanos a las antenas y cables de alimentación pueden ser altos, pero afectan al personal de mantenimiento y no a la población general.

Las antenas de televisión y de radio en FM son mucho más pequeñas que las de AM y se montan en baterías de antenas situadas en lo alto de grandes torres que sirven únicamente como estructuras de soporte. La población puede acceder a la parte baja de estas torres porque los niveles de exposición cerca de la base son inferiores a los límites recomendados. En ocasiones, se montan en lo alto de edificios pequeñas antenas de televisiones y radios locales, en cuyo caso puede ser necesario controlar el acceso estas zonas.

4.5.4.6. Teléfonos móviles y estaciones base

Los teléfonos móviles nos permiten estar permanentemente localizables. Estos dispositivos de ondas de radio de baja potencia transmiten y reciben señales de una red de estaciones base de baja potencia fijas. Cada estación base proporciona cobertura a una zona determinada. Dependiendo del número de llamadas que gestionan, la distancia entre las estaciones base pueden ser desde sólo unos pocos cientos de metros en las grandes ciudades a varios kilómetros en las zonas rurales.

Las estaciones base de telefonía móvil normalmente se instalan en lo alto de edificios o en torres, a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada estación base son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la estación base de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo.

En consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados peligrosos. Sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas. Hasta que los teléfonos móviles empezaron a usarse de forma generalizada, la población estaba expuesta principalmente a emisiones de radiofrecuencia de estaciones de radio y televisión. Incluso hoy en día, las torres de telefonía apenas aumentan el nivel de exposición total que experimentamos, ya que la intensidad de las señales en los lugares de acceso público es normalmente similar o inferior a la de las estaciones de radio y televisión distantes.

Sin embargo, el usuario de un teléfono móvil está expuesto a campos de radiofrecuencia mucho más intensos que los del entorno general. Los teléfonos móviles se utilizan a muy poca distancia de la cabeza; por lo tanto, en lugar de estudiar el efecto del calentamiento en todo el cuerpo, se debe determinar la distribución de la energía que absorbe la cabeza del usuario. Se ha calculado mediante complejos modelos y mediciones computerizadas basados en modelos de cabezas que, al

parecer, la energía absorbida procedente de un teléfono móvil no supera los límites actualmente recomendados.

Se han planteado también dudas sobre otros efectos, llamados «efectos no térmicos», producidos por la exposición a frecuencias de teléfonos móviles. Se ha sugerido que podrían producirse efectos sutiles sobre las células que podrían influir en el desarrollo del cáncer. También se ha planteado la hipótesis de posibles efectos sobre los tejidos excitables por estímulos eléctricos que podrían influir en la función del cerebro y los tejidos nerviosos. Sin embargo, según el conjunto de los datos disponibles hasta la fecha, no parece que el uso de teléfonos móviles produzca ningún efecto perjudicial sobre la salud de las personas.

4.5.4.7. Intensidad de exposición a campos magnéticos en la vida cotidiana

En los últimos años, las autoridades públicas de diversos países han realizado numerosas mediciones para estudiar los niveles de los campos electromagnéticos en el entorno cotidiano. Ninguno de estos estudios ha concluido que los niveles medidos puedan producir efectos perjudiciales para la salud.

La Oficina federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) midió recientemente la exposición diaria a campos magnéticos de unas 2000 personas con diversas ocupaciones y grados de exposición en lugares públicos. Todas las personas llevaron dosímetros personales durante las 24 horas. Los niveles de exposición medidos presentaron una gran variación, pero la exposición media diaria fue de $0,10 \mu\text{T}$. Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de $100 \mu\text{T}$ y 200 veces menor que el límite de exposición para trabajadores de $500 \mu\text{T}$. Además, los niveles de exposición registrados por los habitantes de los centros de las ciudades indicaron que no existen en este sentido grandes diferencias entre la vida en zonas rurales y la vida en la ciudad. Incluso la exposición de las personas que viven en las inmediaciones de líneas de conducción eléctrica de alta tensión se diferencia muy poco de la exposición media de la población. Así pues resumiendo:

- Los niveles de fondo de campos electromagnéticos en el hogar están producidos principalmente por las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad o por aparatos eléctricos.
- Los diferentes aparatos eléctricos generan campos de intensidades muy diferentes. La intensidad de los campos eléctricos y magnéticos disminuye rápidamente con la distancia

a los aparatos eléctricos. En cualquier caso, las intensidades de los campos del entorno de los electrodomésticos son habitualmente muy inferiores a los límites recomendados.

- En el lugar que ocupa el usuario, los campos eléctricos y magnéticos de los televisores y pantallas de computadora son cientos de miles de veces menores que los límites recomendados.
- Los hornos de microondas que cumplen las normas no son peligrosos para la salud.
- Si se limita el acceso público a lugares cercanos a las instalaciones de radares, antenas de radiodifusión y estaciones base de telefonía móvil, no se superarán los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia.
- Los usuarios de teléfonos móviles están expuestos a campos electromagnéticos mucho más intensos que los existentes en el entorno cotidiano normal. No obstante, incluso estos niveles más altos no parece que generen efectos perjudiciales.
- Numerosos estudios han demostrado que la exposición a campos electromagnéticos en el entorno cotidiano es extremadamente baja.

4.6. *NORMATIVA Y LEGISLACIÓN SOBRE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS*

Existen normas establecidas para proteger nuestra salud, como las relativas a aditivos alimentarios, a las concentraciones de productos químicos en el agua o a los contaminantes del aire. De forma similar, existen normas que previenen la exposición excesiva a los campos electromagnéticos presentes en el entorno.

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

La relación entre la intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia es compleja. Una relación de todos los valores de todas las normas correspondientes a todas las frecuencias sería difícil de comprender. El siguiente cuadro resume los límites de exposición recomendados correspondientes a los tipos de tecnologías que han causado preocupación en la sociedad: la electricidad en el hogar, las estaciones base de telefonía móvil y los hornos de microondas. La última actualización de estas directrices se realizó en abril de 1998.

Tabla 6. Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP

	Frecuencia de la red eléctrica europea	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia de los hornos de microondas	
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia (W/m ²)
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

ICNIRP, CEM guidelines, Health Physics 74, 494-522 (1998)

Los límites de exposición recomendados de algunos países de la ex Unión Soviética y los de países occidentales pueden llegar a diferenciarse en un factor de más 100. Con la mundialización del comercio y la rápida penetración de las telecomunicaciones en todo el mundo, ha surgido la necesidad de disponer de normas universales. Ahora que muchos países de la ex Unión Soviética están planteándose adoptar normas nuevas, la OMS ha puesto en marcha recientemente una iniciativa para armonizar las directrices sobre exposición a las radiaciones en todo el mundo. Las normas futuras se basarán en los resultados del Proyecto Internacional sobre campos electromagnéticos de la OMS.

Un aspecto importante que se debe señalar es que un límite recomendado no define de forma exacta el límite entre la seguridad y el peligro. No existe un nivel único por encima del cual la exposición se convierte en peligrosa para la salud; por el contrario, el riesgo potencial para la salud aumenta de forma gradual conforme aumenta el nivel de exposición de las personas. Las directrices marcan un determinado umbral por debajo del cual la exposición a campos

electromagnéticos se considera segura, según los conocimientos de la ciencia. No se deduce, sin embargo, de forma automática, que por encima del límite indicado la exposición sea perjudicial.

No obstante, para poder fijar los límites de exposición, los estudios científicos deben identificar el umbral en el que se manifiestan los primeros efectos sobre la salud. Como no pueden hacerse experimentos con seres humanos, las directrices deben basarse en estudios con animales. Frecuentemente, se producen en los animales cambios sutiles de comportamiento a niveles bajos de exposición que preceden a cambios drásticos en la salud con niveles altos. El comportamiento anormal es un indicador muy sensible de la existencia de una respuesta biológica; este comportamiento anormal se ha seleccionado como el mínimo efecto perjudicial para la salud observable. Las directrices recomiendan prevenir la exposición a campos electromagnéticos a niveles en los que se producen cambios de comportamiento perceptibles.

Este umbral de cambios de comportamiento no es igual al límite recomendado, sino que la ICNIRP aplica un factor de seguridad de 10 en el cálculo de los límites de exposición ocupacionales y un factor de 50 para obtener el valor recomendado para la población general. Así, por ejemplo, en los intervalos de frecuencia de radio y microondas, los niveles máximos que probablemente experimentará en el entorno o en el hogar son al menos 50 veces menores que el umbral en el que se manifiestan los primeros cambios de comportamiento en animales.

La población expuesta en el trabajo está formada por adultos que generalmente están sometidos a condiciones de campos electromagnéticos conocidas. Estos trabajadores reciben formación sobre los riesgos potenciales y sobre cómo tomar precauciones adecuadas. En cambio, en la población general hay personas de todas las edades y con diversos estados de salud que en muchos casos no saben que están expuestos a CEM. Además, no se puede esperar que todas las personas de la población general tomen precauciones para minimizar o evitar la exposición. Estos son los motivos por los que los límites de exposición para la población general son más estrictos que los límites para la población expuesta por motivos ocupacionales.

Como se ha explicado antes, los campos electromagnéticos de frecuencia baja inducen corrientes en el organismo. Pero también generan corrientes diversas reacciones bioquímicas del propio organismo. Las células o tejidos no podrán detectar ninguna corriente inducida por debajo de este nivel de fondo. En consecuencia, a frecuencias bajas, las directrices aseguran que las corrientes inducidas por los campos electromagnéticos son menores que las corrientes naturales del organismo.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

El principal efecto de la energía electromagnética es el calentamiento de los tejidos. En consecuencia, los límites recomendados de exposición a campos de radiofrecuencia y de microondas se establecen con el fin de prevenir los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o de todo el organismo. El cumplimiento de las directrices asegura que los efectos de calentamiento son suficientemente pequeños para que no sean perjudiciales.

Las directrices o normas no se pueden establecer actualmente basándose en especulaciones sobre los posibles efectos a largo plazo sobre la salud.

Del conjunto de los resultados de todas las investigaciones no puede deducirse que los campos electromagnéticos produzcan efectos a largo plazo sobre la salud, como el cáncer. Los organismos nacionales e internacionales fijan y actualizan las normas basándose en los conocimientos científicos más avanzados, con el fin de proteger contra los efectos sobre la salud conocidos.

Las directrices se establecen para la población media y no pueden tener en cuenta directamente las necesidades de una minoría de personas potencialmente más sensibles. Por ejemplo, las directrices sobre contaminación atmosférica no se basan en las necesidades especiales de las personas asmáticas. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos no están diseñadas para proteger a las personas de las interferencias en los dispositivos electrónicos médicos implantados, como los marcapasos cardíacos. Por el contrario, estas personas deben solicitar a los fabricantes y al médico que ha implantado el dispositivo que les asesore sobre el tipo de exposiciones que deben evitar.

Algunos datos prácticos ayudarán a comprender los valores de las directrices internacionales antes indicados. El siguiente cuadro indica las fuentes más comunes de campos electromagnéticos. Todos los valores son niveles máximos de exposición de la población; la mayor parte de la población está sometida a una exposición mucho menor. Para un examen más detallado de las intensidades de los campos del entorno de aparatos eléctricos concretos, véase la sección titulada Niveles de exposición típicos en el hogar y en el medio ambiente.

Tabla 7. Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP

Fuente	Exposición máxima típica de la población	
	Campo eléctrico (V/m)	Densidad de flujo magnético (μ T)
Campos naturales	200	70 (campo magnético)

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

		terrestre)
Red eléctrica (en hogares que no están próximos a líneas de conducción eléctrica)	100	0,2
Red eléctrica (bajo líneas principales de conducción eléctrica)	10 000	20
Trenes y tranvías eléctricos	300	50
Pantallas de televisión y computadora (en la posición del usuario)	10	0,7
	Exposición máxima típica de la población (W/m²)	
Transmisores de televisión y radio	0,1	
Estaciones base de telefonía móvil	0,1	
Radares	0,2	
Hornos de microondas	0,5	

Fuente: Oficina Regional de la OMS para Europa

Los organismos del gobierno y las autoridades locales tienen la responsabilidad de inspeccionar los campos electromagnéticos en el entorno de las líneas de conducción eléctrica, estaciones base de telefonía móvil o cualesquiera otras fuentes electromagnéticas de acceso público y de asegurarse de que se cumplen las directrices.

En el caso de los aparatos electrónicos, la responsabilidad de que cumplan los límites establecidos es del fabricante. No obstante, como se ha explicado antes, la naturaleza de la mayoría de los aparatos asegura que las intensidades de los campos que se emiten son muy inferiores a los límites establecidos. Además, muchas organizaciones de consumidores realizan ensayos periódicos.

Es completamente seguro comer confitura de fresa hasta la fecha de caducidad indicada en el tarro, pero el fabricante no puede garantizar una buena calidad del producto si consume la confitura en una fecha posterior. No obstante, normalmente, la confitura se podría consumir sin riesgo hasta incluso unas semanas o meses después de la fecha de caducidad. De forma similar, las directrices sobre campos electromagnéticos aseguran que, si no se sobrepasa el límite de exposición establecido, no se producirán efectos perjudiciales para la salud. Sobre el nivel que se sabe que produce un efecto sobre la salud, se aplica un factor de seguridad elevado. Por consiguiente, incluso si una persona se viera sometida a intensidades de campos varias veces mayores que el límite establecido, la exposición que experimentaría estaría dentro de este margen de seguridad.

En situaciones cotidianas, la mayoría de las personas no se ven expuestas a campos electromagnéticos superiores a los límites recomendados. Los niveles de exposición típicos son muy inferiores a estos límites. Sin embargo, en ocasiones, una persona puede exponerse, durante un período corto, a niveles que se aproximan o incluso superan los niveles recomendados. Según la ICNIRP, para tener en cuenta los efectos acumulados, la exposición a los campos de frecuencia de radio y de microondas se debe calcular como promedio durante un determinado período; las directrices establecen que dicho período debe ser de seis minutos y se consideran aceptables las exposiciones a corto plazo superiores a los límites.

En cambio, según las directrices, la exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia baja no se calcula como promedio en el tiempo. Para complicar aún más el asunto, se incorpora otro factor llamado acoplamiento. El acoplamiento se refiere a la interacción entre los campos eléctricos y magnéticos y el cuerpo expuesto a la radiación; es función del tamaño y forma del cuerpo, el tipo de tejido y la orientación del cuerpo con respecto al campo. Las directrices deben ser conservadoras: la ICNIRP siempre supone un acoplamiento máximo del campo a la persona expuesta. Por consiguiente, los límites recomendados proporcionan una protección máxima. Por ejemplo, aunque las intensidades del campo magnético de las secadoras de pelo y de las máquinas de afeitar superan aparentemente los valores recomendados, el acoplamiento extremadamente débil entre el campo y la cabeza impide la inducción de corrientes eléctricas que podrían superar los límites recomendados.

4.6.1. Límites de exposición a las emisiones radioeléctricas según la legislación española

Según se establece en el **Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones

radioeléctricas; 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** del citado Real Decreto.

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.

4.6.1.1. 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.

4.6.1.1.1. 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.

Tabla 8. Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

GAMA DE FRECUENCIAS	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²)	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	-	-	-	-

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

GAMA DE FRECUENCIAS	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²)	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)
1 – 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 -1.000 Hz	-	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 cm² 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 $\sqrt{2}$ ($\approx 1,414$). 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 como promedio calculado en 10 g de tejido.

4.6.1.1.2. 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 las tablas siguientes 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 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.

Niveles de campo.

Tabla 9. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos
 (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

GAMA DE FRECUENCIAS	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0 – 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 – 8 Hz	10.000	3,2 x 10 ⁴ /f ²	4 x 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	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 Seq, E², H² y B², ha de calcularse a lo largo de un período cualquiera de seis minutos.
3. Para frecuencias superiores a 10 GHz, el promedio de Seq, E², H² y B², 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 de la primera tabla). 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) (μ T):

- a) Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores de pico esta de referencia se obtienen multiplicando los valores rms correspondientes por $\sqrt{2}$ ($\approx 1,414$). 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 $a = [0,665 \log (f/105) + 0,176]$, 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 S_{eq} 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 30 μ 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.

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 la siguiente tabla 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.

Tabla 10. Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores (f en kHz)

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

4.6.1.1.3. 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 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:

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

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 la tabla correspondiente;

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:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{\text{SAR}_i}{\text{SAR}_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

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 tabla correspondiente;

S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i ;

S_L es la restricción básica de densidad de potencia que figura en la tabla correspondiente.

Niveles de referencia:

1. 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:

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

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

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 μ T).

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 la tabla correspondiente.

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:

$$\sum_{i=1 \text{ MHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{c}} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{E}_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{b}} \right)^2 + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{H}_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

donde:

E_j 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;

$\mathbf{c} = 87/(f1.2)$ (V/m) y $\mathbf{d} = 0,73/f$ (A/m), donde f es la frecuencia expresada en MHz.

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

$$\sum_{k=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left(\frac{\mathbf{I}_k}{\mathbf{I}_{L,k}} \right)^2 \leq 1 ; \quad \sum_{n>1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \left(\frac{\mathbf{I}_n}{\mathbf{I}_{C,n}} \right)^2 \leq 1$$

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 ;

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. Así pues resumiendo:

- Las directrices de la ICNIRP se basan en los conocimientos científicos actuales. La mayoría de los países se basa en estas directrices internacionales para establecer sus propias normas nacionales.
- Las normas sobre campos electromagnéticos de frecuencia baja aseguran que las corrientes eléctricas inducidas están por debajo del nivel normal de las corrientes de fondo en el interior del organismo. Las normas para campos de frecuencia de radio y de microondas impiden los efectos sobre la salud ocasionados por el calentamiento localizado o general del organismo.
- Las directrices no protegen contra la posible interferencia con dispositivos médicos electrónicos.
- Los niveles de exposición máximos en la vida cotidiana están normalmente muy por debajo de los límites recomendados.
- Debido a la aplicación de un factor de seguridad elevado, una exposición superior a los límites recomendados no es necesariamente perjudicial para la salud. Además, la determinación del promedio en el tiempo para campos de frecuencia alta y la hipótesis de un acoplamiento máximo para los campos de frecuencia baja introducen un margen de seguridad adicional.
- Los valores medidos en campo se contrastarán con los valores incluidos en las tablas del Real Decreto 1066/2001 añadidas en este apartado.

4.7. RECOMENDACIONES GENERALES

Con el creciente volumen de resultados de investigación disponibles, cada vez resulta menos probable que la exposición a campos electromagnéticos constituya un peligro para la salud, aunque sigue existiendo cierto grado de incertidumbre. El debate científico inicial, centrado en la interpretación de resultados controvertidos, se ha transformado en una cuestión social y política. El debate público sobre los campos electromagnéticos se centra en los posibles efectos perjudiciales de los campos electromagnéticos, pero con frecuencia no tiene en cuenta las ventajas que proporcionan las tecnologías asociadas a los campos electromagnéticos. Sin electricidad, la sociedad se paralizaría. De forma similar, la difusión de radio y televisión y las telecomunicaciones

se han convertido en un hecho cotidiano de la vida moderna. Es fundamental sopesar los costos y los posibles peligros.

4.7.1. Protección de la salud pública

El objeto de las directrices internacionales y normas de seguridad nacionales sobre campos electromagnéticos se han elaborado basándose en los conocimientos científicos actuales con el fin de asegurar que las personas no se exponen a campos que puedan ser perjudiciales para la salud. Para compensar incertidumbres en el conocimiento (ocasionado, por ejemplo, por los errores experimentales, extrapolación de animales hacia los seres humanos, o incertidumbre estadística), los grandes factores de seguridad se incorporan dentro de los límites de la exposición. Las directrices y normas se revisan de forma periódica y se actualizan en caso necesario. Se ha sugerido que, mientras la ciencia mejora su conocimiento de las consecuencias para la salud, puede ser recomendable aumentar las precauciones para enfrentarse a las incertidumbres que aún existen. Sin embargo, el tipo y magnitud de la política de precaución que se adopte dependerá fundamentalmente de si existen resultados sólidos que indiquen la existencia de un riesgo para la salud y de la escala y naturaleza de las posibles consecuencias. La respuesta de precaución debe ser proporcional al riesgo potencial. Se han desarrollado varias políticas que fomentan la precaución con el fin de abordar las cuestiones de salud y seguridad pública, ocupacional y medioambiental relacionadas con agentes químicos y físicos.

Uno de los objetivos del Proyecto Internacional CEM es ayudar a las autoridades nacionales a sopesar las ventajas del uso de tecnologías que generan campos electromagnéticos frente a la posibilidad de que se descubra algún riesgo para la salud. Además, la OMS propondrá recomendaciones sobre medidas de protección, si fueran necesarias. La terminación, evaluación y publicación de las investigaciones necesarias llevará varios años. Entretanto, la Organización Mundial de la Salud ha propuesto las siguientes recomendaciones:

- Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado.

- Medidas de protección sencillas. La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición.

- Consulta a las autoridades locales y a la población sobre la ubicación de nuevas líneas de conducción eléctrica o estaciones base de telefonía móvil. Frecuentemente, las decisiones sobre la ubicación de este tipo de instalaciones deben tener en cuenta cuestiones estéticas y de sensibilidad social. La comunicación transparente durante las etapas de planificación de una instalación nueva puede facilitar la comprensión y una mayor aceptación de la sociedad.
- Comunicación. Un sistema eficaz de información y comunicación de aspectos relativos a la salud entre los científicos, gobiernos, industria y la sociedad puede ayudar a aumentar el conocimiento general sobre los programas que abordan la exposición a campos electromagnéticos y a reducir posibles desconfianzas y miedos.

5. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

5.1. METODOLOGÍA GENERAL

La metodología utilizada en el desarrollo de este estudio está fundamentalmente basada en trabajo de gabinete. Para la ejecución del mismo se deben establecer previamente unas directrices generales, en base a las cuales se plasman todos los contenidos recopilados en la fase investigadora previa. **Las directrices generales de ejecución son las siguientes:**

- El estudio está dividido en apartados o capítulos. Las tablas se numeran siguiendo la numeración del capítulo en el que se encuentren.
- En cada uno de ellos se incluyen notas al pie de página que desarrollan los conceptos descritos en el texto principal. La numeración de las notas al pie de página comienza en el primer capítulo y termina en el último. No se reinicia la numeración al empezar un nuevo apartado o capítulo.
- Las referencias bibliográficas se incluyen en cada texto o párrafo también como notas al pie de página. La numeración de las referencias empieza con cada apartado o capítulo y termina al final del documento. Todas las referencias bibliográficas utilizadas se recogen al final del estudio en la bibliografía común.
- Cuando se trate con números, los puntos separarán los miles y las unidades de millar, y las comas los decimales.

- Se ha intentado dar la misma estructura a cada apartado o capítulo de la parte técnica para mantener una vertebración común a todo el documento.
- Se incluyen al final del estudio, en el Anexo I, una lista de las definiciones de conceptos utilizados en el texto.
- También se han incluido al final otros anexos que contienen la información técnica que se ha utilizado en el desarrollo del estudio.

5.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Para desarrollar el estudio se utilizarán tanto los datos obtenidos en las mediciones de campo como los obtenidos en el trabajo de gabinete. Se utilizará toda la información disponible aportada por el Ayuntamiento de Alcobendas relativa a este tema. Además se establecerán hipótesis de aumento de fuentes emisoras debido a los nuevos desarrollos del PGOU. Así pues se establecen los siguientes métodos de trabajo.

5.2.1. Metodología de evaluación de los niveles actuales de campo eléctrico

La metodología escogida comprende tanto una fase de trabajo de gabinete como una fase de trabajo de campo. Para realizar las mediciones de los niveles actuales de campo eléctrico se procede del siguiente modo:

- Ubicación sobre plano de cada uno de los sectores incluidos en los nuevos desarrollos del PGOU del municipio de Alcobendas (suelo urbanizable sectorizado, régimen transitorio, unidades de ejecución, etc.) y estudio de las infraestructuras eléctricas cercanas.
- Selección de los puntos de muestreo y número de medidas a realizar en cada sector sobre plano.
- Salida a campo, medida y recogida de los valores de campo eléctrico obtenidos en los puntos seleccionados, siguiendo el protocolo de medidas de campo electromagnético proporcionado por UNESA.

En caso de tener que medir los campos electromagnéticos en líneas de alta tensión o alrededor de los transformadores de potencia, se seguirán estrictamente las indicaciones de las siguientes normas UNE:

- **NORMA UNE 215001:** Procedimientos normalizados para la medida de CEM a frecuencia industrial producidos por las líneas de alta tensión.

- **NORMA UNE 207012-001 IN:** Guía para la evaluación de los CEM alrededor de los transformadores de potencia..

- Comparación de los valores obtenidos con los valores de referencia incluidos en la legislación en vigor. Comprobación del cumplimiento de la misma o bien aporte de medidas correctoras en el apartado correspondiente.
- En todas las situaciones se utilizarán los valores de campo eléctrico y campo magnético que Red Eléctrica de España proporciona como referencias para los sistemas de transporte de energía eléctrica (líneas aéreas de alta y media tensión).

A continuación se muestra un ejemplo práctico de todo el proceso anteriormente citado. Por ejemplo, primero se escoge el sector a medir y se consulta su ficha correspondiente:

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N.º: S-1
LOCALIZACIÓN (N.º PLANO Y HOJA)	2,3/2
SUPERFICIE SECTOR	178.349 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)	193.858 m ²

DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO

SUPERFICIE EDIFICABLE	116.315 m ²
USO CARACTERÍSTICO	RESIDENCIAL
USOS PROHIBIDOS	INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS	TERCIARIO, DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN	EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	0 m²
	VIARIO 23.263 m²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO 34.894 m²
	ESPACIOS LIBRES 23.263 m²
	TOTAL 81.420 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL 7.754 m²
	RESTO 0 m²
	TOTAL 7.754 m²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR	0 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR	15.509 m²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR	0,600 m²/m²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO	0,600000 m²/m²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE	Residencial colectiva, bloque abierto

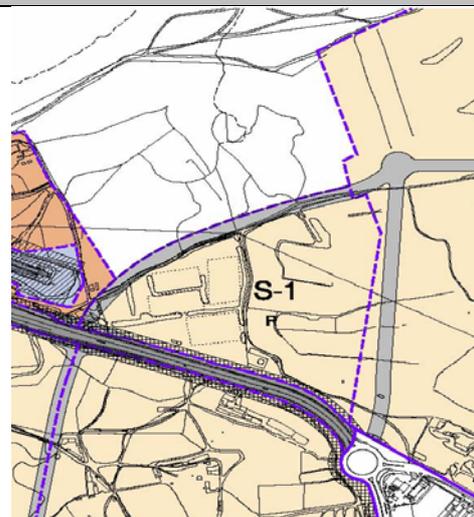
OBSERVACIONES

Se destinarán a viviendas sometidas a algún régimen de protección, al menos el 50% del aprovechamiento total

La superficie dedicada a red supramunicipal adscrita será espacio libre y se localiza al oeste del término municipal colindante con el monte Valdelatas.

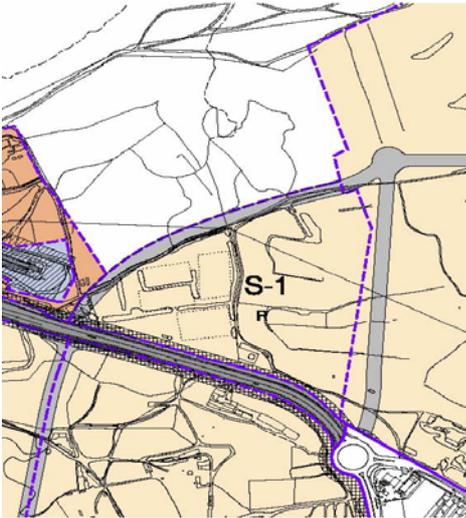
Se establece una reserva de suelo que pueda resolver la conexión con la M-616, ya sea mediante intersección o con enlace a distinto nivel. En cualquier caso dicha conexión deberá ser autorizada por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Asimismo el acceso a parcelas no podrá efectuarse desde la carretera, sino desde vías de servicio.

ESQUEMA (S/E)

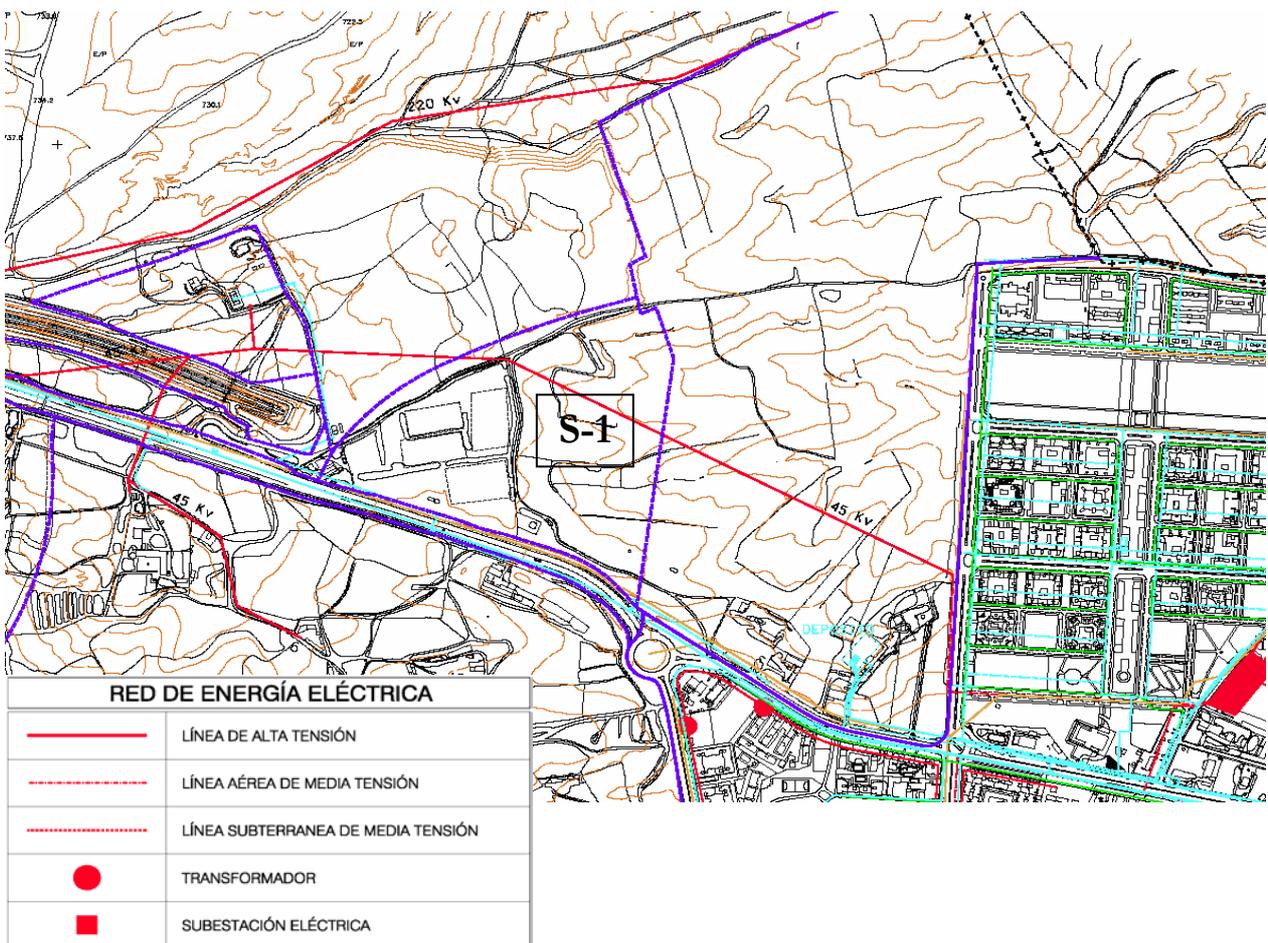


ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:



Se comprueba que la ubicación del sector S1 de suelo urbanizable sectorizado, es atravesada por una línea de 45 kV definida en plano como línea de alta tensión. Se debe estudiar su influencia en el ámbito. Además deben tenerse en cuenta tanto la influencia de la línea de 220 kV (que será poco significativa dada la distancia a la que se encuentra del sector) como la de la línea adyacente a la rotonda sureste del sector que está acompañada de dos transformadores de potencia. Estas primeras observaciones de gabinete son fundamentales para realizar un adecuado trabajo de campo.

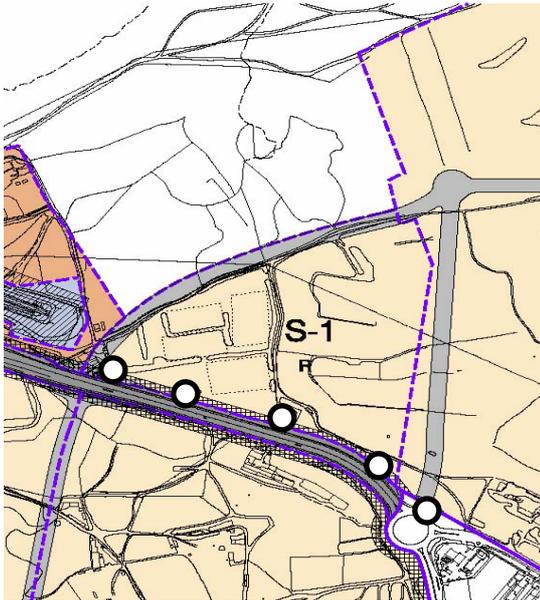


RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA

	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN
	TRANSFORMADOR
	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

A continuación se seleccionan los puntos de toma de medida de campo eléctrico en el sector, teniendo en cuenta que si hay infraestructuras eléctricas significativas, éstas se medirán aparte y se superpondrán al resto de los valores tomados en el ámbito.



Se buscan 5 puntos de medida en cada sector uniformemente distribuidos y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas ya existentes. Estos puntos se señalarán convenientemente una vez realizada las salidas a campo correspondientes, ya que puede haber ciertas circunstancias de inaccesibilidad que no figuren en los planos adjuntos. Aparecen puntos opcionales por si acaso es necesario cambiar las ubicaciones de los puntos de medida los señalados en este dibujo se considerarán provisionales a todos los efectos. Se tratarán estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. En todos aquellos ámbitos en los que las vallas de protección de las obras ya iniciadas impidan el acceso se tomarán medidas en el entorno perimetral.

La toma de medidas se realizará con el detector **TM-200**. Las características de este detector están reflejadas en la hoja técnica correspondiente incluida en el Anexo III. **Para el proceso de medida se seguirán en todo momento las indicaciones incluidas en el protocolo de medición de campos electromagnéticos que figura también en los anexos.**

En caso de tener que medir los campos electromagnéticos en líneas de alta tensión o alrededor de los transformadores de potencia, se seguirán estrictamente las indicaciones de las siguientes normas UNE:

- **NORMA UNE 215001:** Procedimientos normalizados para la medida de CEM a frecuencia industrial producidos por las líneas de alta tensión.

- **NORMA UNE 207012-001 IN:** Guía para la evaluación de los CEM alrededor de los transformadores de potencia..

Al ser un detector de un solo eje, para determinar el valor real del campo (sea eléctrico o magnético) se necesita tomar una medición en tres ejes. Hay que tomar tres mediciones separadamente en el mismo punto seleccionado del sector. Así pues se debe situar el medidor en línea con los ejes del sistema de referencia que se elija (x, y, z) y anotar las diferentes lecturas. Para integrar las tres medidas se utilizará la siguiente fórmula (módulo del vector):

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

$$|\vec{B}| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Así pues, se realizarán tres medidas (cada una en la dirección un eje) en cada punto seleccionado, tal y como se muestra en las fotografías adjuntas:



MEDICIÓN EN LA
DIRECCIÓN DEL EJE X
Sistema de coordenadas
cartesiano ortogonal



MEDIDA EN LA
DIRECCIÓN DEL EJE Y
Sistema de coordenadas
cartesiano ortogonal



MEDIDA EN LA
DIRECCIÓN DEL EJE Z

Sistema de coordenadas
cartesiano ortogonal

Una vez listados y procesados los datos obtenidos, se establecerá un mapa aproximado de isolíneas de campo eléctrico sobre el sector y se compararán los valores con los de referencia adoptados por la legislación en vigor. Se comprobará que no se superan estos valores y en caso contrario se darán las recomendaciones y medidas correctoras oportunas.



Para establecer una posible evolución de los valores de campo eléctrico en el sector medido, se compararán los valores obtenidos en la situación actual (antes de realizar los desarrollos urbanísticos) y se comparará con los niveles medios actuales que existen en el municipio de Alcobendas (en las zonas ya urbanizadas).

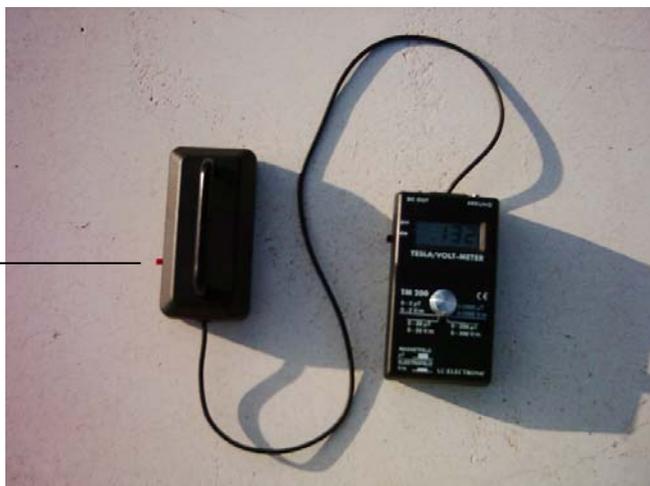
5.2.2. Metodología de evaluación de los niveles actuales de campo magnético

La metodología utilizada es la misma que la utilizada para la medida de los campos eléctricos, salvo que se adapta el detector para medir campos magnéticos. El detector TM-200 tiene en la

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

sonda un dispositivo selector del tipo de campo que se quiere medir, tal y como se indica en la fotografía siguiente:

BOTÓN SELECTOR DEL
TIPO DE MEDICIÓN:
campo eléctrico o campo
magnético



El resto de operaciones a realizar son las mismas que en el caso anterior.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-2
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/2, 4
SUPERFICIE SECTOR		400.935 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		435.799 m ²

D E T E R M I N A C I O N E S P A R A E L P L A N E A M I E N T O

SUPERFICIE EDIFICABLE		261.479 m ²
USO CARACTERÍSTICO		Residencial
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		TERCIARIO, DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m ²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIARIO	52.296 m ²
	EQUIPAMIENTO	78.444 m ²
	ESPACIOS LIBRES	52.296 m ²
	TOTAL	183.036 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	17.432 m ²
	RESTO	0 m ²
	TOTAL	17.432 m ²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		34.864 m ²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,600 m ² /m ²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m ² /m ²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Residencial colectiva, bloque abierto

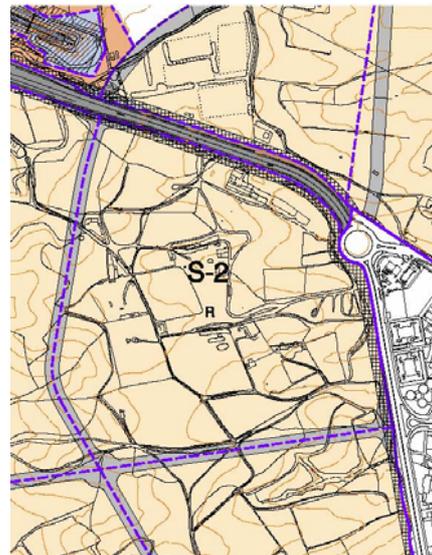
O B S E R V A C I O N E S

Se destinarán a viviendas sometidas a algún régimen de protección, al menos el 50% del aprovechamiento total.

La superficie dedicada a red supramunicipal adscrita será espacio libre y se localiza al oeste del término municipal colindante con el monte Valdelatas.

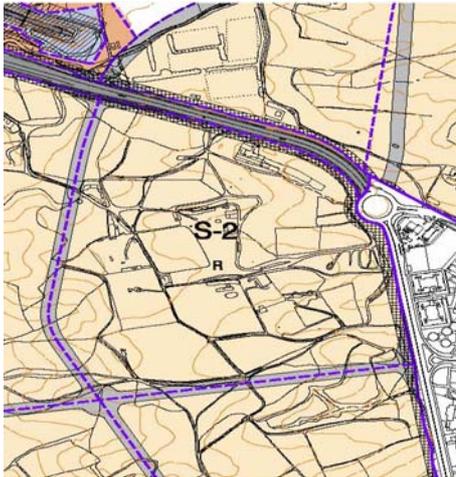
Se establece una reserva de suelo que pueda resolver la conexión con la M-616, ya sea mediante intersección o con enlace a distinto nivel. En cualquier caso dicha conexión deberá ser autorizada por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Asimismo el acceso a parcelas no podrá efectuarse desde la carretera, sino desde vías de servicio.

E S Q U E M A (S / E)

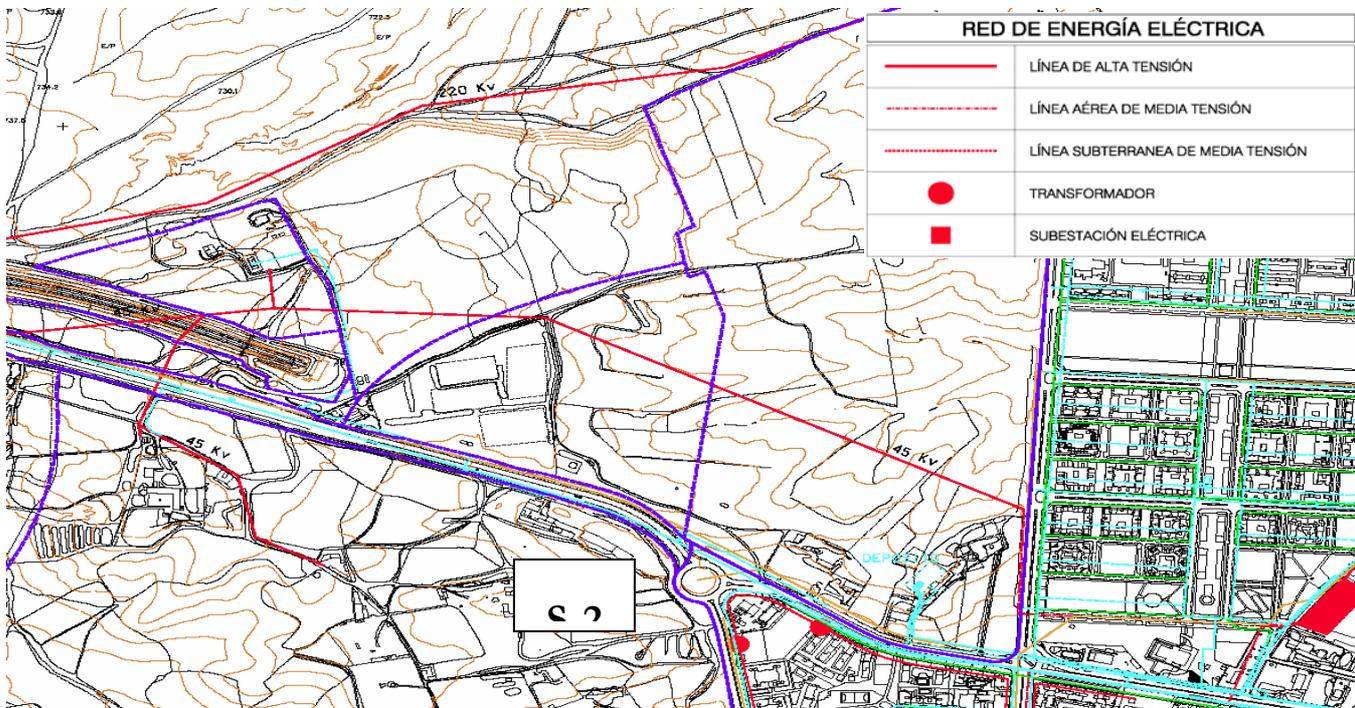


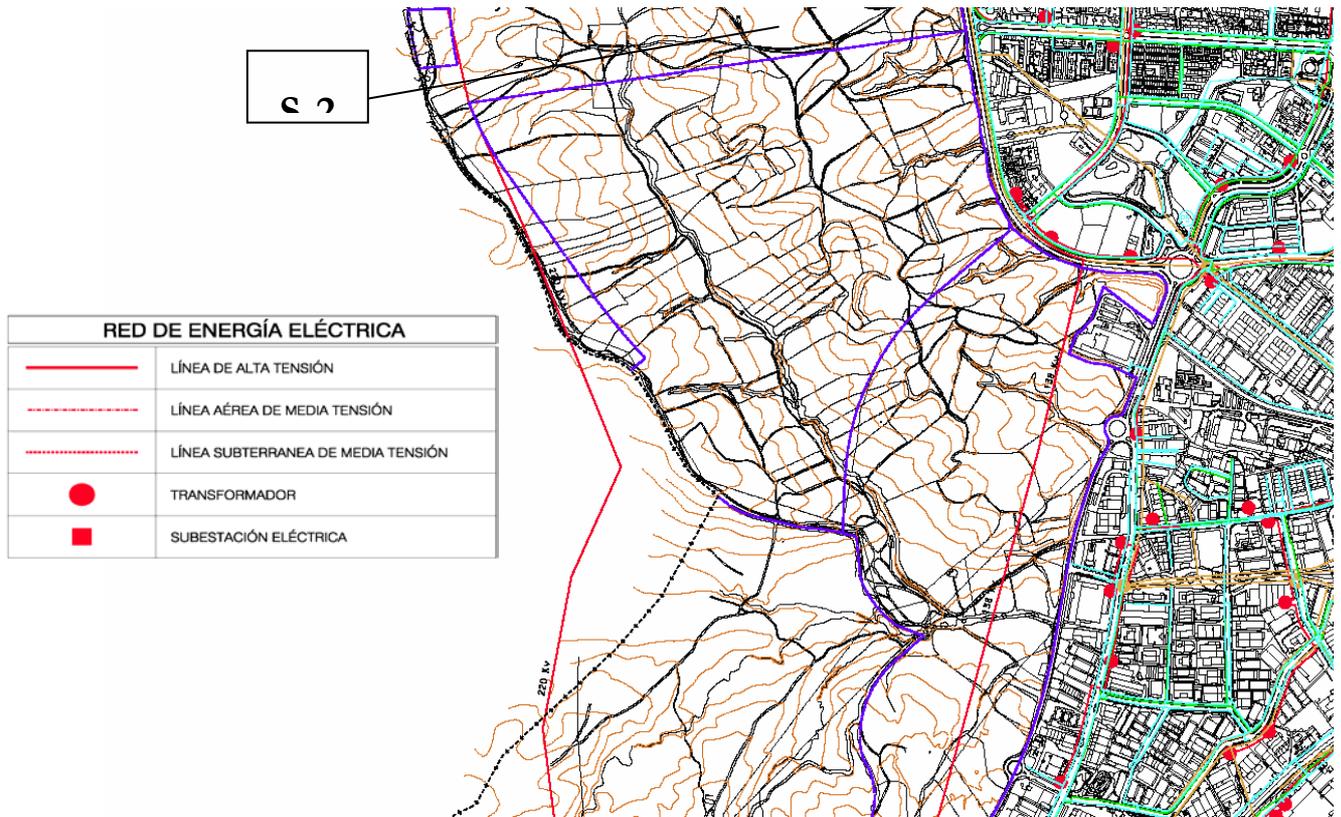
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:

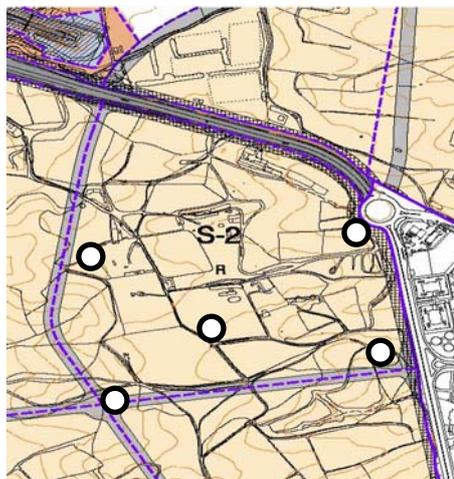


Se comprueba que la ubicación del sector S2 de suelo urbanizable sectorizado, es parcialmente invadido por una línea de 45 kV definida en plano como línea de alta tensión. Se debe estudiar su influencia en el ámbito. Además deben tenerse en cuenta la influencia de las construcciones existentes en el sector. Estas primeras observaciones de marcarán los posibles puntos de medida en el ámbito. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en esos puntos (accesibilidad, barreras, etc.).





Se buscan 5 puntos de medida en cada sector uniformemente distribuidos y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas ya existentes (ya que los valores medidos se verían muy afectados por su presencia). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-3
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/4
SUPERFICIE SECTOR		598.874 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		650.950 m ²

D E T E R M I N A C I O N E S P A R A E L P L A N E A M I E N T O

SUPERFICIE EDIFICABLE		390.570 m ²
USO CARACTERÍSTICO		Residencial
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		TERCIARIO, DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m ²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIARIO	78.114 m ²
	EQUIPAMIENTO	117.171 m ²
	ESPACIOS LIBRES	78.114 m ²
	TOTAL	273.399 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	26.038 m ²
	RESTO	0 m ²
	TOTAL	26.038 m ²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		52.076 m ²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,600 m ² /m ²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m ² /m ²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Residencial colectiva, bloque abierto

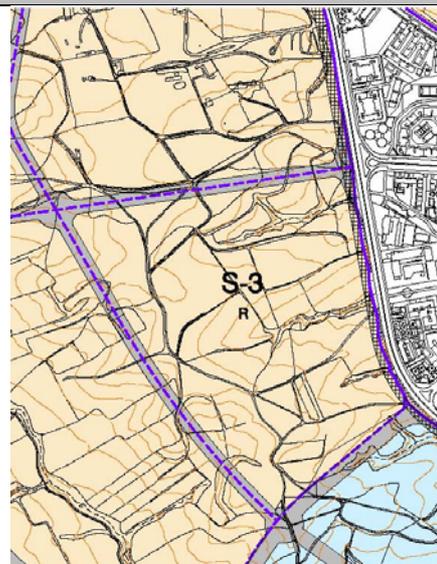
O B S E R V A C I O N E S

Se destinarán a viviendas sometidas a algún régimen de protección, al menos el 50% del aprovechamiento total.

La superficie dedicada a red supramunicipal adscrita será espacio libre y se localiza al oeste del término municipal colindante con el monte Valdelatas.

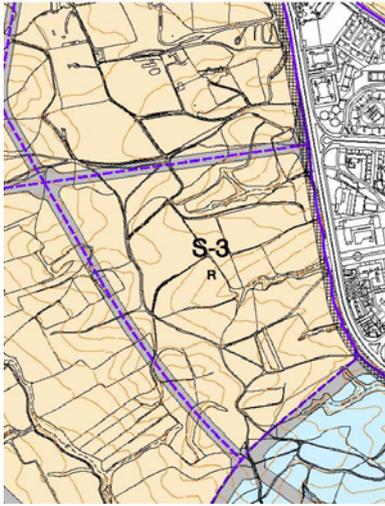
Se establece una reserva de suelo que pueda resolver la conexión con la M-616, ya sea mediante intersección o con enlace a distinto nivel. En cualquier caso dicha conexión deberá ser autorizada por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Asimismo el acceso a parcelas no podrá efectuarse desde la carretera, sino desde vías de servicio.

E S Q U E M A (S/E)



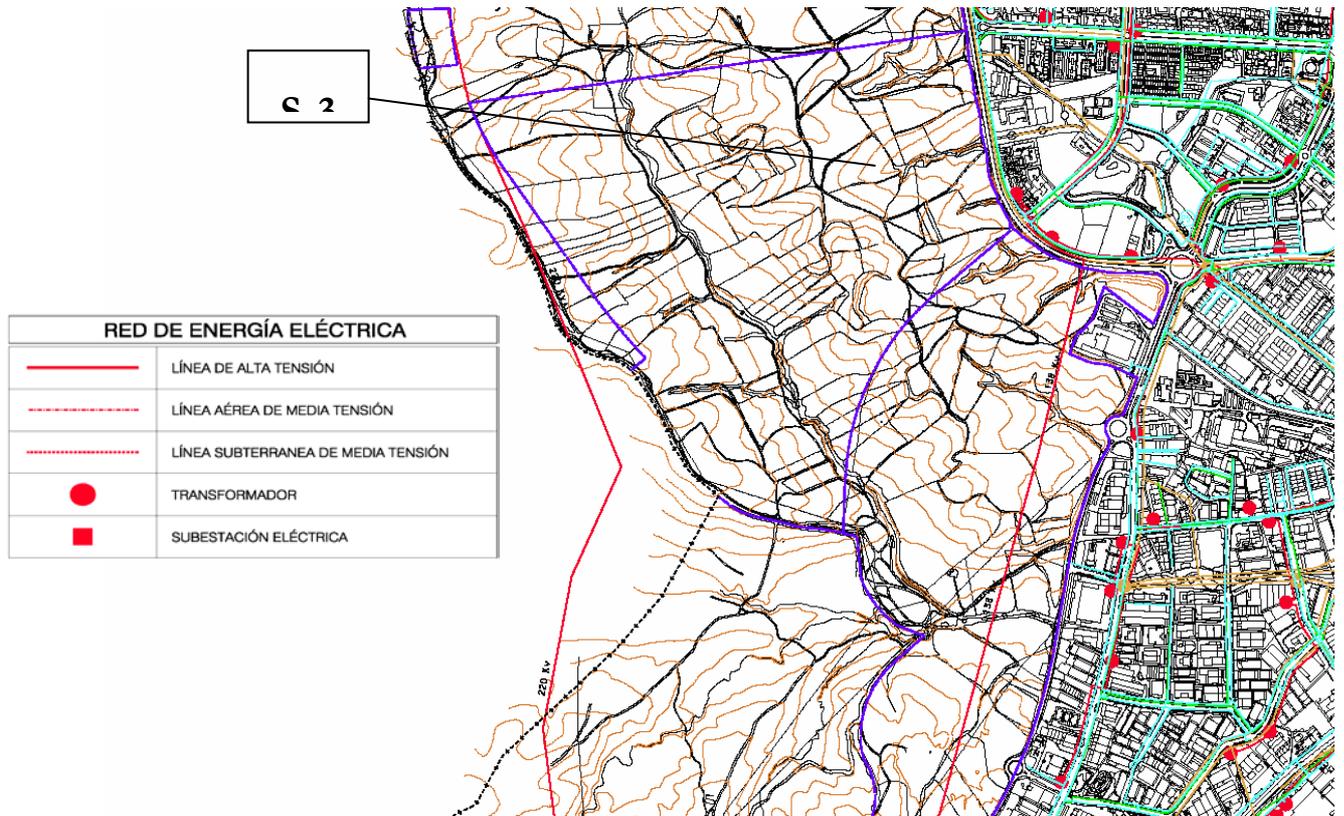
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:



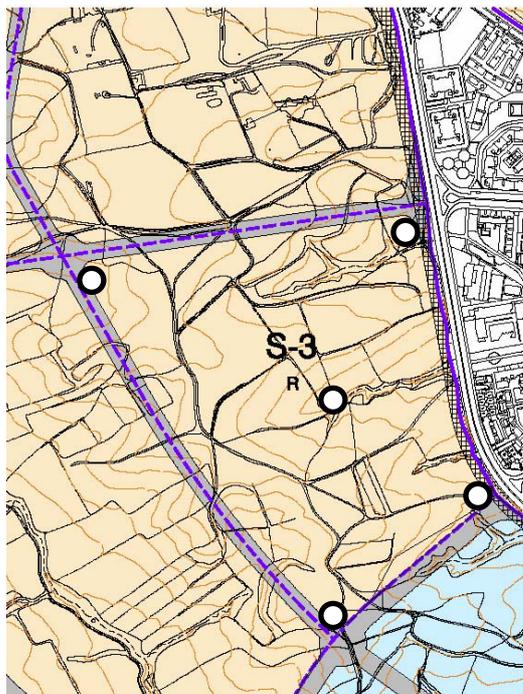
Se comprueba que la ubicación del sector S3 de suelo urbanizable sectorizado, no tiene influencia de ninguna infraestructura eléctrica relevante.

En este sector no hay a priori puntos problemáticos para establecer las medidas de campos. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (que en este caso no hay). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-4
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/4
SUPERFICIE SECTOR		539.606 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		539.606 m ²

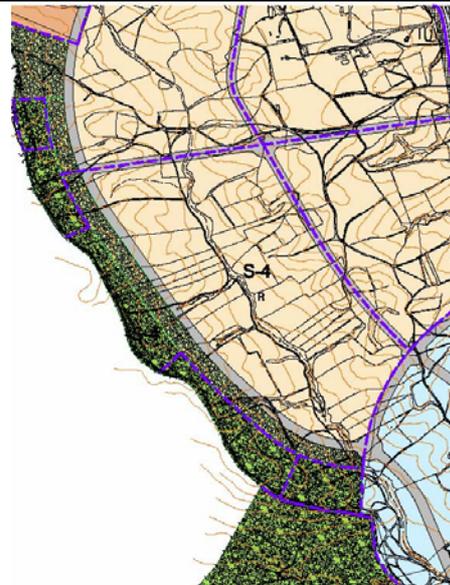
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO

SUPERFICIE EDIFICABLE		323.764 m ²
USO CARACTERÍSTICO		Residencial
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		TERCIARIO, DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m ²
	VIARIO	64.753 m ²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO	97.129 m ²
	ESPACIOS LIBRES	64.753 m ²
	TOTAL	226.634 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	21.584 m ²
	RESTO	43.168 m ²
	TOTAL	64.752 m ²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,600 m ² /m ²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m ² /m ²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Residencial colectiva, bloque abierto

OBSERVACIONES

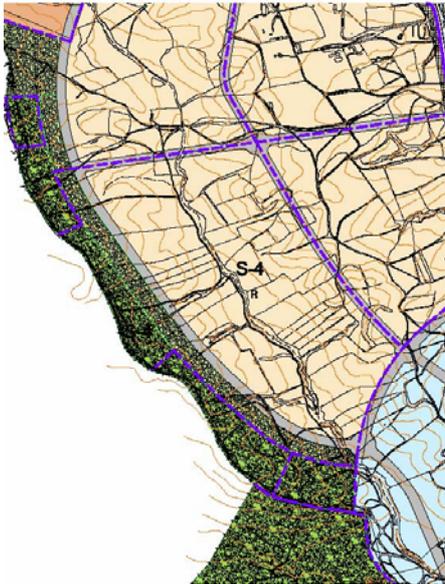
Se destinarán a viviendas sometidas a algún régimen de protección, al menos el 50% del aprovechamiento total

ESQUEMA (S/E)



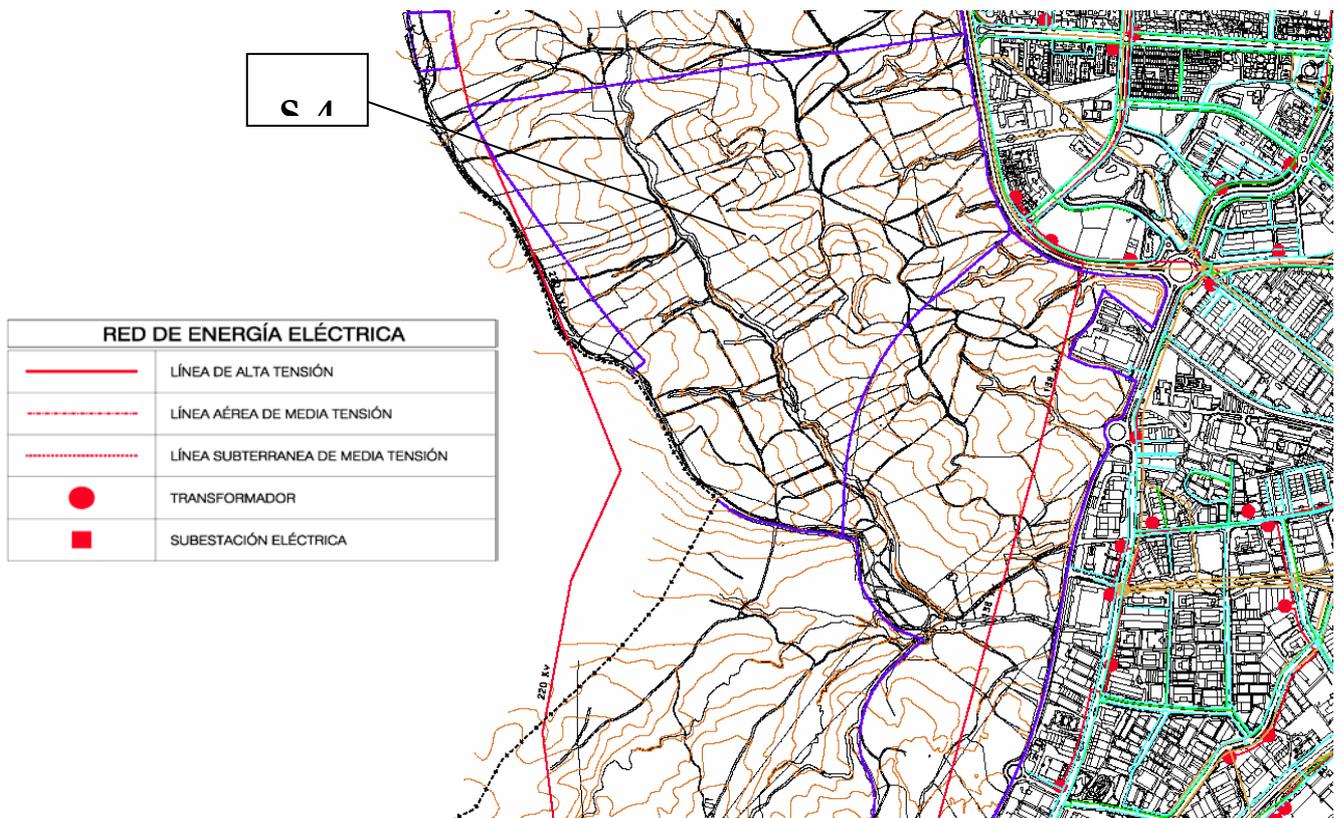
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:

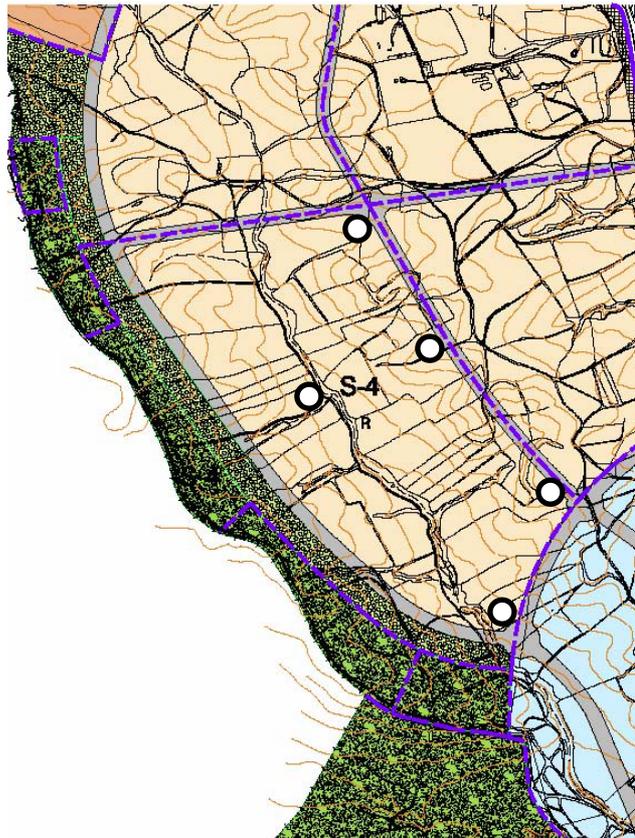


Se comprueba que la ubicación del sector S4 de suelo urbanizable sectorizado, es afectado en su límite este por la línea de alta tensión de 220 kV. Debe tenerse en cuenta por tanto su influencia en el sector, aunque quede prácticamente fuera de él.

Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (línea de alta tensión 220 kV que tangencialmente afecta a la zona este del sector). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N.º:	S-5
LOCALIZACIÓN (N.º PLANO Y HOJA)		2,3/2, 4
SUPERFICIE SECTOR		348.211 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		348.211 m ²

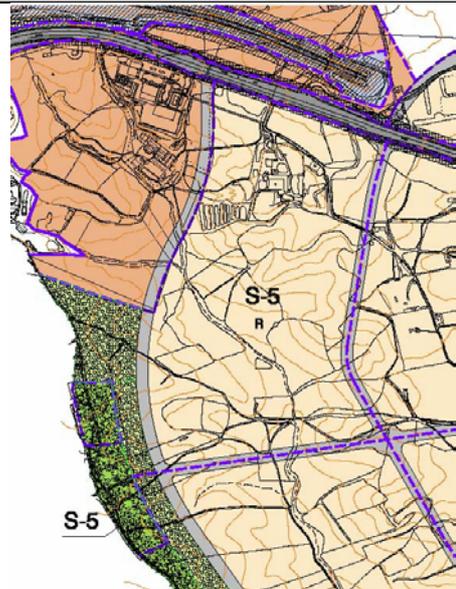
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO

SUPERFICIE EDIFICABLE		208.927 m ²
USO CARACTERÍSTICO		Residencial
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		TERCIARIO, DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m²
	VIARIO	41.785 m²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO	62.678 m²
	ESPACIOS LIBRES	41.785 m²
	TOTAL	146.249 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	13.928 m²
	RESTO	27.857 m²
	TOTAL	41.785 m²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,600 m²/m²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m²/m²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Residencial colectiva, bloque abierto

OBSERVACIONES

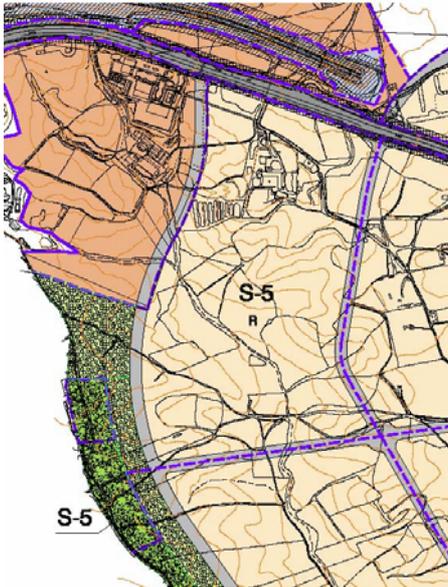
Se destinarán a viviendas sometidas a algún régimen de protección, al menos el 50% del aprovechamiento total
Se contemplará en la ordenación del sector el mantenimiento de las edificaciones existentes con uso residencia comunitaria, de la Orden de las Madres Capuchinas.
Se establece una reserva de suelo que pueda resolver la conexión con la M-616, ya sea mediante intersección o con enlace a distinto nivel. En cualquier caso dicha conexión deberá ser autorizada por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Asimismo el acceso a parcelas no podrá efectuarse desde la carretera, sino desde vías de servicio.

ESQUEMA (S/E)



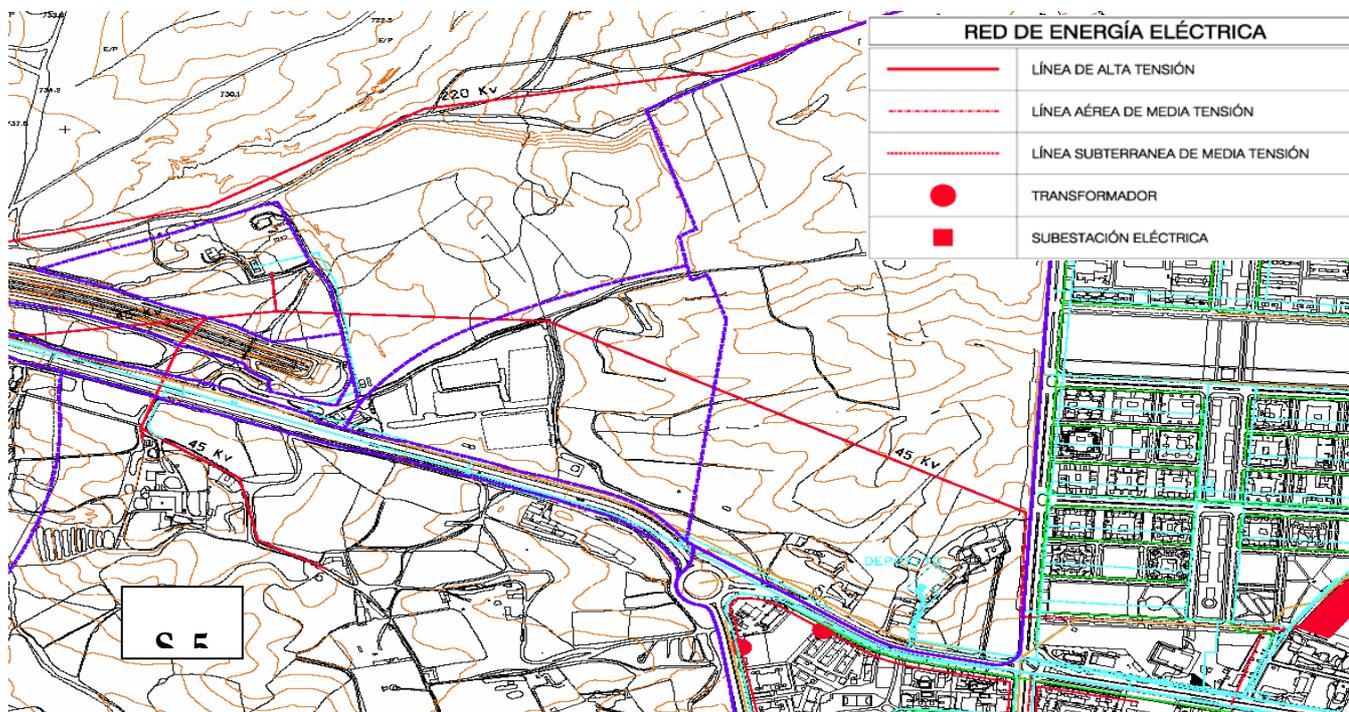
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

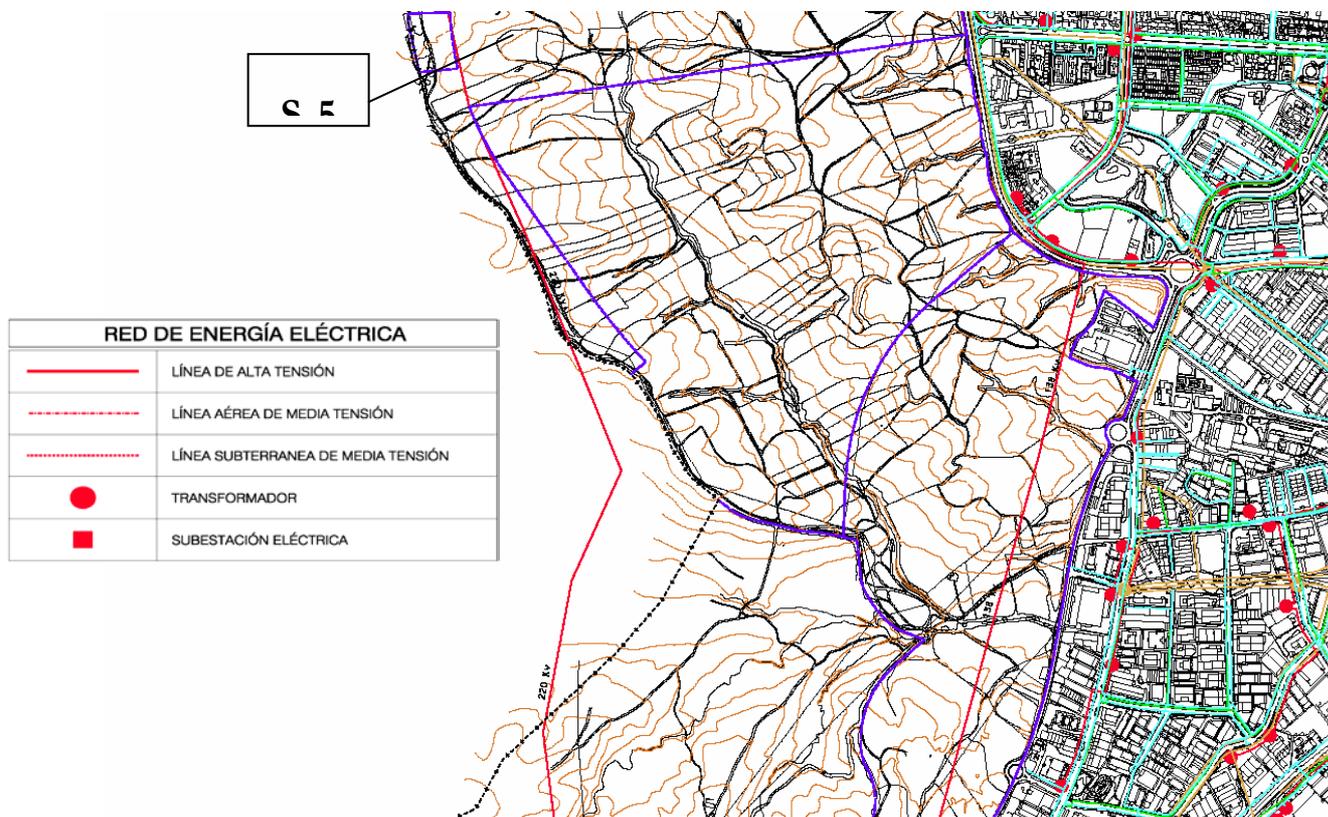
Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:



Se comprueba que la ubicación del sector S5 de suelo urbanizable sectorizado, es afectado en su límite este (al igual que el sector 4) por la línea de alta tensión de 220 kV. Debe tenerse en cuenta por tanto su influencia en el sector, aunque quede prácticamente fuera de él.

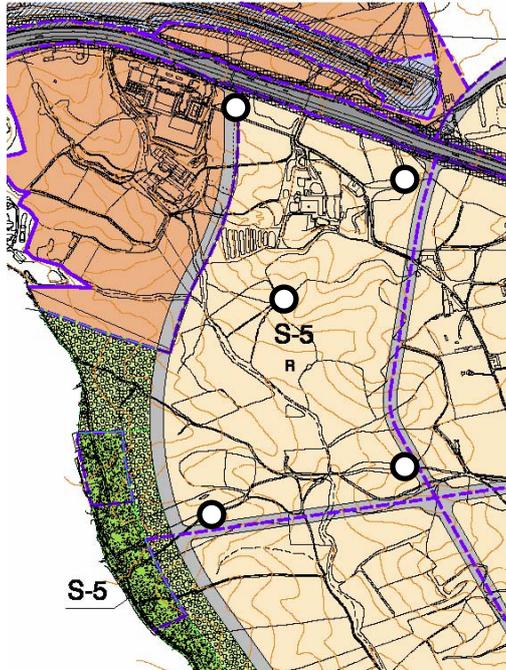
Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).





**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (línea de alta tensión 220 kV que tangencialmente afecta a la zona este del sector). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO		
DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-6
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/5
SUPERFICIE SECTOR		(*)589.550,50 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		589.550,50 m ²

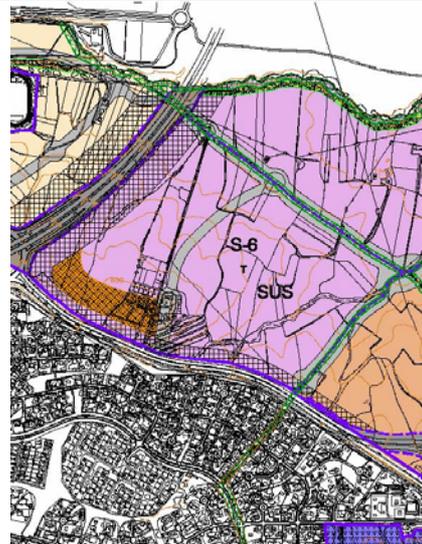
D E T E R M I N A C I O N E S P A R A E L P L A N E A M I E N T O		
SUPERFICIE EDIFICABLE		272.727,76 m ²
USO CARACTERÍSTICO		TERCIARIO
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		COMPENSACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m²
	VIARIO	54.546 m²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO	81.818 m²
	ESPACIOS LIBRES	54.546 m²
	TOTAL	190.910 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	18.182 m²
	RESTO	36.363 m²
	TOTAL	54.545 m²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,475 m²/m²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m²/m²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Terciario, bloque abierto

O B S E R V A C I O N E S

(*) La superficie susceptible de aprovechamiento del sector es de 574.163,70 m², al excluir la superficie de la vía pecuaria y la del arroyo Carboneros.

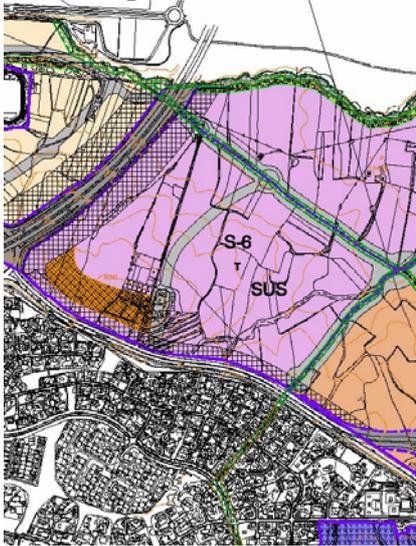
El Plan Parcial requerirá informe de la Dirección General competente en materia de vías pecuarias

E S Q U E M A (S/E)



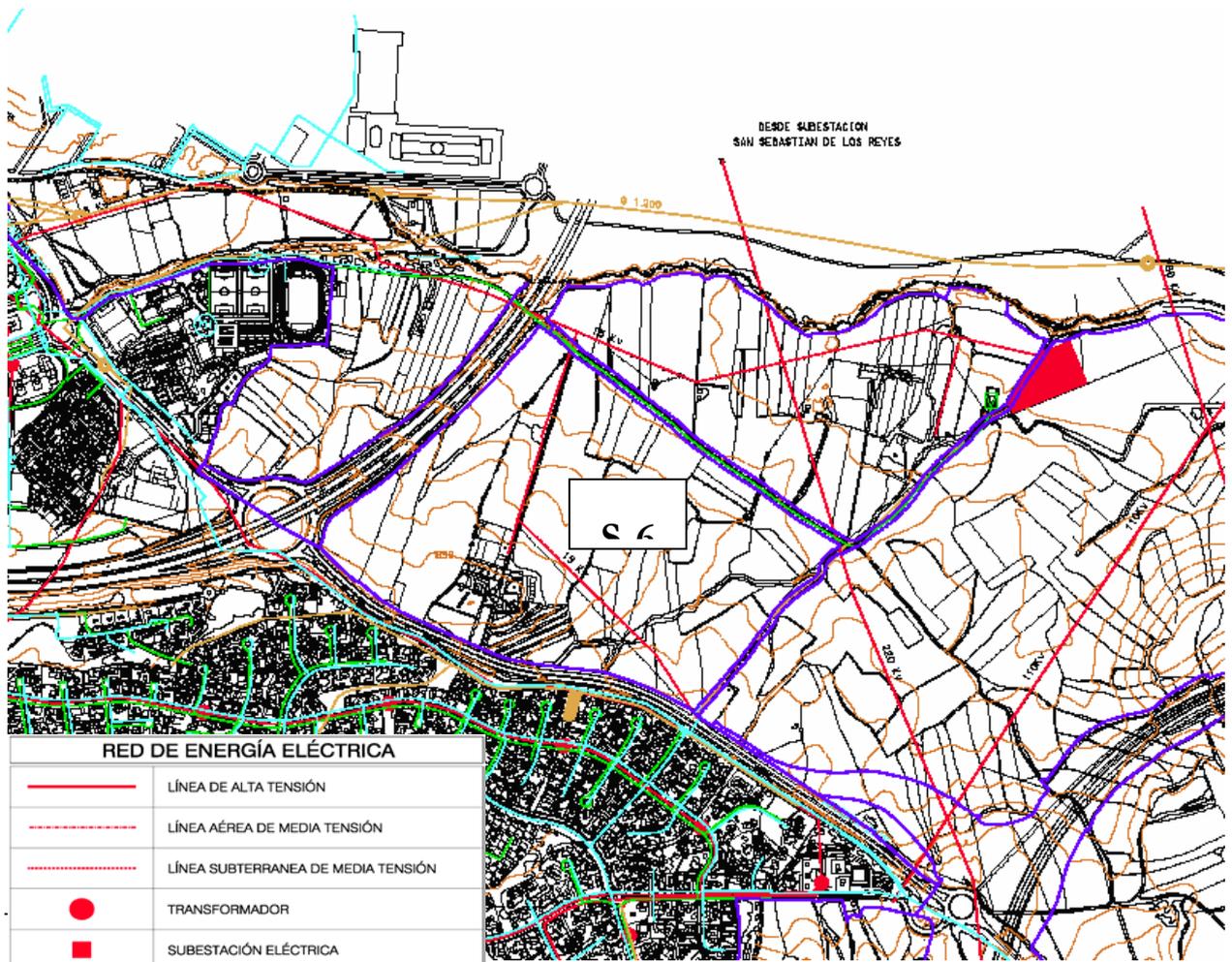
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:



Se comprueba que la ubicación del sector S6 de suelo urbanizable sectorizado, es afectado en su límite este (al igual que el sector 4) por la línea de media tensión de 15 kV. Debe tenerse en cuenta por tanto su influencia en el sector, ya que actualmente atraviesa diagonalmente el sector. También la línea de alta tensión de 220 kV pasa por el límite oeste del sector, y aunque la toque tangencialmente deberá tenerse en cuenta.

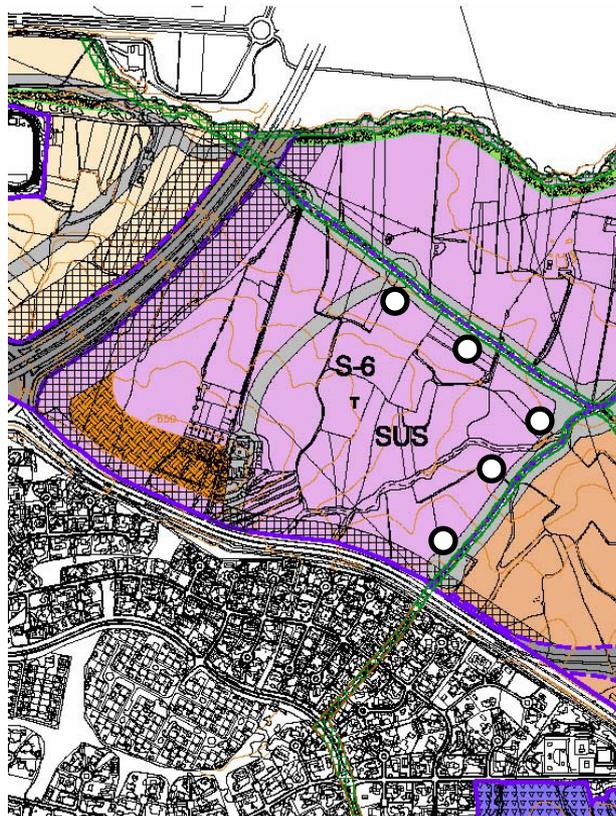
Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA

	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN
	TRANSFORMADOR
	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (línea de alta tensión 220 kV y línea de media tensión de 15 kV). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-7
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/5
SUPERFICIE SECTOR		(*) 422.526 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		422.526 m ²

DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO

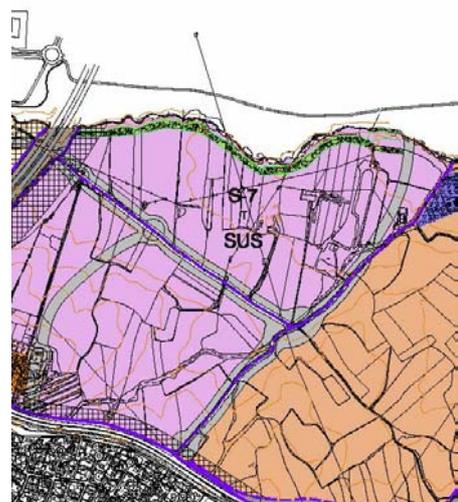
SUPERFICIE EDIFICABLE		183.172 m ²
USO CARACTERÍSTICO		TERCIARIO
USOS PROHIBIDOS		INDUSTRIAL
USOS PERMITIDOS		DOTACIONAL
SISTEMA DE ACTUACIÓN		EXPROPIACIÓN
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m²
	VIARIO	36.634 m²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO	54.952 m²
	ESPACIOS LIBRES	36.634 m²
	TOTAL	128.221 m²
	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	12.211 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	RESTO	24.423 m²
	TOTAL	36.634 m²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,475 m²/m²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m²/m²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Terciario, bloque abierto

OBSERVACIONES

(*) La superficie susceptible de aprovechamiento del sector es de 385.626 m², al excluir la superficie de las vías pecuarias existentes.

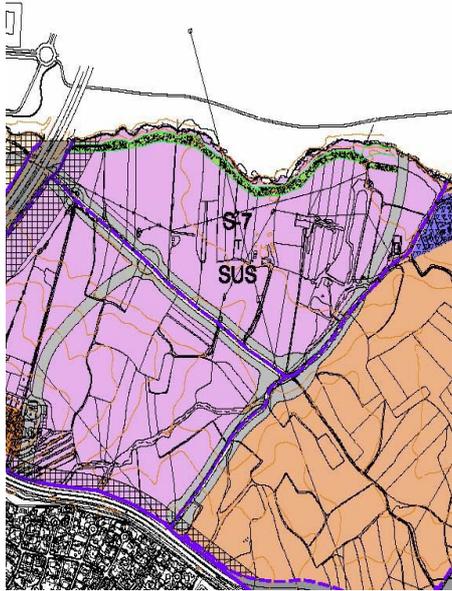
El Plan Parcial requerirá informe de la Dirección General competente en materia de vías pecuarias

ESQUEMA (S/E)



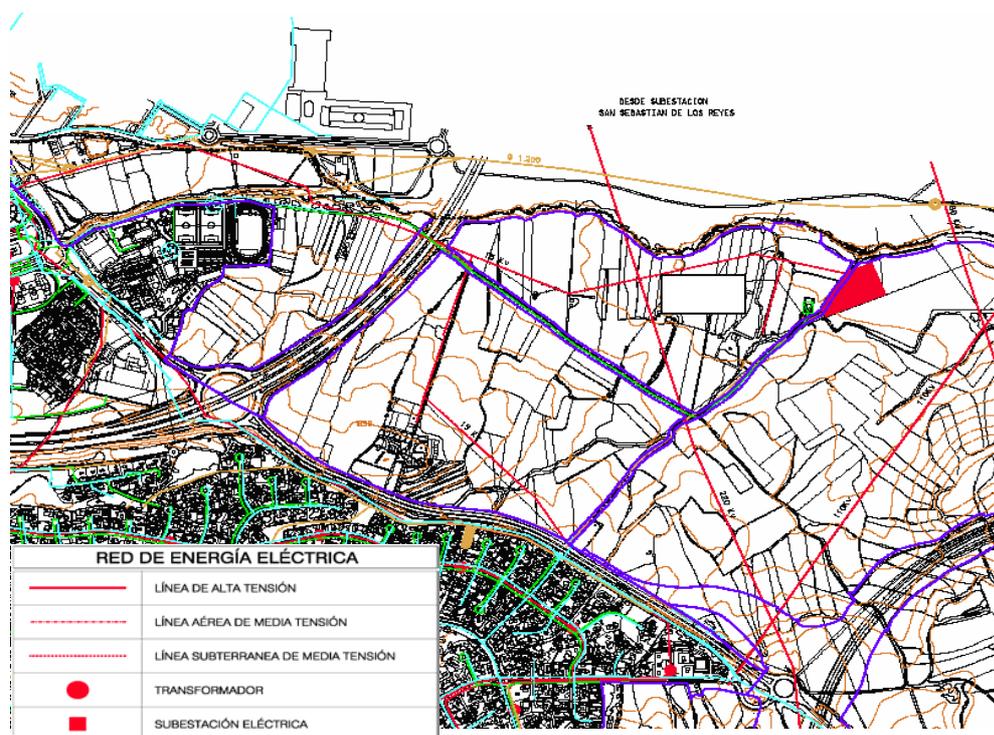
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas:



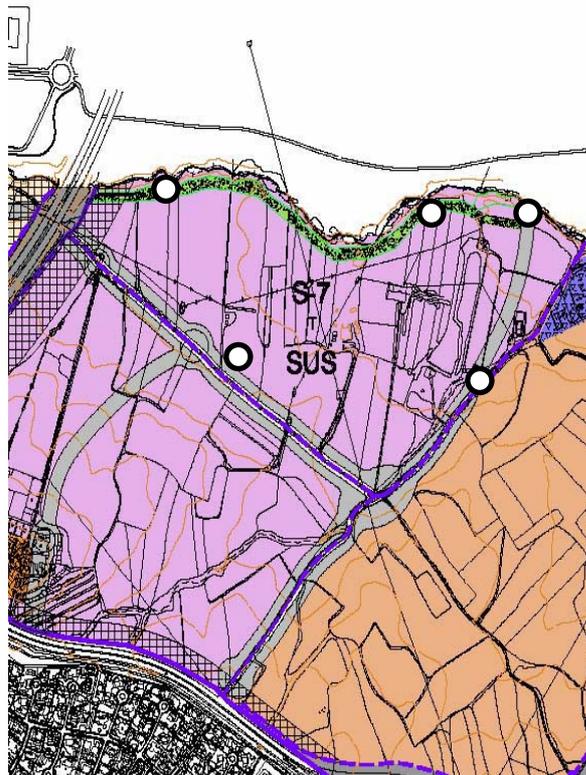
Se comprueba que la ubicación del sector S7 de suelo urbanizable sectorizado, es afectado en su límite este (al igual que el sector 4) por la línea de media tensión de 15 kV. Debe tenerse en cuenta por tanto su influencia en el sector, ya que actualmente ambas líneas atraviesan diagonalmente el sector, teniendo una destacada presencia en el mismo. Igualmente, fuera del sector y en el límite Noroeste del mismo se encuentra una subestación eléctrica de la que habrá que valorar su influencia.

Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (línea de alta tensión 220 kV y línea de media tensión de 15 kV). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE SECTORIZADO

DENOMINACIÓN	SECTOR N°:	S-8
LOCALIZACIÓN (N° PLANO Y HOJA)		2,3/5,8
SUPERFICIE SECTOR		96.204 m ²
SUPERFICIE TOTAL (SECTOR + SUELO EXTERIOR ADSCRITO)		96.204 m ²

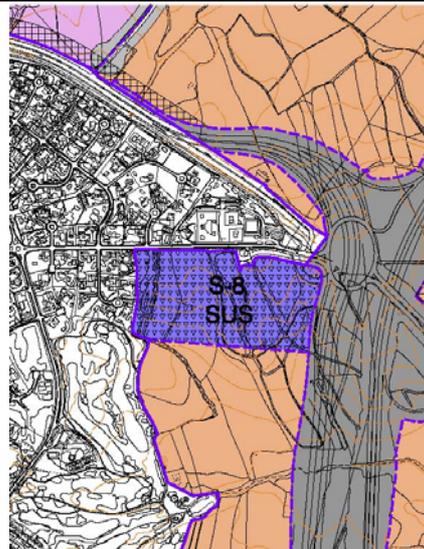
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO

SUPERFICIE EDIFICABLE		45.697 m ²
USO CARACTERÍSTICO	INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS Y TERCIARIO	
USOS PROHIBIDOS	INDUSTRIAL	
USOS PERMITIDOS	DOTACIONAL	
SISTEMA DE ACTUACIÓN	EXPROPIACIÓN	
REDES EXISTENTES, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO		0 m ²
	VIARIO	9.139 m ²
REDES GENERALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	EQUIPAMIENTO	13.709 m ²
	ESPACIOS LIBRES	9.139 m ²
	TOTAL	31.988 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES A OBTENER, INCLUIDAS A EFECTOS DE PLANEAMIENTO	VIVIENDA DE INTEGRACIÓN SOCIAL	3.046 m ²
	RESTO	6.093 m ²
	TOTAL	9.139 m ²
REDES GENERALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
REDES SUPRAMUNICIPALES EXTERIORES ADSCRITOS AL SECTOR		0 m ²
INTENSIDAD DEL USO CARACTERÍSTICO MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE TOTAL DEL SECTOR		0,475 m ² /m ²
APROVECHAMIENTO UNITARIO DE REPARTO		0,600000 m ² /m ²
TIPOLOGÍA EDIFICATORIA DEL USO PREDOMINANTE		Terciario, bloque abierto

OBSERVACIONES

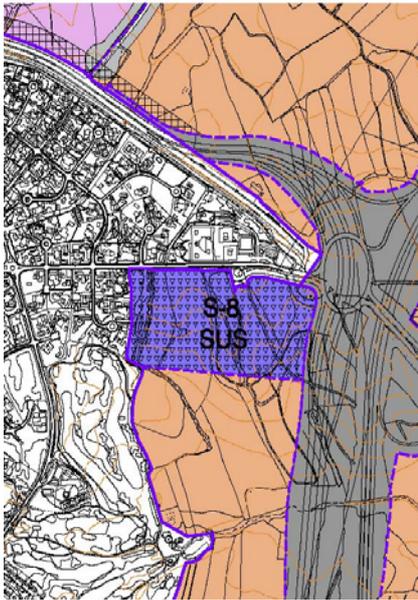
En este sentido, el Plan Parcial requerirá informe de la Dirección General competente en materia de vías pecuarias.

ESQUEMA (S/E)



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

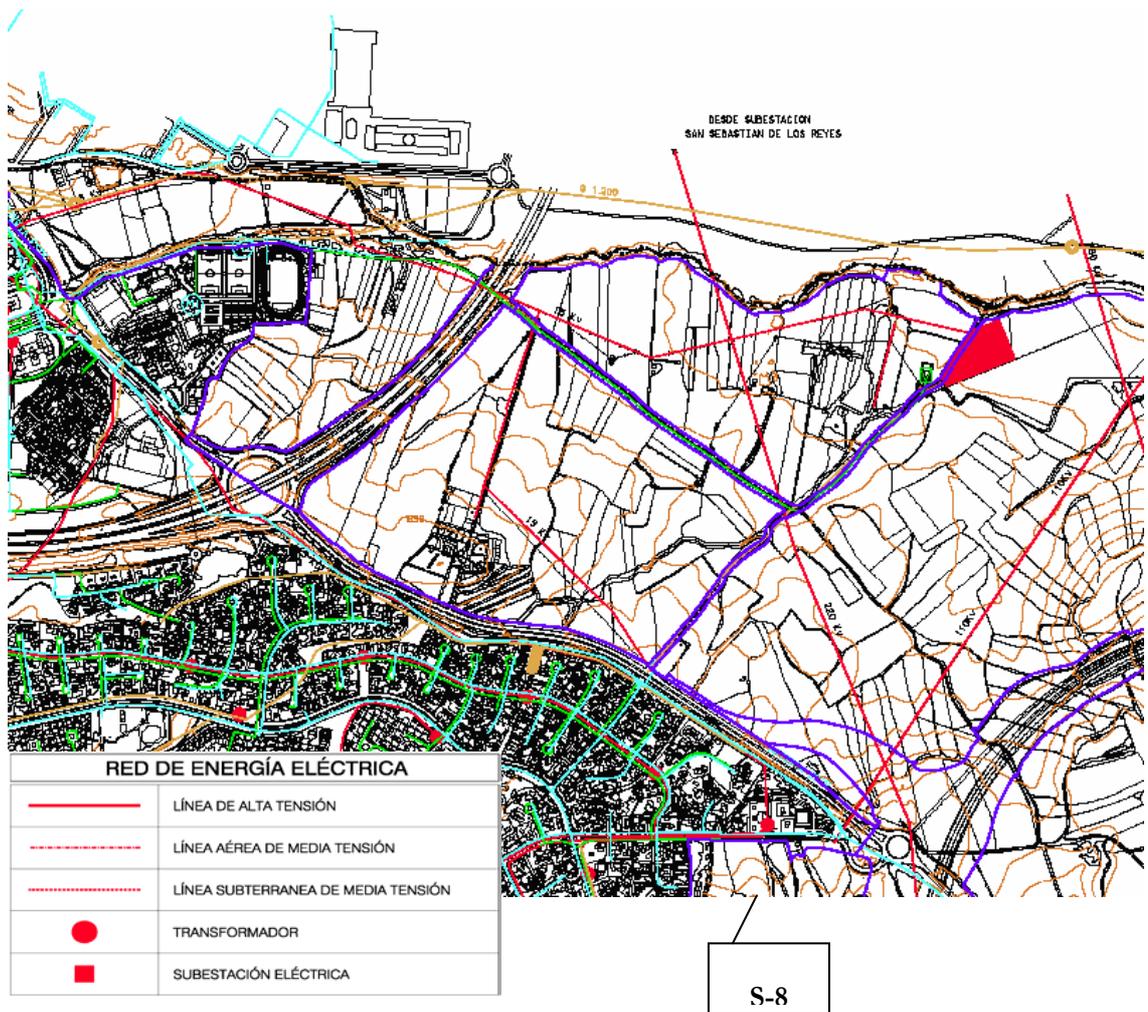
Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de



Alcobendas:

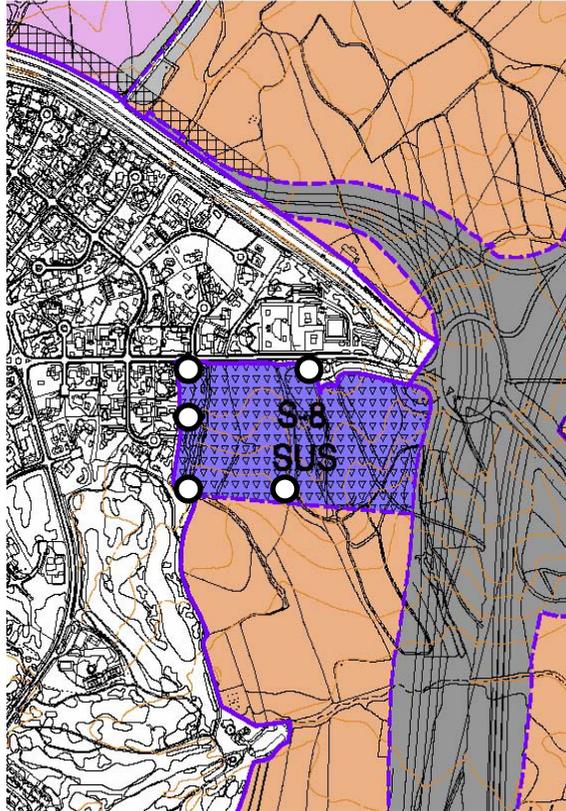
Se comprueba que la ubicación del sector S8 de suelo urbanizable sectorizado, no es afectado por ninguna infraestructura eléctrica.

Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).

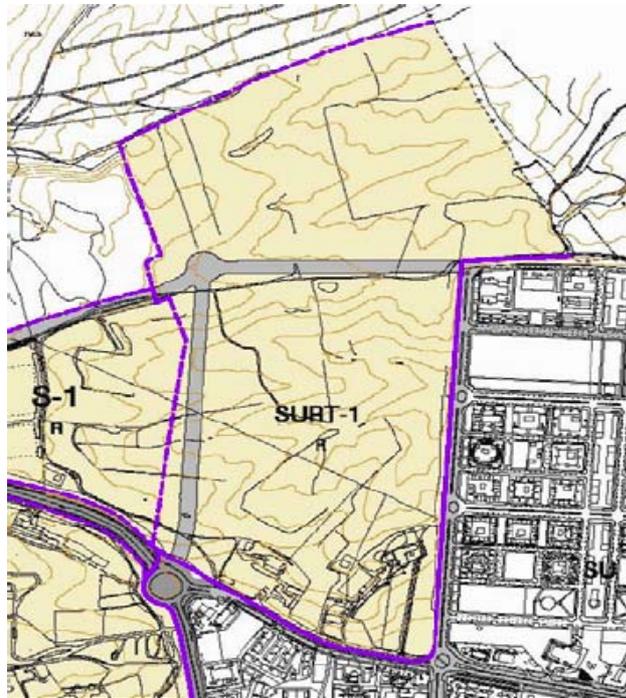


**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (en este caso no hay ninguna). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.

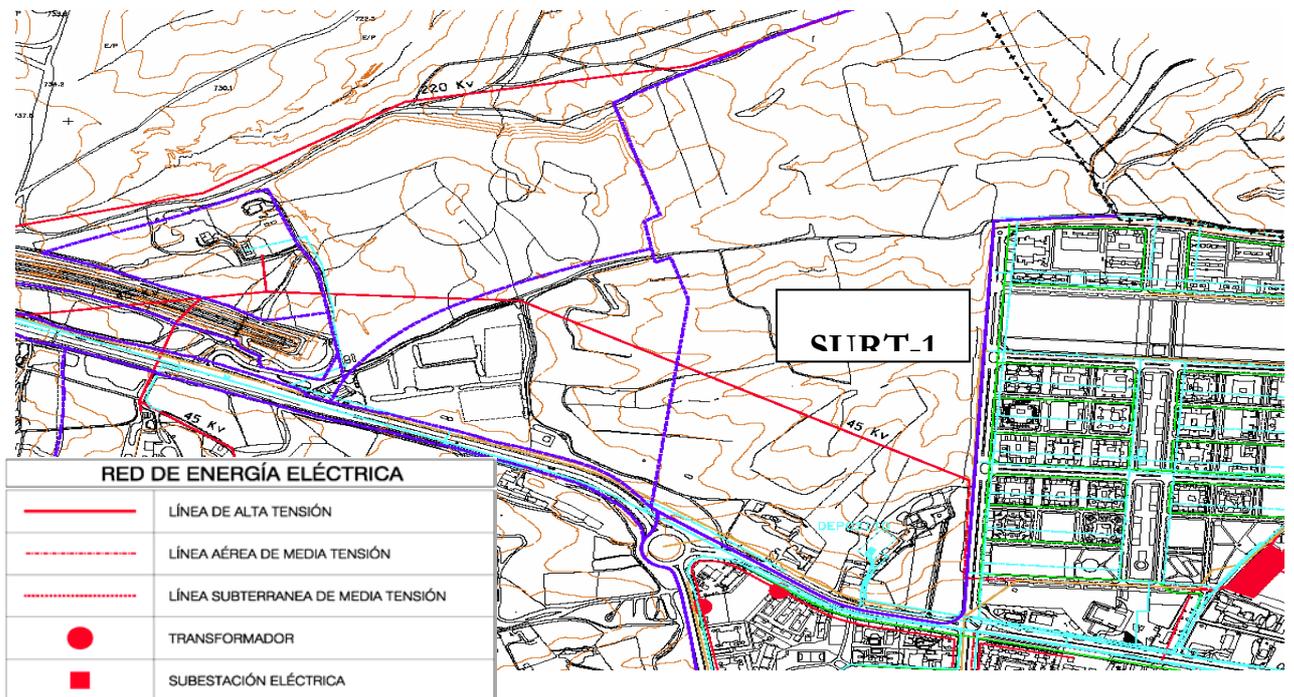


FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE EN RÉGIMEN TRANSITORIO	
Denominación: Fuentelucha	Sector SURT - 1
Localización (nº Plano y hoja)	3 – 2
Superficie del sector	650.000 m ²
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO	
Uso característico	Residencial
Usos prohibidos	Industrial
Usos permitidos	Terciario, Dotacional
Intensidad del uso característico medida sobre la superficie total del sector (2)	0,55 m ² /m ²
m² totales construidos ((1) x (2))	63.747,75 m²
Nº máximo de viviendas	4.000
Tipología edificatoria del uso predominante	Residencial colectiva, manzana cerrada o semicerrada

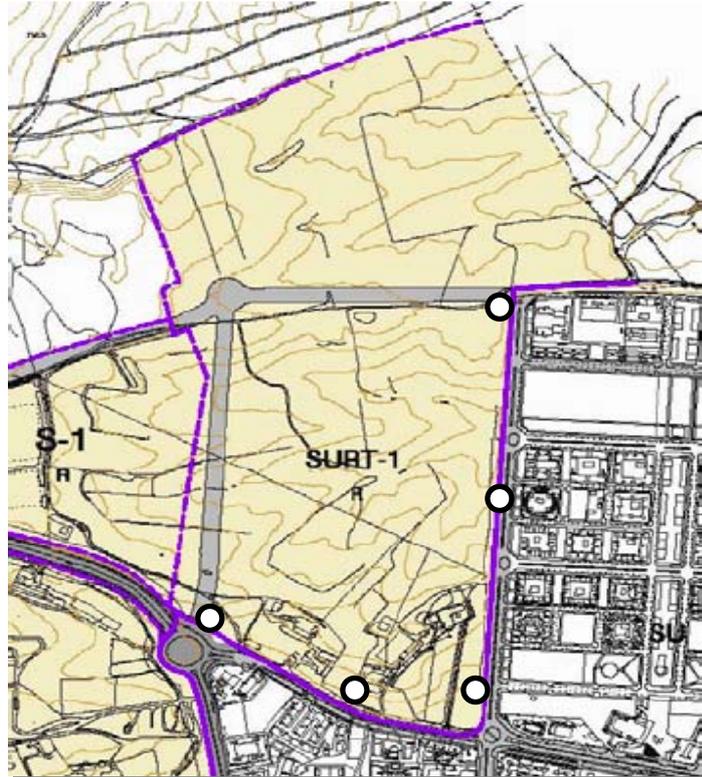


ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

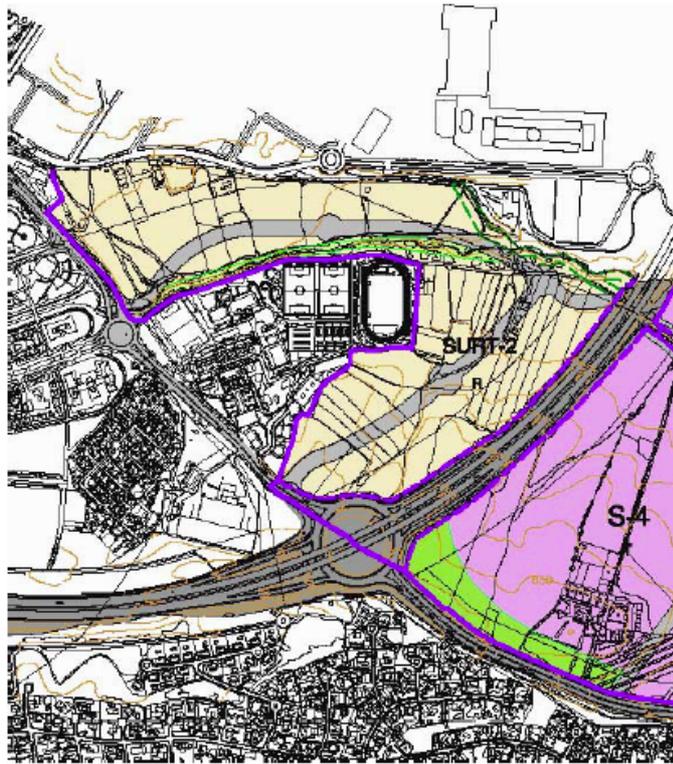
Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas. Se comprueba que la ubicación del sector SURT-1 de suelo urbanizable en régimen transitorio, es afectado por una línea eléctrica de 45 kV que atraviesa el ámbito por su zona central. Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (la línea de 45 kV). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.

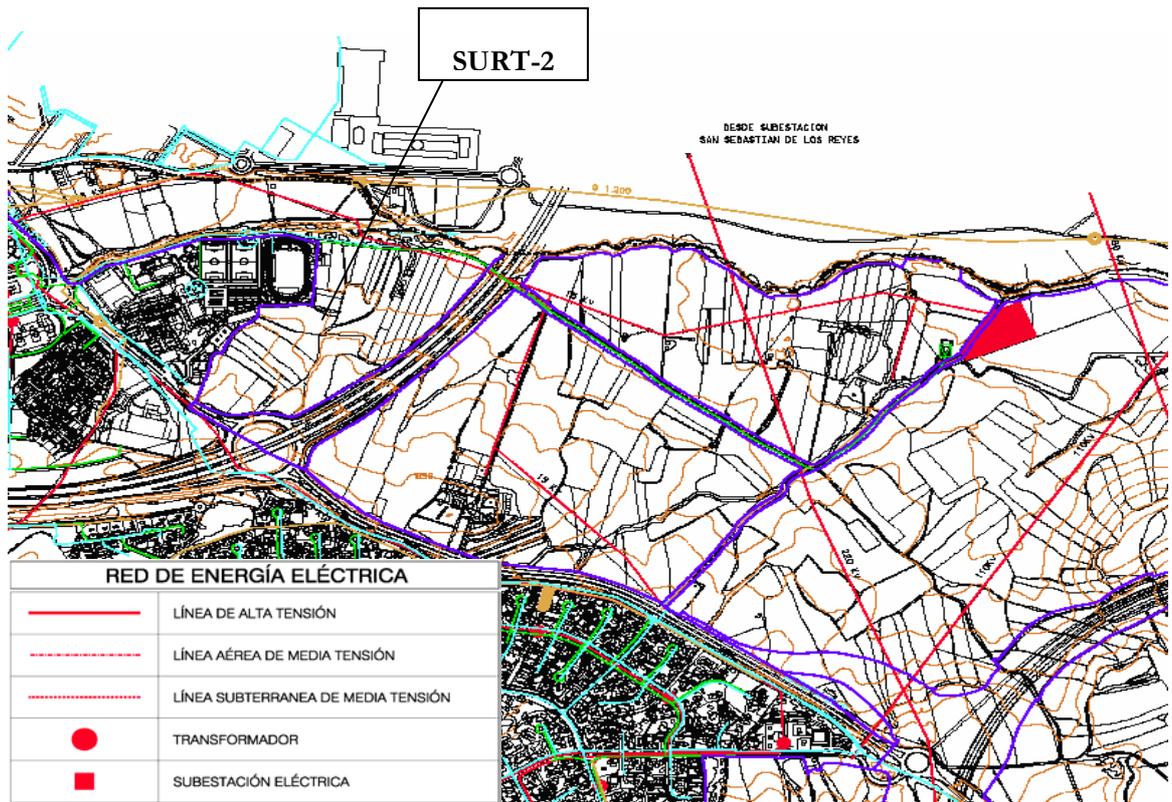


FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE EN RÉGIMEN TRANSITORIO	
Denominación: El Juncal	Sector SURT - 2
Localización (nº Plano y hoja)	3 – 5
Superficie del sector	412.000 m ²
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO	
Uso característico	Residencial
Usos prohibidos	Industrial
Usos permitidos	Terciario, Dotacional
Intensidad del uso característico medida sobre la superficie total del sector (2)	0,45 m ² /m ²
m² totales construidos ((1) x (2))	185.400 m²
Nº máximo de viviendas	1.300
Tipología edificatoria del uso predominante	Residencial colectiva, bloque abierto



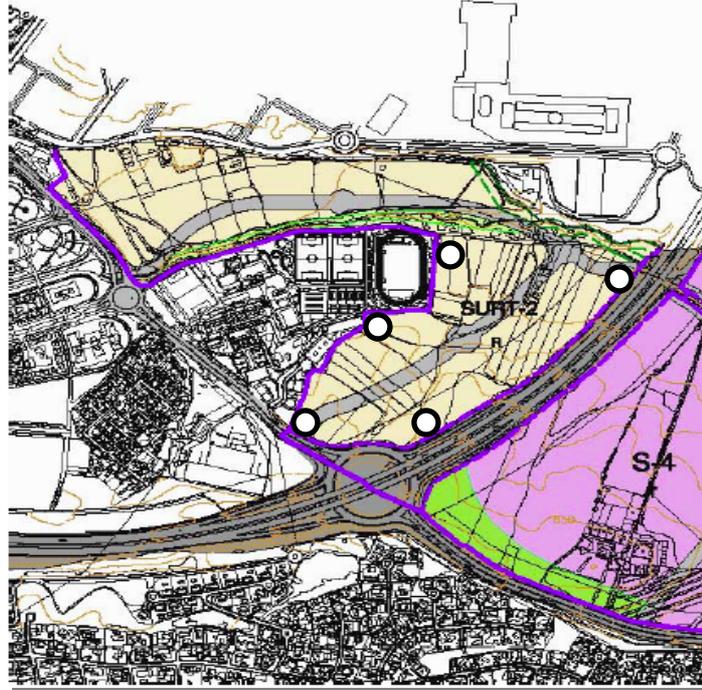
**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas. Se comprueba que la ubicación del sector SURT-2 de suelo urbanizable en régimen transitorio, es afectado por una línea eléctrica de 15 kV que atraviesa el ámbito por su extremo noroeste. Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de campo producidos por la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).

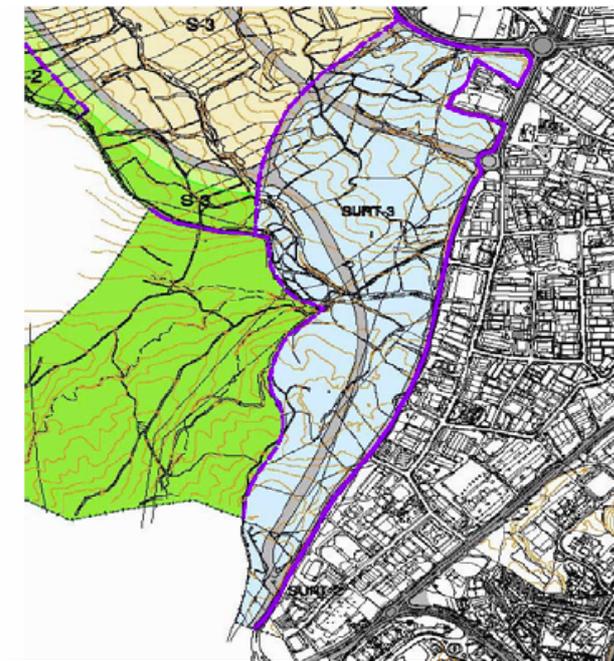


**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (la línea de 15 kV). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



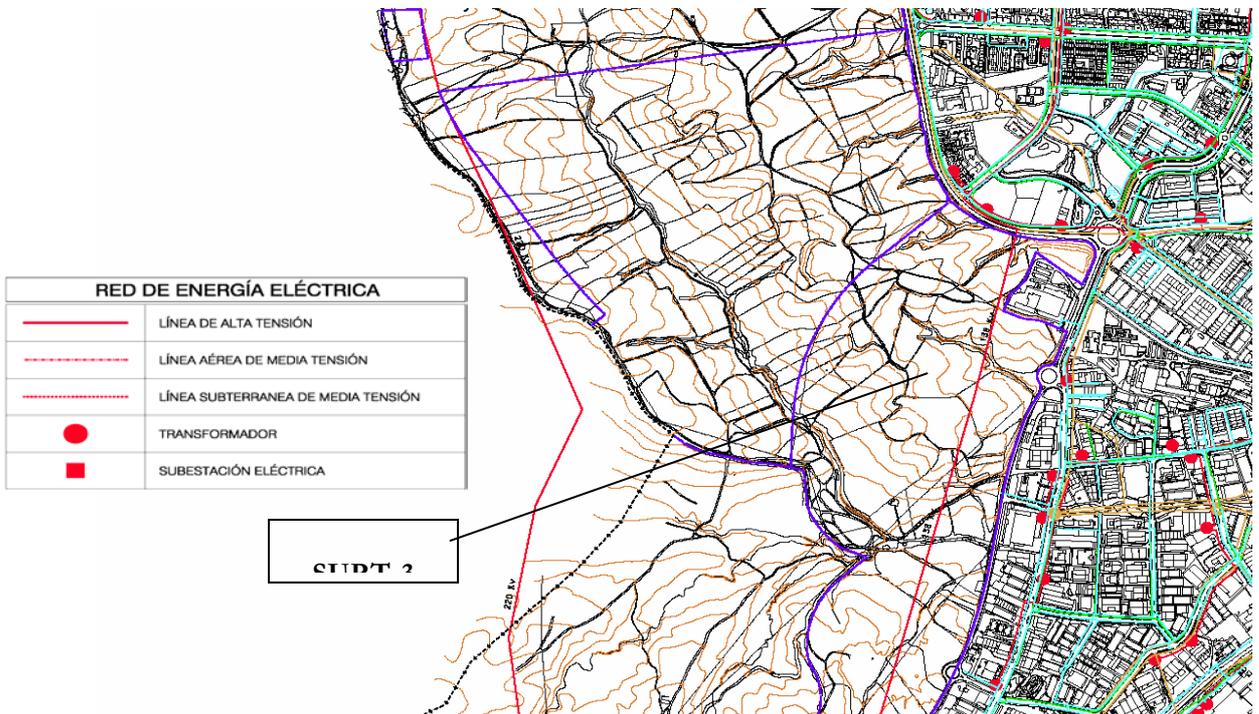
FICHA DE SECTOR DE SUELO URBANIZABLE EN RÉGIMEN TRANSITORIO	
Denominación: Valdelacasa	Sector SURT - 3
Localización (nº Plano y hoja)	3 – 6
Superficie del sector	862.000 m ²
DETERMINACIONES PARA EL PLANEAMIENTO	
Uso característico	Industrial
Usos prohibidos	Residencial
Usos permitidos	Terciario, Dotacional
Intensidad del uso característico medida sobre la superficie total del sector (2)	0,47 m ² /m ²
m² totales construidos ((1) x (2))	405.140 m²
Nº máximo de viviendas	-----
Tipología edificatoria del uso predominante	Industria en polígono



Se estudia la proximidad de otras infraestructuras eléctricas o de comunicaciones en las inmediaciones del sector. Para ello se consultan los planos de infraestructuras del municipio de Alcobendas. Se comprueba que la ubicación del sector SURT-3 de suelo urbanizable en régimen

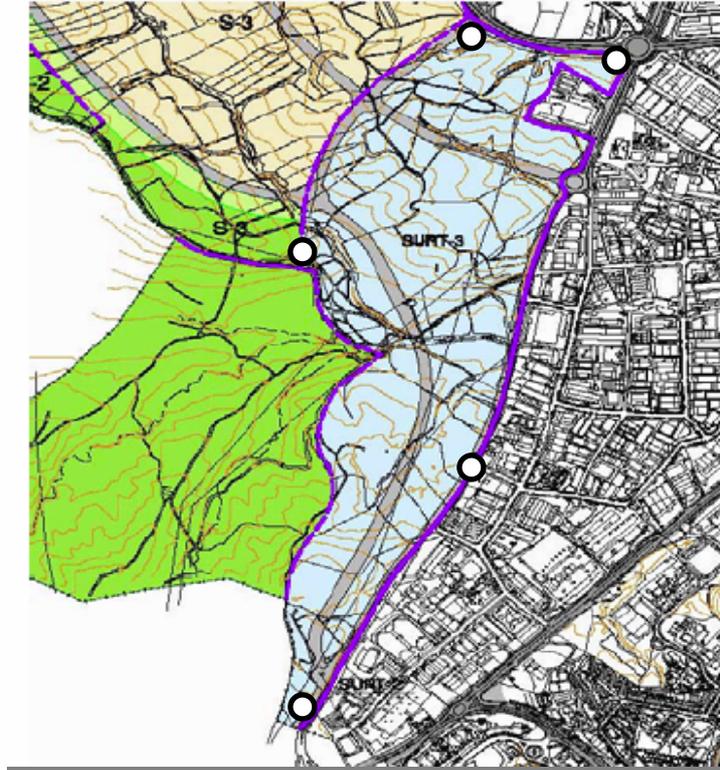
ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

transitorio, es afectado por una línea eléctrica de 138 kV que atraviesa el ámbito desde su extremo noroeste hasta el sureste. Se establecerán los puntos de medida alejados de la influencia de la línea, y después se considerarán, en el apartado correspondiente, los valores de campo producidos por la línea. La salida a campo verificará la viabilidad de las mediciones en los puntos escogidos (accesibilidad, barreras, etc.).



**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Al igual que en los casos anteriores, se buscan 5 puntos de medida en este sector uniformemente distribuidos (todos ellos periféricos) y sin coincidir con las infraestructuras eléctricas que pudieran existir en el sector (la línea de 138 kV). Se tratan estadísticamente los datos de cada sector obteniendo unos valores medios tanto de campo eléctrico como de campo magnético. A continuación se señalan en plano los puntos de medida aproximados para este sector.



6. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

En este apartado del estudio se resumen los resultados obtenidos en la fase de campo del trabajo. Además se añade un resumen con los puntos más importantes del convenio urbanístico de colaboración entre la Comunidad de Madrid, el Ilmo. Ayuntamiento de Alcobendas, (entre otros) e Iberdrola, que será formalizado en breve, para acometer las obras de soterramiento de ciertas líneas eléctricas aéreas en el municipio. Este apartado se añade para comprobar el grado de cumplimiento que va teniendo el Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.

6.1. RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

Los valores medidos en el trabajo de campo se han tomado de zonas representativas tanto de las nuevas zonas a urbanizar como del propio municipio de Alcobendas. Se pretende de esta manera comparar la situación o estado cero de los nuevos desarrollos con cómo podrían quedar una vez modificados y urbanizados. La comparación de estos valores entre sí y con los límites de exposición que establece la legislación en vigor dan el marco de referencia adecuado para la toma de decisión.

Para presentar los resultados deben tenerse en cuenta en primer lugar las especificaciones técnicas del aparato medidor TM-200:

Rangos de medición	B: 0 – 1999 μ T (campo magnético) E: 0 – 1999 V/m (campo eléctrico)
Rango de frecuencia	De 10 Hz hasta 1 kHz
Precisión	Entre 16 Hz y 200 Hz \approx 2% Menos de 16 Hz y más de 200 Hz \approx 10%

Como puede comprobarse la frecuencia más importante de medida que es la de los campos generados por la corriente alterna (50 Hz) está perfectamente cubierta por el medidor. Estas consideraciones deberán tenerse en cuenta a la hora de valorar los límites de exposición que son establecidos en el Real Decreto 1066/2003 en el Anexo II, tal y como se indica a continuación:

Tabla 9. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

GAMA DE FRECUENCIAS	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0 – 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 – 8 Hz	10.000	3,2 x 10 ⁴ /f ²	4 x 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	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

Dado que el rango de frecuencia del medidor utilizado se encuentra entre 10 Hz y 1 kHz, los niveles de referencia en los que se debe fijar el estudio (como criterio comparativo) son los coloreados en azul en la presente tabla. Así pues, y calculando los valores de los campos eléctricos y magnéticos en los límites de estos intervalos se tienen los siguientes resultados:

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,025 kHz	10000	160	200
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

Para garantizar que se cumplen los niveles de referencia se tomará la tesis más desfavorable, que es la de suponer que todos los campos medidos, tanto eléctricos como magnéticos, tienen una frecuencia de 1 kHz. En este caso estaríamos en el límite más restrictivo de los recogidos en el cuadro de niveles de referencia.

De todas formas conviene aclarar que la suposición anterior no puede ser completamente cierta, ya que la mayoría de los campos existentes en el medio proceden de elementos e infraestructuras eléctricas urbanas que se alimentan de corriente alterna a 50 Hz, existiendo la influencia también de los campos generados por la telefonía móvil y los sistemas wireless (frecuencias de las comunicaciones), cuya contribución no es tan intensa como la de los

campos generados por los sistemas eléctricos. Además conviene recordar como se deben usar los 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. 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 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.

Para obtener el valor de H (A/m), obtenido el valor de B(μ T) con el medidor se utilizará la expresión física conocida:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$$

siendo μ_0 la permeabilidad magnética del aire o del espacio libre. Una vez hechas las explicaciones oportunas conviene exponer y comparar los resultados de campo.

6.1.1. Análisis de las medidas realizadas en las zonas urbanizadas del municipio de Alcobendas.

Los puntos de medida se han escogido de forma que la muestra sea lo suficientemente significativa como para poder utilizar el valor medio de la misma en cualquier punto urbanizado de Alcobendas con un error asumible.

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

Se han extraído de la muestra los puntos situados alrededor de la subestación eléctrica de transformación, ya que esta zona tiene valores singulares más elevados que sólo se dan en esa ubicación o debajo de tendidos eléctricos de alta o media tensión. Estos valores serán tratados en otro apartado. Los valores obtenidos se compararán con los niveles de referencia.

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μT)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,025 kHz	10000	160	200
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

Así pues, la muestra escogida da los siguientes valores:

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
 REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

PUNTO DE MEDIDA	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
1	0,2	0,19	0,26	0,379077828	0,027	0,032	0,052	0,0667608	0,07199453
2	0,15	0,2	0,25	0,353553391	0,021	0,019	0,009	0,0297153	0,02896664
3	0,15	0,11	0,22	0,288097206	0,07	0,008	0,05	0,0863944	0,0796888
4	0,15	0,16	0,22	0,310644491	0,14	0,045	0,268	0,3056943	0,32548839
5	0,13	0,17	0,18	0,279642629	0,058	0,036	0,014	0,069685	0,06340282
6	0,3	0,13	0,18	0,373229152	0,016	0,021	0,01	0,0282312	0,02910839
7	0,17	0,18	0,24	0,344818793	0,03	0,025	0,024	0,0458367	0,04572763
8	0,18	0,09	0,27	0,336749165	0,04	0,03	0,059	0,0773369	0,08100502
9	0,25	0,17	0,4	0,501398045	0,04	0,08	0,014	0,0905318	0,096784
10	0,2	0,17	0,22	0,342490876	0,011	0,008	0,009	0,0163095	0,01613285
11	0,17	0,22	0,23	0,360832371	0,009	0,011	0,023	0,027037	0,02957243
12	0,24	0,2	0,22	0,382099463	0,084	0,123	0,015	0,1496997	0,15464259
VALOR MEDIO	0,190833	0,1658333	0,2408333	0,354386118	0,0455	0,0365	0,0455833	0,0827694	0,08520951

Como puede comprobarse, ni en el peor de los casos los valores medidos llegan al 20% de los niveles de referencia estipulados como más restrictivos (1 kHz), luego puede decirse que se están respetando los niveles de referencia actualmente en las zonas urbanizadas del municipio de Alcobendas; aunque evidentemente puede haber zonas o puntos específicos (en los que no se ha medido) donde puntualmente se den valores más elevados que la media aquí mostrada.

6.1.2. Análisis de las medidas realizadas en las zonas verdes que se encuentran dentro del espacio urbanizado del municipio de Alcobendas

Los puntos de medida se han escogido de forma que la muestra sea lo suficientemente significativa como para poder utilizar el valor medio de la misma en cualquier punto de zona verde incluido en el ámbito urbanizado de Alcobendas con un error asumible.

Se han extraído de la muestra los puntos situados alrededor de la subestación eléctrica de transformación, ya que esta zona tiene valores singulares más elevados que sólo se dan en esa ubicación o debajo de tendidos eléctricos de alta o media tensión. Estos valores serán tratados en otro apartado. Los valores obtenidos se compararán con los niveles de referencia.

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,025 kHz	10000	160	200
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

Así pues, la muestra escogida da los siguientes valores:

PUNTO DE MEDIDA	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
1	0,21	0,23	0,3	0,432434966	0,007	0,01	0,006	0,0136015	0,01425748
2	0,22	0,3	0,29	0,471699057	0,009	0,009	0,011	0,0168226	0,01752512
3	0,2	0,21	0,23	0,37013511	0,011	0,011	0,008	0,0174929	0,01763319
4	0,3	0,27	0,53	0,666183158	0,007	0,006	0,005	0,0104881	0,0104061
5	0,29	0,23	0,54	0,654675492	0,008	0,009	0,008	0,0144568	0,01497241
6	0,19	0,21	0,23	0,364828727	0,007	0,009	0,004	0,012083	0,0124049
VALOR MEDIO	0,235	0,2416667	0,3533333	0,493326085	0,0081667	0,009	0,007	0,0141575	0,0145332

Como puede comprobarse y al igual que en caso anterior, ni en el peor de los casos los valores medidos llegan al 20% de los niveles de referencia estipulados como más restrictivos (1 kHz), luego puede decirse que se están respetando los niveles de referencia actualmente en las zonas verdes incluidas en espacios urbanizados del municipio de Alcobendas; aunque evidentemente puede haber zonas o puntos específicos (en los que no se ha medido) donde puntualmente se den valores más elevados que la media aquí mostrada.

6.1.3. Análisis de las medidas realizadas en las inmediaciones de la subestación eléctrica de transformación incluida en el núcleo urbano del municipio de Alcobendas.

Se han tomado los puntos situados alrededor de la subestación eléctrica de transformación, ya que esta zona tiene valores singulares más elevados que sólo se dan en esa ubicación o debajo de tendidos eléctricos de alta o media tensión. Estos valores son tratados en este apartado. Los valores obtenidos se compararán con los niveles de referencia.

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,025 kHz	10000	160	200
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

Así pues, la muestra escogida da los siguientes valores:

PUNTO DE MEDIDA	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
1 (40 m)	0,25	0,31	0,54	0,670969448	0,069	0,063	0,03	0,0981326	0,09582066
2 (20 m)	0,6	0,56	1,14	1,404706375	0,25	0,215	0,24	0,4078296	0,41361151
3 (10 m)	1,95	1,47	3,12	3,962044927	0,116	0,146	0,045	0,1918254	0,19514823
VALOR MEDIO	0,933333	0,78	1,6	2,012573583	0,145	0,1413333	0,105	0,2325959	0,23486013

Como puede comprobarse y a diferencia de los casos anteriores sube ligeramente el valor medio de ambos campos, pero ni en el peor de los casos los valores medidos llegan al 20% de los niveles de referencia estipulados como más restrictivos (1 kHz), luego se puede decirse que se están respetando los niveles de referencia actualmente en las inmediaciones de la subestación eléctrica de transformación ubicada en el espacio urbano del municipio de Alcobendas; aunque evidentemente puede haber zonas o puntos específicos (en los que no se ha medido) donde puntualmente se den valores más elevados que la media aquí mostrada (sobre todo en el interior de la subestación).

6.1.4. Análisis de las medidas realizadas en los ámbitos a desarrollar incluidos en el PGOU del municipio de Alcobendas

Los puntos de medida se han escogido de forma que la muestra sea lo suficientemente significativa como para poder utilizar el valor medio de la misma en cualquier punto de los ámbitos a desarrollar con un error asumible. Para resumir, en este apartado se aportarán los valores medios de cada ámbito en cuestión, habiendo sido desarrollado en la metodología el procedimiento de toma de valores en cada sector.

Se han extraído de la muestra los puntos situados alrededor de las líneas aéreas eléctricas de alta y media tensión, ya que en las inmediaciones de estas infraestructuras eléctricas se tienen valores singulares más elevados que sólo se dan en esas zonas. Estos valores serán tratados en otro apartado. Los valores obtenidos se compararán con los niveles de referencia.

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,025 kHz	10000	160	200
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

Se expondrán los valores medios de campo obtenidos en el siguiente orden:

- Sectores de suelo urbanizable sectorizado (S-1 al S-8).
- Sectores de suelo urbanizable en régimen transitorio (SURT1 al SURT3)

Las demás actuaciones del planeamiento remitido se hacen más enclavadas aún si cabe en el entorno ya edificado del municipio de Alcobendas, y a todos los efectos se tomarán como valores medios los estimados para el entorno urbanizado del municipio expuestos antes, que como ya se ha demostrado son muy inferiores a los niveles de referencia.

Así pues, la muestra recogida en cada sector da los siguientes valores medios:

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
 REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS

SUS S-1	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
VALOR MEDIO	0,3	0,23	0,45	0,58770741	0,014	0,008	0,057	0,0592368	0,06572733

SUS S-2	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
VALOR MEDIO	0,5	0,774	1,222	1,533703425	0,0075	0,0188	0,0082	0,0243727	0,02635066

SUS S-3	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
VALOR MEDIO	0,38	0,7	0,96	1,24739729	0,008	0,07	0,009	0,0710282	0,07968085

SUS S-4	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
VALOR MEDIO	1,8	3,03	4,4	5,6374551	0,025	0,019	0,035	0,0470213	0,04903548

SUS S-5	E_x (V/m)	E_y (V/m)	E_z (V/m)	E_T (V/m)	B_x (μ T)	B_y (μ T)	B_z (μ T)	B_T (μ T)	H_T (A/m)
VALOR MEDIO	0,5	0,75	1,01	1,353735572	0,007	0,001	0,007	0,0099499	0,00971367

SUS S-6	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,41	0,52	0,81	1,046231332	0,008	0,007	0,008	0,0133041	0,01355155

SUS S-7	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,51	0,85	1,52	1,814662503	0,008	0,009	0,008	0,0144568	0,01497241

SUS S-8	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,7	1,05	1,81	2,206490426	0,0065	0,007	0,009	0,0131244	0,01383481

Como puede comprobarse y al igual que en caso anterior, ni en el peor de los casos los valores medidos llegan al 20% de los niveles de referencia estipulados como más restrictivos (1 kHz), luego puede decirse que se están respetando los niveles de referencia actualmente en los ámbitos a desarrollar como suelo urbanizable sectorizado incluidos en el PGOU de Alcobendas; aunque evidentemente puede haber zonas o puntos específicos (en los que no se ha medido) donde puntualmente se den valores más elevados que la media aquí mostrada.

SURT 1	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,3	0,23	0,5	0,626817358	0,008	0,009	0,01	0,0156525	0,0164246

SURT 2	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,33	0,27	0,45	0,61991935	0,008	0,007	0,009	0,0139284	0,01432394

SURT 3	E _x (V/m)	E _y (V/m)	E _z (V/m)	E _T (V/m)	B _x (μT)	B _y (μT)	B _z (μT)	B _T (μT)	H _T (A/m)
VALOR MEDIO	0,3	0,2	0,48	0,600333241	0,006	0,006	0,007	0,011	0,01142152

Como puede comprobarse y al igual que en caso anterior, ni en el peor de los casos los valores medidos llegan al 20% de los niveles de referencia estipulados como más restrictivos (1 kHz), luego se puede decirse que se están respetando los niveles de referencia actualmente en los ámbitos a desarrollar como suelo urbanizable en régimen transitorio incluidos en el PGOU de Alcobendas; aunque evidentemente puede haber zonas o puntos específicos (en los que no se ha medido) donde puntualmente se den valores más elevados que la media aquí mostrada.

6.1.5. Análisis de los valores de campo eléctrico y magnético existentes en las inmediaciones de las líneas aéreas de alta y media tensión⁷.

Los valores de este apartado no se han obtenido midiendo, ya que existen datos proporcionados por Red Eléctrica de España donde se indican los valores medios alcanzados en estas líneas, a la postre conductoras de corriente alterna a una frecuencia de 50 Hz. Estos datos se toman sobre líneas aéreas de alta tensión (400 kV) que es el caso más desfavorable, en el resto de los casos (líneas de tensiones más bajas: 220 kV, etc.) los valores de campo obtenidos serán ostensiblemente menores.

GAMA DE FRECUENCIAS	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)
10 Hz	10.000	400	500
25 Hz	10000	160	200
0,05 kHz	5000	80	100
0,8 kHz	312,5	5	6,25
1 kHz	250	5	6,25

En este caso los valores límites de niveles de referencia corresponden a la fila coloreada en naranja de la tabla adjunta. Tal y como expone el informe de Red Eléctrica de España, el sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja (50 Hz, ó 60 Hz en países como Estados Unidos, lo que se denomina 'frecuencia industrial'), dentro de la región de las radiaciones no ionizantes del espectro, por lo que transmiten muy poca energía. Además, a frecuencias tan bajas el campo electromagnético no puede desplazarse (como lo hacen, por ejemplo, las ondas de radio), lo que implica que desaparece a corta distancia de la fuente que lo genera.

Al igual que cualquier otro equipo o aparato que funcione con energía eléctrica, las líneas eléctricas de alta tensión generan un campo eléctrico y magnético de frecuencia industrial. Su intensidad dependerá de diversos factores, como el voltaje, potencia eléctrica que transporta, geometría del apoyo, número de conductores, distancia de los cables al suelo, etc.

Las mediciones realizadas en líneas españolas de 400 kV proporcionan valores máximos (en el punto más cercano a los conductores) que oscilan entre 3-5 kV/m para el campo eléctrico y 1-20 μ T para el campo magnético. Además, la intensidad de campo disminuye muy rápidamente a medida que aumenta la distancia a los conductores: a 30 metros de distancia el nivel de campo

⁷ FUENTE: Red Eléctrica de España.

eléctrico y magnético oscila entre 0,2-2,0 kV/m y 0,1-3,0 μ T, siendo habitualmente inferior a 0,2 kV/m y 0,3 μ T a partir de 100 metros de distancia.

Como ya se ha indicado, la legislación nacional en vigor recomienda como restricción básica para el público limitar la densidad de corriente eléctrica inducida a 2 mA/m² en sitios donde pueda permanecer bastante tiempo, y calcula de forma teórica unos niveles de referencia para el campo electromagnético de 50 Hz: 5 kV/m para el campo eléctrico y 100 μ T para el campo magnético (incluidos en la tabla anterior). **Si el nivel de campo medido no supera este nivel de referencia se cumple la restricción básica y, por lo tanto, la Recomendación; sin embargo, si se supera el nivel de referencia entonces se debe evaluar si se supera la restricción básica.**

Según los datos proporcionados por Red Eléctrica de España las líneas eléctricas aéreas de alta tensión no generan un campo magnético superior a 100 μ T, incluso en el punto más cercano a los conductores. Sin embargo, en circunstancias muy determinadas sí puede haber un campo eléctrico por encima de 5 kV/m justo debajo de los conductores de algunas líneas de 400 kV; sin embargo, el campo eléctrico es detenido por paredes y techos, por lo que sería prácticamente nulo en el interior de un inmueble. Los valores en líneas de 220 kV, 45 kV, etc. serían ostensiblemente menores y cumplirían aún más el estar por debajo de los niveles de exposición.

También conviene mencionar, ya que se ha hablado de la subestación eléctrica inserta en el núcleo urbano, que en el interior del 'parque' de una subestación de 400 kV, es decir la zona donde está toda la aparamenta eléctrica y el paso está restringido únicamente a trabajadores, los niveles de campo eléctrico y magnético pueden llegar a ser algo superiores a los generados por las líneas. Sin embargo, disminuyen aún más rápidamente al alejarnos, por lo que fuera de la subestación, en sitios accesibles al público, serán incluso inferiores a los que generan las propias líneas eléctricas de entrada y salida.

Por lo tanto, se puede afirmar que las instalaciones eléctricas de alta tensión cumplen la recomendación europea, pues el público no estará expuesto a campos electromagnéticos por encima de los recomendados en sitios donde pueda permanecer mucho tiempo. Las escasas situaciones puntuales donde se pueda exceder el valor recomendado de campo eléctrico se deberán ir corrigiendo en el futuro y para asegurarlo, aún en condiciones menos intensas (líneas de 220 kV, etc.) se especifican en el convenio urbanístico de colaboración entre la Comunidad de Madrid, el Ilmo. Ayuntamiento de Alcobendas (entre otros) e Iberdrola. El contenido y alcance de estos convenios se resumen en el siguiente punto.

6.2. RESULTADO DE LOS CONVENIOS DEL AYUNTAMIENTO DE ALCOBENDAS CON LA EMPRESA ELÉCTRICA IBERDROLA

Se añade a continuación un resumen con los puntos más importantes del convenio urbanístico de colaboración entre la Comunidad de Madrid, el Ilmo. Ayuntamiento de Alcobendas (entre otros) e Iberdrola (en fase de formalización) para dar cumplimiento en el Plan General de Ordenación Urbana de Alcobendas al contenido del Decreto 131/1997. De este modo se acometerán las siguientes acciones:

- El Plan General debe contemplar el soterramiento de las líneas de transporte afectadas por las nuevas actuaciones, o su desvío a un pasillo eléctrico definido por la Comunidad de Madrid.
- El incremento de la demanda eléctrica requiere la construcción de una nueva subestación, para lo que se precisa la reserva de un terreno de aproximadamente 3.000 m² en la actuación denominada “SUNS Comillas”, de forma sensiblemente cuadrada y sin desniveles, acceso desde vía pública con ancho suficiente y con calificación de infraestructura eléctrica.
- Se requiere un aumento de potencia en las subestaciones existentes en Arroyo de la Vega y Alcobendas.
- Se requiere la previsión de construcción de 4 centros de reparto, con una superficie de 40 m² cada uno, y cuya ubicación será función del desarrollo de cada actuación urbanística.
- Las líneas de alimentación desde las subestaciones de Iberdrola hasta las diferentes actuaciones serán definidas cuando se disponga de información completa de las actuaciones urbanísticas.

Estas actuaciones van orientadas a garantizar el desmontaje de las líneas aéreas existentes en el término municipal de Alcobendas afectas a la red de distribución de IBERDROLA. También quieren garantizar la compactación de las subestaciones de intemperie existentes, así como coordinar las acciones con la comunidad autónoma de Madrid, el ayuntamiento de Alcobendas y la propia empresa IBERDROLA. Por último deben fijarse los destinos urbanísticos de las fincas liberadas por la compactación de las subestaciones de intemperie. Entrando en detalle, las líneas a desmontar son las siguientes:

De manera inmediata las Líneas 16 y 17, Fuencarral-Alcobendas I y II, de 132 kV, de forma que se pueda simultanear el desmontaje de la misma, con las obras de urbanización del sector gestionado por el Consorcio Urbanizador Valdelacasa. El resto de acometidas se harán en el tiempo estipulado en el convenio firmado que podría prolongarse más allá del tiempo de construcción de

los nuevos desarrollos. **En total se pretenden soterrar 0,621 km de la línea de 220 kV y 2,010 km de la línea de 132 kV.**

Todas estas medidas van a redundar en beneficios a la salud pública y el medio ambiente, la exposición a campos electromagnéticos quedará reducida sustancialmente tal y como se refleja en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este estudio, donde se muestran ejemplos gráficos de los efectos de las acciones que van a acometerse en este convenio.

7. ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN EL DESARROLLO DEL PGOU DE ALCOBENDAS.

En este apartado del estudio se trata de dar respuesta al artículo 16 de la Ley 2/2002, de 19 de junio, Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Como ya se ha indicado, en este artículo se recogen los contenidos de los estudios de incidencia ambiental para Planes y Programas. En su apartado 1, párrafo h) se recoge que el estudio deberá incluir:

“Análisis de los efectos, ya sean secundarios, acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes o temporales, positivos o negativos, sobre el medio ambiente del plan o programa y metodología utilizada para el análisis, teniendo en cuenta aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interrelación entre estos aspectos.”

Además, el presente análisis debe cumplir y recoger todos y cada uno de los aspectos contemplados en la Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

7.1.1. Metodología de identificación y valoración de impactos ambientales.

La valoración (cualitativa y cuantitativa) del impacto ambiental del avance del P.G.O.U. se ha realizado en dos fases. En la primera fase el objetivo es la detección y valoración preliminar de todos los impactos posibles, para la posterior discriminación entre efectos poco destacables (Impactos ambientales compatibles) y efectos notables. En una segunda fase se realiza la descripción detallada, valoración y caracterización de los impactos según los términos previstos por la Normativa de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad de Madrid (Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid).

▪ **Metodología de Identificación y Valoración de alteraciones: Matriz de afecciones ambientales**

Se efectúa una identificación y valoración de carácter cualitativo, mediante la que se identifican aquellas interacciones más relevantes e importantes que se pueden encontrar del cruce entre acción-factor. Esta valoración del nivel de impacto de las distintas acciones del proyecto sobre los factores del medio se realiza estableciendo unos valores de:

- **Magnitud** (extensión o porcentaje de los recursos o variables que se ven afectados).
- **Intensidad** (grado de incidencia o grado de cambio que supone la afección respecto al estado preoperacional).

Ambos valores se evalúan conjuntamente, respondiendo a una puntuación de carácter cualitativo, establecida para la interacción proyecto-medio (o acción-factor) (Metodología de Matriz Leopold⁸).

ALTERACIONES CALIFICACIÓN	MAGNITUD	INTENSIDAD
Muy Alto	10 a 5	10 a 7
Alto	4 a 1	10 a 7
	10 a 5	6 a 5
Medio	4 a 3	6 a 5
Bajo	10 a 5	4 a 1
	2 a 1	6 a 5
Muy Bajo	4 a 1	4 a 1

A partir de las afecciones ambientales, se seleccionan y evalúan las principales alteraciones que se producen en el conjunto territorial, en distintos niveles de aplicación del Plan, diferenciándose entre alteraciones menos importantes (con menor grado de afección o efectos poco destacables) y alteraciones de mayor grado de afección (medio o notable). Para la identificación y descripción de las alteraciones, se detallan las siguientes cuestiones:

- ✓ **Descripción de la alteración**, concreta y ajustada a la realidad del área: se refiere a la denominación o tipo de impacto, reflejando una predicción de la naturaleza de las

⁸ Leopold, L. B.; Clarke, F. E.; Hanshaw, B. B. y Balsley, J. R.: *A procedure for evaluating environmental impact*, Ed. U.S. Geological Survey, Washington D.C., 1971.

interacciones entorno-proyecto. Dentro de este apartado se incluyen los impactos secundarios (o posibles alteraciones que se derivan del impacto) más relevantes que se hayan detectado.

- ✓ **Acciones principales que lo originan:** acciones del proyecto más importantes y destacables, susceptibles de producir o desencadenar el efecto, y la fase en la que se produce.
 - ✓ **Localización concreta de la alteración.** Ubicación según unidad, referencia topográfica y/o punto kilométrico, situación territorial y topográfica y ámbito general.
- **Caracterización del Impacto según normativa de E.I.A.**

Según se recoge en el artículo 10 del Real Decreto 1131/88, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/86, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, cuando se vayan a identificar y valorar los impactos se deberá incluir la identificación y valoración de los efectos notables previsibles de las actividades proyectadas sobre los siguientes aspectos ambientales (indicados en el artículo 6.º del citado Reglamento): población humana, fauna, flora, vegetación, geología, suelo, agua, aire, clima, paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes y el área previsiblemente afectada, para cada alternativa examinada.

Asimismo debe comprender la estimación de la incidencia que el proyecto, obra o actividad tiene sobre los elementos que componen el Patrimonio Histórico Español, sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas, y la de cualquiera otra incidencia ambiental derivada de su ejecución.

Necesariamente, la identificación de los impactos ambientales derivará del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto. Se distinguirán los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Se indicarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.

La valoración de estos efectos, cuantitativa, si fuese posible, o cualitativa, expresará los indicadores o parámetros utilizados, empleándose siempre que sea posible normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límite o guía, según los diferentes tipos de impacto. Cuando el impacto ambiental rebasa el límite admisible, deberán preverse las medidas protectoras o correctoras que conduzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la

corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos.

Se indicarán los procedimientos utilizados para conocer el grado de aceptación o repulsa social de la actividad, así como las implicaciones económicas de sus efectos ambientales.

Se detallarán las metodologías y procesos de cálculo utilizados en la evaluación o valoración de los diferentes impactos ambientales, así como la fundamentación científica de esa evaluación. Se jerarquizarán los impactos ambientales identificados y valorados, para conocer su importancia relativa. Asimismo, se efectuará una evaluación global que permita adquirir una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto. Los efectos, que pueden provocar las acciones del proyecto sobre distintos aspectos del medio, están establecidos en el Real Decreto 1.131/88 y se definen a continuación:

- **Efecto notable.** Aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos; se excluyen por tanto los efectos mínimos.
- **Efecto mínimo.** Aquel que puede demostrarse que no es notable.
- **Efecto positivo.** Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.
- **Efecto negativo.** Aquel que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.
- **Efecto directo.** Aquel que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.
- **Efecto indirecto o secundario.** Aquel que supone incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro.
- **Efecto simple.** Aquel que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.
- **Efecto acumulativo.** Aquel que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.

- **Efecto sinérgico.** Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.
- **Efecto a corto, medio y largo plazo.** Aquel cuya incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años, o en período superior.
- **Efecto permanente.** Aquel que supone una alteración indefinida en el tiempo de factores de acción predominante en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar.
- **Efecto temporal.** Aquel que supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o determinarse.
- **Efecto reversible.** Aquel en el que la alteración que supone puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica, y de los mecanismos de autodepuración del medio.
- **Efecto irreversible.** Aquel que supone la imposibilidad, o la «dificultad extrema», de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.
- **Efecto recuperable.** Aquel en que la alteración que supone puede eliminarse, bien por la acción natural, bien por la acción humana, y, asimismo, aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable.
- **Efecto irrecuperable.** Aquel en que la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana.
- **Efecto periódico.** Aquel que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo.
- **Efecto de aparición irregular.** Aquel que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.
- **Efecto continuo.** Aquel que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.
- **Efecto discontinuo.** Aquel que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia.

En base a todos estos posibles efectos, definidos por la legislación en vigor, se establecen una serie de parámetros que pueden utilizarse para determinar, de manera cualitativa, la importancia del impacto ambiental.

Signo: determina el carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) del impacto.

Intensidad: se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor considerado, en el ámbito específico en que actúa; se valora desde una posible afección mínima hasta una afección máxima como la destrucción total del factor considerado.

Extensión: es el área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (porcentaje del entorno del proyecto en que se manifiesta el efecto); se valora desde un impacto puntual: muy localizado hasta un impacto total: muy generalizado. En el caso del que el efecto se produzca en un lugar crítico se le atribuirá un valor superior atendiendo a sus especiales condiciones, por encima del que le correspondería en su valoración normal.

Momento: se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado; se puede valorar en una escala que incluye las siguientes situaciones: inmediato (tiempo transcurrido nulo), a medio plazo (tiempo de uno a cinco años) y a largo plazo (tiempo de manifestación superior a cinco años). Al igual que en el caso anterior, si hubiese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, se le atribuirá un valor superior del que le correspondería en su valoración normal.

Persistencia: es el tiempo que permanecería el efecto desde su aparición, y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales.

Reversibilidad: se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquélla deja de actuar sobre el medio; se valora según la siguiente escala: reversible a corto plazo, a medio plazo e irreversible. Los intervalos de tiempo asignados a dichos periodos coinciden con los del parámetro anterior.

Recuperabilidad: se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado (posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación) por medio de la intervención humana (medidas correctoras); se puede valorar según la siguiente escala: totalmente recuperable (de manera inmediata; a medio plazo), mitigable (recuperación parcial) e irrecuperable.

En caso de ser irrecuperable, pero existiendo la posibilidad de introducir medidas compensatorias, puede reducirse el peso asignado.

Sinergia: se refiere al reforzamiento de dos o más efectos simples; se produce sinergia cuando la componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar cuando ambos efectos se manifiestan de forma independiente no simultánea; la escala de valoración es la siguiente: sin sinergismo, sinérgico y muy sinérgico.

Acumulación: incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada la acción que lo genera; la escala de valoración es la siguiente: simple (no acumulativo) y acumulativo.

Efecto: se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, es decir, a la relación causa-efecto; los efectos pueden clasificarse en directos o indirectos.

Periodicidad: regularidad de la manifestación del efecto; se clasifican en continuos (constante en el tiempo), periódicos (de manera cíclica o recurrente), irregulares (impredecibles en el tiempo) y discontinuos.

A continuación se muestra un cuadro sinóptico de los anteriores parámetros.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

NATURALEZA (\pm) (Signo)	INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)	MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)
Impacto beneficioso + Impacto perjudicial -	Baja Media Alta Muy alta Total	Puntual Parcial Grande Total Crítica	Largo plazo Medio plazo Inmediato Crítico
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) Fugaz Temporal Permanente	REVERSIBILIDAD (RV) (Reconstrucción por medios naturales) Corto plazo Medio plazo Irreversible	SINERGIA (SI) (Reforzamiento de dos o más efectos) Sin sinergismo (simple) Sinérgico Muy sinérgico	ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) Simple Progresiva(compleja)
EFEECTO (EF) (Relación causa-efecto) Indirecto (secundario) Directo	PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación) Irregular o aperiódico Periódico Continuo	RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos) Inmediata Medio plazo Mitigable Irrecuperable	

Finalmente, la combinación de los anteriores tipos de efectos da como conclusión un tipo de impacto ambiental, que atendiendo a la legislación en vigor se podrán clasificar como:

- **Compatible:** Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa de prácticas protectoras o correctoras.
- **Moderado:** Aquel cuya recuperación no precisa de prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requieren cierto tiempo.
- **Severo:** Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que aún con esas medidas, la recuperación precisa de un período dilatado de tiempo.
- **Crítico:** Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable, produciéndose una pérdida permanente de las condiciones ambientales, sin posible recuperación incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Fundamentalmente, la valoración del impacto es función de: Importancia del impacto en función del valor de intensidad y magnitud y de la necesidad y grado de intensidad de aplicación de las medidas correctoras.

Esta caracterización corresponde a una jerarquización de impactos en relación con la modificación de las condiciones que garantizan la calidad de vida de la población afectada y la posibilidad de reducción con la aplicación de las medidas correctoras correspondientes.

7.1.2. Descripción, caracterización y valoración de impactos

En este apartado se hace referencia a los impactos originados tanto por las acciones que llevan aparejadas las fases preoperacionales, antes del comienzo de los proyectos de urbanización, en las fases constructivas de los proyectos de ejecución y en la fase post-operacional, la presencia de urbanizaciones residenciales y funcionamiento de polígonos industriales previstos en el avance del Plan General. Este análisis se plantea con carácter general, como proyección de actuaciones sobre grandes áreas del territorio que van a ser modificadas.

7.1.2.1. Fase de Demolición y Construcción.

El principal impacto relacionado con esta etapa está relacionado con el aumento de los niveles de campo eléctrico y campo magnético en el medio ambiente debido a la construcción de infraestructuras urbanas (edificios, conducciones eléctricas, transformadores, etc.). Este aumento de nivel ha sido evaluado aproximadamente en el trabajo de campo y servirá de criterio comparativo para valorar cualitativamente el impacto:

Contaminación electromagnética.

Impactos directos en Fase de Construcción:

- I-1. Aumento de los niveles de campo eléctrico y de campo magnético en las zonas en construcción.
- I-2. Aumento de los niveles de exposición del personal de obra si se edifica en las proximidades de líneas aéreas de alta o media tensión ya existentes en el ámbito sin soterrar.
- I-3. Aumento de la producción de ozono troposférico debido al efecto corona producido por las líneas aéreas de alta o media tensión.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

IMPACTO DIRECTO (I1): Aumento de los niveles de campo eléctrico y de campo magnético en las zonas en construcción.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I1	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
	NEGATIVO	MEDIA/BAJA	COMPATIBLE
NORMATIVA	<p><i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.</i> <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.</i> <i>Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i></p>		
MEDIDAS CORRECTORAS	<p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos.</p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con el soterramiento de líneas eléctricas o con la definición de pasillos eléctricos.</p>		

IMPACTO DIRECTO (I2): Aumento de los niveles de exposición del personal de obra si se edifica en las proximidades de líneas aéreas de alta o media tensión ya existentes en el ámbito sin soterrar.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I2	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
	NEGATIVO	MEDIA/MEDIA	COMPATIBLE
NORMATIVA	<p><i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.</i> <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.</i> <i>Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i></p>		
MEDIDAS CORRECTORAS	<p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos.</p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con el soterramiento de líneas eléctricas o con la definición de pasillos eléctricos.</p>		

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

IMPACTO DIRECTO (I3): Aumento de la producción de ozono troposférico debido al efecto corona producido por las líneas aéreas de alta o media tensión.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I3	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
NORMATIVA	NEGATIVO	BAJA/BAJA	COMPATIBLE
MEDIDAS CORRECTORAS	<p><i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.</i> <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.</i> <i>Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i></p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos.</p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con el soterramiento de líneas eléctricas o con la definición de pasillos eléctricos.</p>		

El impacto directo que se produce (I1) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad baja, de extensión grande, de momento a medio plazo, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo irrecuperable. En conclusión, y dada la muy baja intensidad de los cambios en las medidas del campo eléctrico y magnético podrá calificarse como **COMPATIBLE** si se ejecutan todas las operaciones en la fase de obra siguiendo todas las indicaciones recogidas en el pliego de medidas preventivas y correctoras.

A su vez, el impacto directo que se produce (I2) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad baja, de extensión grande, de momento a medio plazo, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo irrecuperable. Si las obras de soterramiento de estas líneas se producen antes del resto de obras, este impacto será **no significativo**, sin embargo, si las obras se dan a la vez y se trabaja en el entorno de una línea aérea sí se produce un impacto. En conclusión, y dada la intensidad de los cambios en la exposición al campo eléctrico y magnético podrá calificarse a priori como **MODERADO**. Ahora bien, si se ejecutan todas las operaciones en la fase de obra siguiendo todas las indicaciones recogidas en el pliego de medidas preventivas y correctoras, y evitando los niveles de exposición a los operarios tendrá la calificación de **COMPATIBLE**.

Por último, el impacto directo que se produce (**I3**) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad baja, de extensión grande, de momento inmediato, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo irrecuperable. Según se vaya avanzando en las obras de soterramiento de las líneas aéreas de alta y media tensión, este impacto (que en principio es pequeño) irá perdiendo importancia. En conclusión, y dada la baja intensidad de generación de ozono en las líneas, podrá calificarse a priori como **COMPATIBLE**. Ahora bien, si se ejecutan todas las operaciones de soterramiento de las líneas tendrá la calificación de **NO SIGNIFICATIVO**. Este impacto puede producirse tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento, depende de la duración de las obras de soterramiento de las líneas.

7.1.2.2. Fase de funcionamiento de los nuevos desarrollos.

El principal impacto relacionado con esta etapa está relacionado con el aumento de los niveles de campo eléctrico y campo magnético tanto en el medio ambiente como en el interior de las casas, debido a la ocupación de los nuevos desarrollos y a la utilización de electrodomésticos, equipos eléctricos, teléfonos móviles, posible instalación de antenas de telefonía, etc. Este aumento de nivel ha sido evaluado aproximadamente en el trabajo de campo y servirá de criterio comparativo para valorar cualitativamente el impacto:

Contaminación electromagnética.

Impactos directos en Fase de Funcionamiento:

- I-1. Aumento de los niveles de campo eléctrico y de campo magnético en los nuevos desarrollos.
- I-2. Aumento de los niveles de exposición del público debido a la implantación de estaciones base de telefonía móvil.
- I-3. Aumento de la producción de ozono troposférico debido al efecto corona producido por las líneas aéreas de alta o media tensión.

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

IMPACTO DIRECTO (I1): Aumento de los niveles de campo eléctrico y de campo magnético en los nuevos desarrollos.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I1	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
		NEGATIVO	MEDIA/BAJA
NORMATIVA	<p><i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.</i> <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.</i> <i>Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i></p>		
MEDIDAS CORRECTORAS	<p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos.</p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con el soterramiento de líneas eléctricas o con la definición de pasillos eléctricos.</p>		

IMPACTO DIRECTO (I2): Aumento de los niveles de exposición del público debido a la implantación de estaciones base de telefonía móvil.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I2	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
		NEGATIVO	MEDIA/MEDIA
NORMATIVA	<p><i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.</i> <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.</i> <i>Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i></p>		
MEDIDAS CORRECTORAS	<p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos. También realizar recomendaciones referentes a los medios de protección personal.</p> <p>Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con la construcción de nuevas instalaciones radioeléctricas.</p>		

IMPACTO DIRECTO (I3): Aumento de la producción de ozono troposférico debido al efecto corona producido por las líneas aéreas de alta o media tensión.

CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA I3	SIGNO	INTENSIDAD/MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO SEGÚN LA LEGISLACIÓN E.I.A
		NEGATIVO	BAJA/BAJA
NORMATIVA	<i>Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones. 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. Decreto 131/1997, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas.</i>		
MEDIDAS CORRECTORAS	Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con los límites de exposición a campos electromagnéticos. Adopción de las medidas contempladas en el apartado de medidas preventivas y correctoras de este documento, relacionadas con el soterramiento de líneas eléctricas o con la definición de pasillos eléctricos.		

El impacto directo que se produce (I1) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad baja, de extensión grande, de momento a medio plazo, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo irrecuperable. En conclusión, y dada la baja intensidad de los cambios en las medidas del campo eléctrico y magnético podrá calificarse como **COMPATIBLE** si se en la fase de funcionamiento se siguen respetando todas las indicaciones recogidas en el pliego de medidas preventivas y correctoras.

Aunque en el PGOU de Alcobendas no están descritas estas actuaciones (construcción de nuevas estaciones de telefonía móvil), en el caso de que las hubiera más adelante, el impacto directo que se produce (I2) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad alta, de extensión parcial, de momento a medio plazo, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo mitigable. En conclusión, y dada la intensidad de los cambios en la exposición al campo electromagnético podrá calificarse a priori como **MODERADO**. Ahora bien, si se ejecutan todas las operaciones en la fase de obra siguiendo todas las indicaciones recogidas en el pliego de medidas preventivas y correctoras en relación con la implantación de este tipo de infraestructuras radioeléctricas, podrá tener la calificación de **COMPATIBLE**.

El impacto **I3** se puede producir tanto en la fase de obras como en la de funcionamiento (depende de cuánto se prolonguen las obras en el tiempo). Este impacto directo (**I3**) se considera de naturaleza negativa o perjudicial, de intensidad baja, de extensión grande, de momento inmediato, de persistencia permanente, irreversible, con un sinergismo medio, con una acumulación progresiva, con un efecto directo, con una periodicidad continua y siendo irrecuperable. Según se vaya avanzando en las obras de soterramiento de las líneas aéreas de alta y media tensión, este impacto (que en principio es pequeño) irá perdiendo importancia. En conclusión, y dada la baja intensidad de generación de ozono en las líneas, podrá calificarse a priori como **COMPATIBLE**. Ahora bien, si se ejecutan todas las operaciones de soterramiento de las líneas tendrá la calificación de **NO SIGNIFICATIVO**.

8. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS EN RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

En este apartado del estudio se trata de dar respuesta al artículo 16 de la Ley 2/2002, de 19 de junio, Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Como ya se ha indicado, en este artículo se recogen los contenidos de los estudios de incidencia ambiental para Planes y Programas. En su apartado 1, párrafo i) se recoge que el estudio deberá incluir:

“Medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo sobre el medio ambiente derivado de la aplicación del plan o programa. Se acompañarán de un conjunto de indicadores que permitan realizar un análisis de su grado de cumplimiento de tales medidas y su efectividad.”

Mediante el establecimiento de las medidas preventivas y correctoras se podrá minimizar el efecto medioambiental de las emisiones atmosféricas de carácter electromagnético. La protección de la salud pública y del medio ambiente pasa por realizar planes y programas medioambientalmente eficientes.

8.1. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS GENERALES.

Se incluyen las medidas preventivas y correctoras de carácter general recomendadas por la OMS. Son medidas que deben llevarse a cabo en todas las fases del Plan desde su comienzo. Estas medidas son:

- Observancia rigurosa de las normas de seguridad nacionales o internacionales existentes. Estas normas, basadas en los conocimientos actuales, se han diseñado para proteger a todas las personas de la población, con un factor de seguridad elevado.

- Medidas de protección sencillas. La presencia de barreras en torno a las fuentes de campos electromagnéticos intensos ayudan a impedir el acceso no autorizado a zonas en las que puedan superarse los límites de exposición.

- Consulta a las autoridades locales y a la población sobre la ubicación de nuevas líneas de conducción eléctrica o estaciones base de telefonía móvil. Frecuentemente, las decisiones sobre la ubicación de este tipo de instalaciones deben tener en cuenta cuestiones estéticas y de sensibilidad social. La comunicación transparente durante las etapas de planificación de una instalación nueva puede facilitar la comprensión y una mayor aceptación de la sociedad.

- Comunicación. Un sistema eficaz de información y comunicación de aspectos relativos a la salud entre los científicos, gobiernos, industria y la sociedad puede ayudar a aumentar el conocimiento general sobre los programas que abordan la exposición a campos electromagnéticos y a reducir posibles desconfianzas y miedos.

8.2. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS: REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

En este sentido, se sabe (y ya se ha indicado) que la intensidad del campo electromagnético decrece rápidamente con la distancia a la fuente. Por ello, la acción más inmediata y eficaz para disminuir la dosis es el alejamiento respecto de aquélla. Esta medida no siempre es posible por lo que, en tal caso, se puede recurrir a la reducción de los campos en origen.

A veces, hay posibilidad de reducir la intensidad del campo electromagnético con un simple reordenamiento eléctrico o geométrico de los elementos activos o con la interposición de otros circuitos compensadores. Las actuaciones posibles para reducir la exposición a los campos magnéticos generados por la red son de dos tipos: activas y pasivas. A continuación se exponen toda una serie de recomendaciones relacionadas con la reducción de la exposición a campos electromagnéticos, así como medidas para reducir la intensidad de las fuentes de campos electromagnéticos. También se exponen las medidas preventivas de carácter personal que los ciudadanos y las administraciones deberán tener en cuenta y las marcadas por la legislación en vigor que deberán observarse en todo el desarrollo del Plan.

8.2.1. Medidas Preventivas y Correctoras: alejamiento de las fuentes de campo.

- Prever, desde el proyecto mismo, la situación y potencia de las antenas de telefonía móvil en los nuevos desarrollos. Si inicialmente no se conocen, en el momento de presentación de su proyecto de instalación realizar los estudios pertinentes para la valoración de los mismos. Deben respetarse las distancias de seguridad respecto a otras edificaciones marcadas por la legislación en vigor.

Las técnicas de apantallamiento no eliminan el campo, sino que “modifican” su forma. Se utilizan generalmente para proteger equipos sensibles. Las más habituales son de dos tipos:

- Blindaje con materiales tipo Mumetal y otros equivalentes, que reconducen las líneas de campo magnético.
- Pantallas electromagnéticas activas (circuitos eléctricos), que crean un campo opuesto al que se desea reducir.
- En el caso de los electrodomésticos, simples cambios en su diseño reducen la generación del campo magnético.
- De igual manera, ciertos criterios de diseño para los cableados en la construcción y en las instalaciones eléctricas de viviendas y oficinas, pueden reducir apreciablemente los niveles ambientales de exposición.

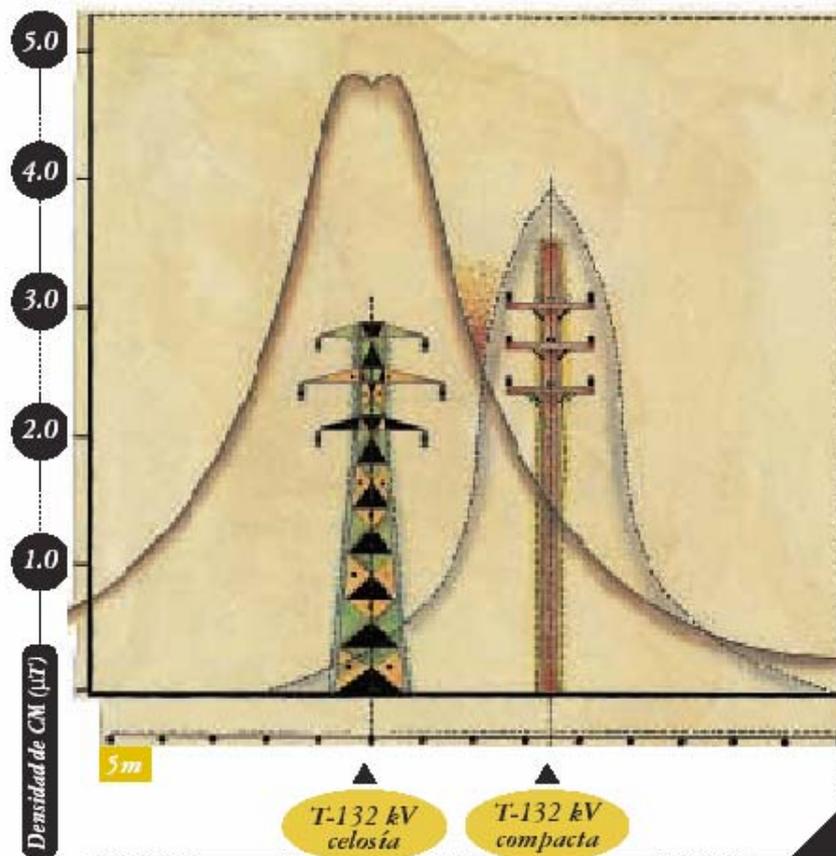
8.2.2. Medidas Preventivas y Correctoras: Reducción de las fuentes de emisión de campos electromagnéticos en origen.

- Es necesario alejar el centro de gravedad del elemento emisor respecto de los receptores potenciales (elevar o enterrar más la línea).
- Es necesario disminuir la distancia entre fases.
- Deben inscribirse los conductores en la circunferencia de menor radio posible
- En los sistemas con más de un circuito, combinar adecuadamente la ubicación de las distintas fases.
- Cambiar las características de la instalación (desde el número de subconductores, hasta un eventual soterramiento).
- Disminuir la intensidad de la corriente.

- Procurar el máximo equilibrio de cargas en las fases, algo de fácil resolución en líneas de media y alta tensión, pero muy complejo en las de baja tensión.
- Crear pasillos en los que se introduzcan cuantas líneas sean reglamentariamente posible con criterios de cancelación de campos.
- Instalar un circuito periférico a la instalación, haciendo circular por él, una corriente y una fase determinadas, en función de las condiciones de la línea para cancelar el campo.

A continuación en las siguientes figuras, se indican a título orientativo las máximas reducciones de densidad de campo que se pueden conseguir con algunas de las actuaciones mencionadas:

- Compactación al máximo de una línea eléctrica aérea, combinando esta acción con una reubicación de las fases en un orden adecuado. Soterramientos de líneas eléctricas, reordenaciones de conductores en líneas subterráneas, etc.



Figura

10. Compactación combinada con cambio de fases. Densidad de Campo Magnético a 1 metro de altura.

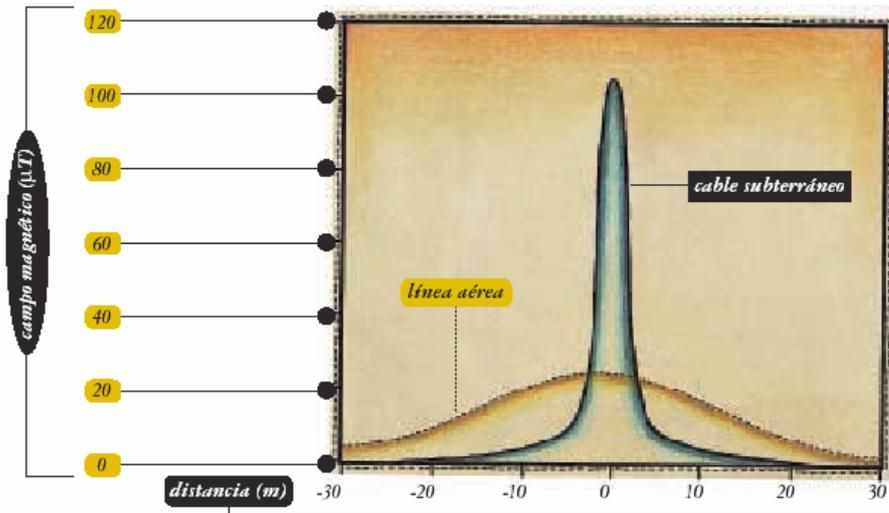


Figura 11. Cambio de línea aérea de 400 kV (2.000 Amperios) a subterránea. Densidad del campo magnético medida a 1 metro del suelo. A estas tensiones no es posible compactar las fases como en el caso de los 20 kV.

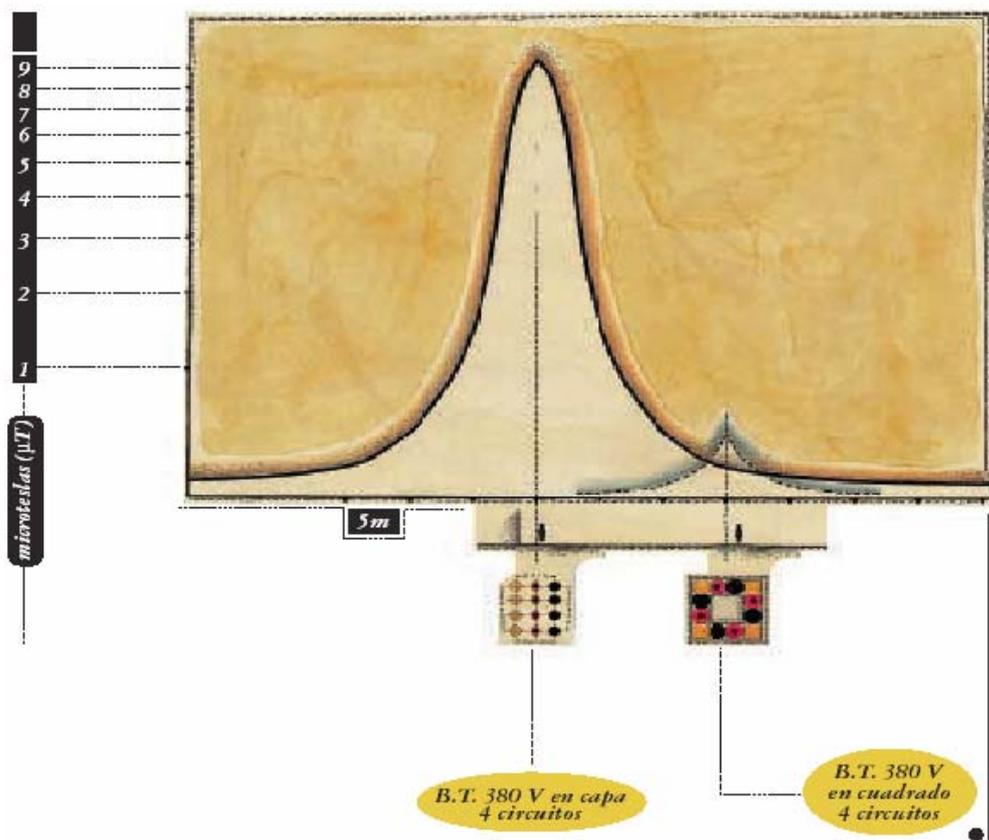


Figura 12. Reordenación de conductores en línea subterránea. Densidad de Campo Magnético a 1 metro del suelo..

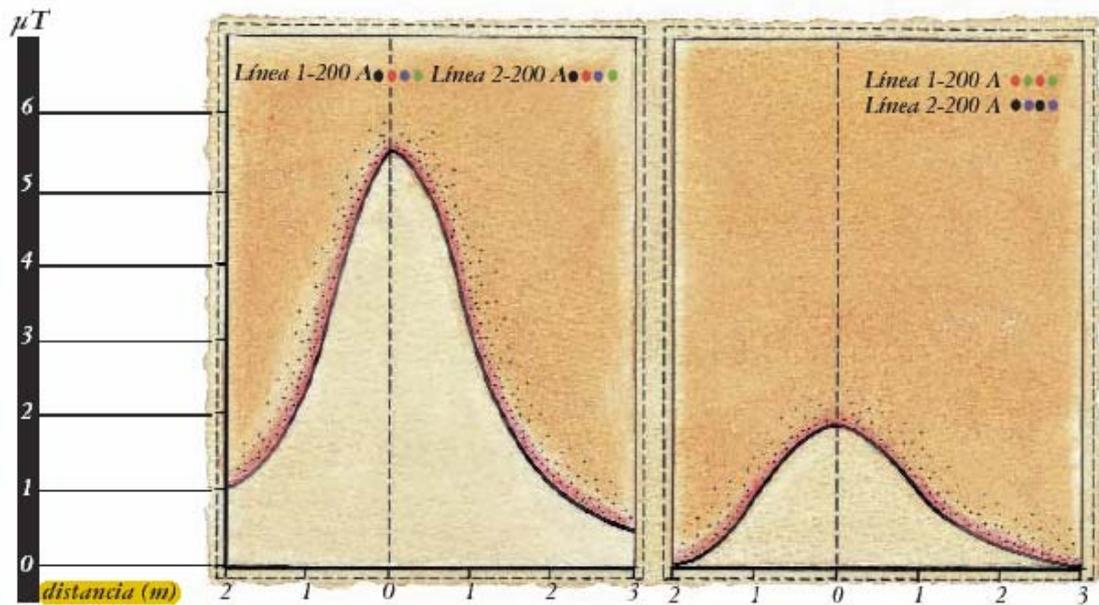


Figura 13. Reordenación de la línea de distribución adosada.

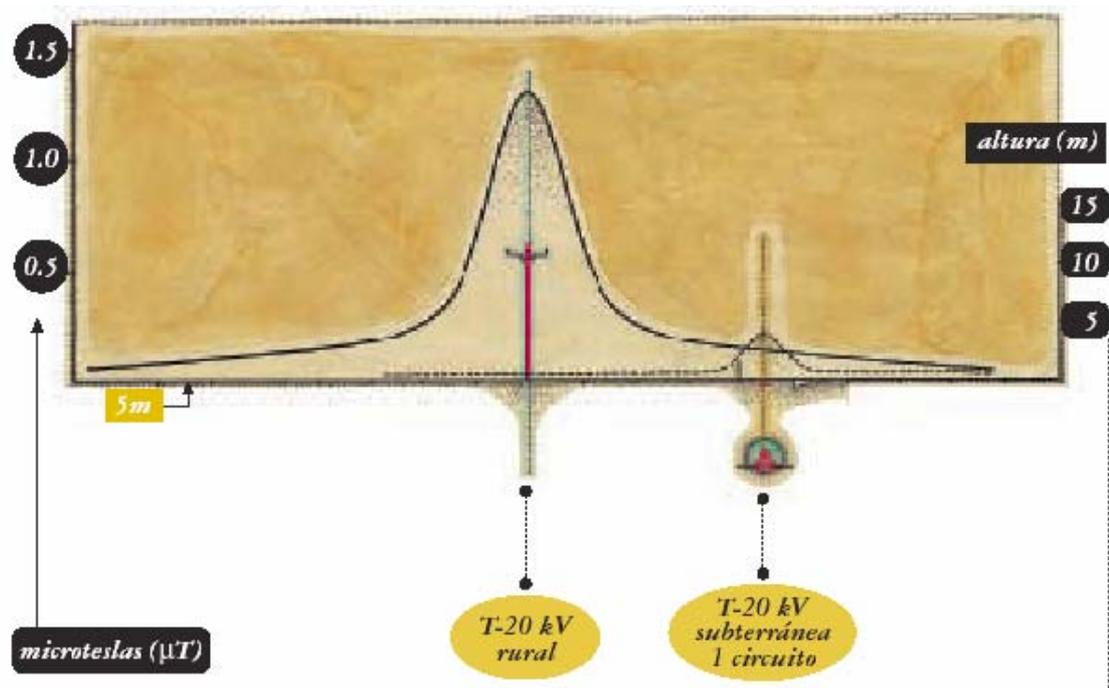


Figura 14. Cambio de línea aérea eléctrica a subterránea. Compactación.

8.2.3. Medidas Preventivas y Correctoras: Protección personal y en el trabajo frente a la radiación electromagnética no ionizante.

Las medidas que a continuación se enumeran son de protección individual y es recomendable que se apoyen y se recomienden en todas las fases del Plan desde su comienzo. Debe reducirse la

exposición a la radiación electromagnética hasta donde sea posible, para ello se deben recordar siempre las siguientes medidas preventivas:

- Mantenerse a la mayor distancia posible de los aparatos eléctricos. Debe recordarse que la intensidad electromagnética disminuye drásticamente con la distancia.
- Apagar todos los equipos eléctricos cuando no sean usados (fotocopiadoras, impresoras, ordenadores, etc.) o desenchufarlos. La corriente eléctrica puede producir un campo magnético incluso si el aparato está en fase de espera (“stand by”).
- Deben utilizarse, en la medida de lo posible, monitores compatibilizados de baja radiación o pantallas de filtro que la reduzcan.
- Utilizar únicamente bombillas halógenas o de bajo consumo a una distancia adecuada (es decir, no deberían ser utilizadas como lámparas de lectura o de mesilla de noche). Mantener al menos la distancia de un metro entre el cuerpo y la luz fluorescente.
- En cuanto a radiaciones visibles e infrarrojos, el uso de apantallamientos de las fuentes de luz para evitar la visión directa y de oculares de protección son los procedimientos más eficaces para reducir las exposiciones hasta límites seguros.
- Los equipos generadores de rayos láser de gran potencia deben tener sistemas de enclavamiento que impidan el uso o apertura no autorizados; el local debe estar muy iluminado para reducir la abertura de la pupila y se deben señalar las instalaciones. Las protecciones individuales oculares deben tener pantalla lateral.
- Las medidas de protección individuales, aunque existen, no suelen ser aplicables a las radiaciones de microondas y radiofrecuencias, por lo que deben adoptarse medidas de protección colectivas. Éstas son: cerramiento de las fuentes, aumento de la distancia entre el emisor y el receptor, construcción de mallas metálicas o paneles perforados, disminución de los tiempos de exposición, reorientación de las antenas para que su zona de radiación no pase por zonas ocupadas, señalización de zonas para evitar el acceso y el empleo de sistemas de enclavamiento de las máquinas que impidan el uso no autorizado y formación y entrenamiento del personal.
- En relación con los campos magnéticos y eléctricos estáticos y radiación ELF (<30kHz), los sistemas de apantallamiento basados en el principio de la jaula de Faraday (consiste en encerrar la zona que se quiera aislar en un recinto de paredes metálicas puesto a tierra) son eficaces para reducir la intensidad del campo eléctrico, pero poco eficientes para el magnético.
- Otras medidas (como ya se han indicado) son el aumento de la distancia entre las fuentes y las personas, la limitación de los tiempos de permanencia en zonas de riesgo y la utilización de

guantes y trajes protectores. Los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia pueden interferir en el funcionamiento de marcapasos y dispositivos médicos electrónicos, por lo que se recomienda limitar la exposición de las personas que los utilicen.

8.2.4. Medidas Preventivas y Correctoras: Limitaciones y servidumbres para la protección radioeléctrica.

Según se establece en el **Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas; los valores máximos de las limitaciones y servidumbres que resulten necesarias para la protección radioeléctrica de las instalaciones figuran en el **Anexo I** de este Real Decreto. Las medidas que se incluyen son los tres tipos de limitaciones impuestos por el citado anexo, estas limitaciones afectan 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.
- 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.
- A la distancia mínima a la que podrán instalarse transmisores radioeléctricos, con o sin condiciones radioeléctricas exigibles. En este sentido deberán seguirse las indicaciones de limitaciones máximas exigibles (que figuran en la tabla del correspondiente del Real Decreto) en distancia entre las antenas transmisoras de estaciones radioeléctricas y las antenas receptoras de la estación a proteger

8.2.5. Medidas Preventivas y Correctoras: Límites de exposición según la legislación nacional.

Según se establece en el **Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas; 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** del citado Real Decreto.

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.

8.2.5.1. 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.

8.2.5.1.1. 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.

Tabla 8. Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz)

GAMA DE FRECUENCIAS	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²)	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 -1.000 Hz	-	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

9. f es la frecuencia en Hz.

10. 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.

11. Dada la falta de homogeneidad eléctrica del cuerpo, debe calcularse el promedio de las densidades de corriente en una sección transversal de 1 cm² perpendicular a la dirección de la corriente.

12. Para frecuencias de hasta 100 kHz, los valores pico de densidad de corriente pueden obtenerse multiplicando el valor cuadrático medio (rms) por $\sqrt{2}$ ($\approx 1,414$). Para pulsos de duración t_p , la frecuencia equivalente que ha de aplicarse en las restricciones básicas debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$.

13. 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.

14. Todos los valores SAR deben ser promediados a lo largo de un período cualquiera de seis minutos.

15. 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.

16. 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 como promedio calculado en 10 g de tejido.

8.2.5.1.2. 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 las tablas siguientes 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 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.

Niveles de campo.

**Tabla 9. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos
(0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)**

GAMA DE FRECUENCIAS	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μ T)	Densidad de potencia equivalente de onda plana
---------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------	--

**ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA
REVISIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

				(W/m ²)
0 – 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 – 8 Hz	10.000	3,2 x 10 ⁴ /f ²	4 x 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	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 Seq, E², H² y B², ha de calcularse a lo largo de un período cualquiera de seis minutos.
3. Para frecuencias superiores a 10 GHz, el promedio de Seq, E², H² y B², 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 de la primera tabla). 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 $\sqrt{2}$ ($\approx 1,414$). 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 $a = [0,665 \log (f/105) + 0,176]$, 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 S_{eq} 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 30 μ 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.

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 la siguiente tabla 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.

Tabla 10. Niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores (f en kHz)

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

8.2.5.1.3. 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 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:

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

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 la tabla correspondiente;

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:

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

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 tabla correspondiente;

S_i es la densidad de potencia a la frecuencia i ;

S_L es la restricción básica de densidad de potencia que figura en la tabla correspondiente.

Niveles de referencia:

3. 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:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{E}_{L,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{a}} \leq 1$$

$$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{H}_{L,j}} + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{b}} \leq 1$$

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; \mathbf{a} es 87 V/m y \mathbf{b} es 5 A/m (6,25 μ T).

El uso de los valores constantes (\mathbf{a} y \mathbf{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 la tabla correspondiente.

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:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{c}} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{E}_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{b}} \right)^2 + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{H}_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

donde:

E_j es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i ;

$E_{L,j}$ 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;

$c = 87/(f1.2)$ (V/m) y $d = 0,73/f$ (A/m), donde f es la frecuencia expresada en MHz.

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

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

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 ;

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.

8.2.6. Medidas Preventivas y Correctoras: Requisitos para la instalación de estaciones radioeléctricas

Según se establece en el **Real Decreto 1066/2001**, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas; con el fin de garantizar la adecuada protección del medio ambiente y de la salud del público en general, se aplicarán los requisitos para la instalación de nuevas estaciones radioeléctricas que figuran en el **Capítulo IV y Capítulo V** del citado Real Decreto, en particular:

- 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.

- 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.
- 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.
- 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 el Anexo I del Real Decreto 1066/2003.

8.2.7. Medidas Preventivas y Correctoras: Limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico

Tal y como recoge la **Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones**, en su capítulo II, sobre Derechos de los operadores a la ocupación del dominio público, a ser beneficiarios en el procedimiento de expropiación forzosa y al establecimiento a su favor de servidumbres y de limitaciones a la propiedad, en su artículo 32.1 establece las siguientes medidas:

La protección del dominio público radioeléctrico tiene como finalidades su aprovechamiento óptimo, evitar su degradación y el mantenimiento de un adecuado nivel de calidad en el funcionamiento de los distintos servicios de radiocomunicaciones.

Podrán establecerse las limitaciones a la propiedad y a la intensidad de campo eléctrico y las servidumbres que resulten necesarias para la protección radioeléctrica de determinadas instalaciones o para asegurar el adecuado funcionamiento de estaciones o instalaciones radioeléctricas utilizadas para la prestación de servicios públicos, **por motivos de seguridad pública o cuando así sea necesario en virtud de acuerdos internacionales**, en los términos de la disposición adicional primera y las normas de desarrollo de esta ley.

8.2.8. Medidas Preventivas y Correctoras: Requisitos a cumplir por las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas

Según se establece en el **Decreto 131/1997**, de 16 de octubre, por el que se fijan los requisitos que han de cumplir las actuaciones urbanísticas en relación con las infraestructuras eléctricas, para reducir el impacto medioambiental de la existencia de líneas eléctricas próximas a las edificaciones, deberán tomarse las siguientes medidas:

- Para la aprobación de toda nueva actuación de desarrollo urbanístico será requisito indispensable que las redes de alta y baja tensión de la infraestructura eléctrica proyectada para el suministro de dicha actuación, contemple su realización en subterráneo, dentro del documento de aprobación y en el curso de la ejecución de la urbanización, salvo que discurran por los pasillos eléctricos definidos en el plan de actuación.
- Asimismo, y dentro del citado documento de aprobación e instrumentos de planeamiento y de urbanización correspondientes, se contemplará que las líneas eléctricas aéreas de alta y baja tensión preexistentes dentro del perímetro de toda nueva actuación urbanística y en sus inmediaciones, se pasen a subterráneas o se modifique su trazado, siempre que la modificación pueda hacerse a través de un pasillo eléctrico existente o que se defina en ese momento por la Administración competente.

Dicho paso a subterráneo o modificación de trazado se realizará en el curso de la ejecución de la urbanización con el fin de que en ningún momento durante la construcción de las edificaciones puedan producirse situaciones de falta de seguridad para las personas y las cosas.

- Las líneas aéreas existentes que no se encuentren en la red de pasillos existentes o de nueva creación, se irán trasladando a dichos pasillos o se pasarán a subterráneas, siguiendo un plan de etapas a establecer por las Administraciones competentes, oídos los titulares de las líneas.

Para el desarrollo, gestión y ejecución de dichos planes se suscribirán los Convenios necesarios entre las Administraciones competentes y los titulares de las líneas, que contemple la responsabilidad y compromiso financieros que a cada una de las partes le corresponde en dichas actuaciones. Se dará prioridad a aquellas líneas que por su elevada tensión, potencia transportada y ubicación de edificaciones en su zona de influencia lo requieran.

A continuación se proponen una serie de indicadores para utilizar en la fase de vigilancia del desarrollo del plan y garantizar una adecuada observancia tanto de las medidas preventivas y correctoras como de la legislación en vigor.

9. LISTA DE INDICADORES DE CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS PROPUESTAS

En este apartado del estudio se trata de dar cumplimiento y respuesta al artículo 16 de la Ley 2/2002, de 19 de junio, Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid. Como ya se ha indicado, en este artículo se recogen los contenidos de los estudios de incidencia ambiental para Planes y Programas. En su apartado 1, párrafo i) se recoge que el estudio deberá incluir:

“Medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo sobre el medio ambiente derivado de la aplicación del plan o programa. Se acompañarán de un conjunto de indicadores que permitan realizar un análisis de su grado de cumplimiento de tales medidas y su efectividad.”

Además, en el párrafo j) se añade que deberán añadirse:

“Medidas previstas para la supervisión, vigilancia e información al órgano ambiental de la ejecución de las distintas fases del plan y programación temporal de dichas medidas.”

Para comprobar el grado de cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas y su efectividad, deben desarrollarse una serie de indicadores que permitan analizar los resultados obtenidos. En función de estos resultados podrá optarse por las siguientes opciones:

- El mantenimiento de las medidas contempladas en el estudio.
- La revisión de las medidas protectoras, reforzándolas.
- La incorporación de nuevas medidas protectoras más viables y efectivas.

A continuación se describen en fichas los indicadores recomendados para cumplir con los objetivos expuestos en materia de contaminación electromagnética, así como las medidas de supervisión, vigilancia e información al órgano ambiental de la ejecución de las mismas (incluida su programación temporal):

9.1. INDICADORES RESPECTO A LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

En este apartado se van a considerar las dos etapas fundamentales del desarrollo del PGOU de Alcobendas: fase de construcción y fase de funcionamiento.

9.1.1. Fase de construcción.

Para llevar a cabo el control de las medidas propuestas en esta fase se deben definir varios posibles indicadores. Los indicadores de seguimiento definidos para esta etapa se incluyen en el siguiente conjunto de fichas, en las que se hace una descripción detallada de los mismos:

CONCEPTO: Contaminación electromagnética. Niveles de exposición.

INDICADOR: Medición del nivel de campo eléctrico y campo magnético.

FUENTE DE INFORMACIÓN: Encargado de Obra.

PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN: mensual (durante todo el período de obra).

RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN: Responsable de Medio Ambiente de la Obra o en su falta el Encargado de Obra.

OBJETIVOS: Control de los niveles de exposición a campo electromagnético de los trabajadores.

CONCEPTO: Revisión del avance de las obras de soterramiento de las líneas aéreas de electricidad.

INDICADORES: Grado de cumplimiento de los plazos previstos en la ejecución de las obras.

FUENTE DE INFORMACIÓN: Encargado de Obra.

PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN: mensual (durante todo el período de obra).

RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN: Responsable de Medio Ambiente de la Obra o en su falta el Encargado de Obra.

OBJETIVOS: Reducción de los niveles de campo electromagnético producido por estas líneas.

9.1.2. Fase de funcionamiento.

Para llevar a cabo el control en esta etapa se vuelven a definir varios posibles indicadores. Los indicadores de seguimiento definidos para esta etapa se incluyen en el siguiente conjunto de fichas, en las que se hace una descripción detallada de los mismos:

CONCEPTO: Contaminación electromagnética. Niveles de exposición.
INDICADOR: Medición del nivel de campo eléctrico y campo magnético.
FUENTE DE INFORMACIÓN: Mediciones realizadas en el entorno.
PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN: a fijar por los responsables del Ayuntamiento.
RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN: El Ayuntamiento fijará un responsable.
OBJETIVOS: Control de los niveles de exposición a campo electromagnético de la población.

CONCEPTO: Revisión de los proyectos de nuevas estaciones base de telefonía móvil.
INDICADORES: Grado de cumplimiento de la legislación en vigor.
FUENTE DE INFORMACIÓN: Empresa promotora.
PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN: -----
RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN: El Ayuntamiento fijará un responsable.
OBJETIVOS: Adecuación de estos proyectos a la legislación en vigor referente a instalaciones radioeléctricas.

CONCEPTO: Revisión del avance de las obras de soterramiento de las líneas aéreas de electricidad.
INDICADORES: Grado de cumplimiento de los plazos previstos en la ejecución de las obras.
FUENTE DE INFORMACIÓN: Encargado de Obra.
PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN: mensual (durante todo el período de obra).
RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN: Responsable de Medio Ambiente de la Obra o en su falta el Encargado de Obra.
OBJETIVOS: Reducción de los niveles de campo electromagnético producido por estas líneas.

evaluación ambiental

FDO.: Joaquín Rodríguez Grau

ANEXO I.

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES.

En el presente glosario se recogen las definiciones precisas de todos los términos utilizados a lo largo del presente documento. Estas definiciones se han tomado de la legislación en vigor en cuanto a contaminación electromagnética.

Para ello se ha creado un glosario de términos en el presente Anexo I, que recoge las definiciones de todos los términos utilizados en la elaboración del presente estudio. Asimismo, y a lo largo del documento, el lector podrá remitirse a este apartado para revisar las definiciones de términos que desee comprobar.

A efecto de dar cumplimiento en los contenidos mínimos exigidos en los estudios de incidencia ambiental, y para la correcta interpretación de la información contenida en este documento, se definen los siguientes términos en la legislación utilizada al respecto:

- (a) **Campos electromagnéticos:** A los fines de este estudio, el término campos electromagnéticos (CEM) comprende los campos estáticos, los campos de frecuencia extraordinariamente baja (FEB) y los campos de radiofrecuencia (RF), incluidas las microondas, abarcando la gama de frecuencia de 0 Hz a 300 GHz.

CANTIDADES FÍSICAS: En el contexto de la exposición a los CEM, se emplean habitualmente ocho cantidades físicas:

- (a) **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.
- (b) **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/m²).
- (c) **La intensidad de campo eléctrico** es una cantidad 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).
- (d) **La intensidad de campo magnético** es una cantidad 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).
- (e) **La densidad de flujo magnético o inducción magnética** es una cantidad 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 $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

- (f) **La densidad de potencia (S)** es la cantidad adecuada que se utiliza para frecuencias muy altas, cuya 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).
- (g) **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.
- (h) **La tasa de absorción específica de energía (SAR, specific energy absorption rate)**, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste, se define como la energía que es absorbida por unidad de masa de tejido corporal, 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 la RF. 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, como por ejemplo: la exposición a la RF 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 cantidades, 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.

ANEXO II.

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS (PROPORCIONADO POR UNESA)

INTRODUCCION

En la actualidad, y debido a la creciente preocupación de la sociedad por los posibles efectos en la salud de los campos electromagnéticos, se está generalizando la recopilación de datos y la toma de medidas por parte de la mayoría de las empresas eléctricas y por otras ajenas al Sector. Como es natural, cada empresa ha respondido a estos requerimientos según sus posibilidades técnicas y de personal y con la dotación que ha creído adecuada.

Con este documento, que no pretende ser norma, se intenta, al igual que se ha hecho en otros países, responder a la necesidad de unificar métodos de toma de medidas de intensidad de campo magnético (que es lo que más preocupa actualmente).

Mediante la utilización de este protocolo se logrará dar coherencia indispensable a los datos dispersos, y probablemente no comparables, obtenidos por los técnicos de las diferentes empresas.

Este documento está basado en otros protocolos cuyas referencias se pueden encontrar en la bibliografía (1, 2 y 3).

Para facilitar su utilización se divide parcialmente en varios protocolos diferentes, especificando la forma concreta de toma de datos en los distintos ámbitos que debe recorrer la energía eléctrica:

- Líneas de transporte y distribución.
- Subestaciones transformadoras.
- Centros de transformación.
- Red de baja tensión.
- Viviendas.

1. OBJETIVOS

El principal objetivo de este protocolo es, como ya se ha mencionado, facilitar un método de medida de intensidad de campo magnético que pueda ser útil a las empresas que voluntariamente quieran adoptarlo, y que sirva para que los datos así obtenidos sean comparables.

Con ello, además, se podrían conseguir los siguientes objetivos secundarios:

- Establecer una base de datos comparativos que puedan utilizar las empresas eléctricas para realizar estudios, informes o proyectos de investigación,
- Obtener series de datos reales que sean de aplicación para un diseño en el que la reducción de campos electromagnéticos sea posible,

- Suministrar datos coherentes e información coordinada, si fuera de utilidad hacerlo, a los particulares o instituciones que lo requieran.

2. GENERALIDADES

2.1. Método general de medida de campo magnético

Para realizar cualquiera de las medidas de campo magnético que se describen en los siguientes apartados de este protocolo, que se solicitan una serie de datos de carácter general que se han reunido en las tablas del Anexo I:

- Fecha y hora de comienzo y finalización de la medición,
- Datos sobre la persona que lo realiza,
- Identificación de la instalación,
- Empresa propietaria o suministradora de electricidad,
- Características del aparato de medida,
- Descripción del entorno,
- Datos climatológicos, etc.

Se tendrán en cuenta también las siguientes pautas generales:

- Se indicarán siempre las unidades de intensidad de campo magnético (μT).
- Se tomarán las medidas a una altura de 1 metro del suelo, a excepción de las medidas específicas y puntuales a aparatos, electrodomésticos o instalaciones eléctricas concretas.
- Se recabarán los datos de tensión e intensidad eléctricas de líneas, subestaciones y centros de transformación en el momento de realizar las medidas.
- Se describirán las instalaciones eléctricas o de telecomunicación que puedan encontrarse en las proximidades y se dibujarán en el croquis general.
- Se realizarán varias medidas de campo magnético de fondo a las distancias que se juzguen convenientes en cada caso (para grandes instalaciones un mínimo de 50m.).
- Se medirá siempre la resultante del campo magnético (no las componentes axiales del mismo) y se registrarán tanto la componente fundamental (Rf, 50 Hz) como la banda ancha (Rb, que se incluye la fundamental mas sus armónicos)

2.2. Material a utilizar

Los medidores de campo magnético más apropiados son los de bobina de inducción y de entre ellos aquellos que miden simultáneamente tres ejes. También se puede usar medida de inducción de

un solo eje, pero en este caso el medidor deberá orientarse en los tres ejes del espacio (x, y, z) y se calculará la resultante:

$$\sqrt{Bx^2 + By^2 + Bz^2}$$

Es importante suministrar los datos referentes al medidor utilizado: fabricante, modelo y fecha de fabricación. Los resultados deben expresarse en unidades de densidad de flujo magnético, microteslas (μT). Los medidores que expresan los resultados de esta forma son más exactos y además facilitan la comunicación con los usuarios. Se recomienda que las medidas tengan un rango de respuesta de 0,01 μT a 200 μT . Los medidores con rangos de respuesta restringida pueden no detectar todos los niveles de campo que se pueden encontrar dentro de una vivienda.

El rango de frecuencias al que responde el instrumento debe abarcar desde menos de 50 Hz a varios cientos de Hz, para poder medir los diferentes armónicos de la frecuencia fundamental. Para algunas instalaciones, lo más adecuado es utilizar medidores con capacidad de almacenamiento espacial, que suministran automáticamente los datos de una red de puntos.

2.3. Formularios y anexos

Los anexos incluyen diversos formularios para facilitar el proceso de medición de datos “in situ” y su posterior almacenamiento y análisis.

El anexo I consta de varias fichas con datos generales para cualquier tipo de medición excepto las de viviendas (capítulo 8), que precisa una mayor información sobre aspectos demográficos que están recogidos en el Anexo VI.

Los restantes anexos constan de fichas de datos específicos, diseñados para las correspondientes instalaciones eléctricas que son objeto de medición en los distintos capítulos de este protocolo.

3. PROTOCOLO PARA MEDIDAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS

3.1. Característica básica de la línea

En el anexo II se solicitan las siguientes características básicas de la línea:

- Tensión de servicio nominal.
- Número de circuitos.
- Tipo de aislador.
- Configuración de la línea.
- Tipo de soporte.
- Distancia a subestación, transposición o torre de ángulo más próxima.

- Distancia a otras líneas o posibles fuentes de perturbaciones.
- Intensidad de línea.

Si se conoce la resistividad del suelo se añadirá en el apartado de comentarios.

3.2. Condiciones eléctricas y ambientales

Además de los datos requeridos en los anexos I y II, habrá que tener en cuenta también los siguientes:

- Tensión real de servicio durante las medidas.
- Gradientes de potencial (medio o máximo en el caso de haces).
- Carga de la línea.
- Presencia de toma de tierra o no.

3.3. Recomendaciones sobre el procedimiento de medidas

Sobre el terreno se determinarán los perfiles transversales de un campo magnético de la línea a medir. Asimismo se efectuarán las medidas en el perímetro de una torre y del perfil transversal en dicha torre. También se obtendrá un perfil longitudinal de la línea.

Para el perfil transversal se tomarán medidas en las siguientes distancias a partir del centro de la línea y a ambos lados de la misma:

0 – 5- 10 – 15 – 20 – 30 – 50 m.

En la ficha de recogida de datos (anexo II) se especificarán en un cuadro con distancias de signo positivo las del lado derecho de la línea y con signo negativo las tomadas a la izquierda de la misma. Se considerará la izquierda y la derecha según el sentido que marque la denominación de la línea.

Asimismo se medirá entre el centro de la línea y la fase más externa y debajo de la fase más cercana al suelo. Los puntos a medir debajo de la línea serán los suficientes para determinar la variación del campo con la distancia. Los puntos del perfil podrán ser ampliados o reducidos en función de los niveles de campo magnéticos y dependiendo del tipo de línea. En el caso de las medidas en líneas de distribución sólo se realizarán las correspondientes al perfil transversal y longitudinal por ser los soportes de dimensiones mucho más reducidas.

3.4. Medida del campo magnético

Los datos se recogerán en las tablas del Anexo II.

Para las medidas del perfil transversal de campo magnético se tomarán valores de campo en cada una de las distancias especificadas anteriormente, tanto para el perfil en centro del vano como para el perfil en la torre. Las medidas se repetirán 2 o 3 veces por cada perfil (suele hacerse ida y vuelta).

Para la medida del perfil longitudinal se dividirá el vano en, al menos 5 puntos de medida equidistantes para cada uno de los cuales se medirá el valor del campo. Uno de dichos puntos deberá corresponder al centro del vano.

4. PROTOCOLO PARA MEDIDAS EN SUBESTACIONES

4.1. Tipología de las subestaciones. Diferencias principales

La variedad de tipos de subestaciones, es muy elevada, pero aquí y en aras de simplificar, se van a establecer únicamente las siguientes clases:

- **Exterior de interconexión y alimentación, ubicada en medio rural.** Son muy extensas (varias hectáreas) y, generalmente, están aisladas. De su perímetro salen líneas en varias direcciones.
- **Exterior o compacta, generalmente de alimentación, en medio urbano industrial o terciario.** Estas son menores; pueden estar parcialmente rodeadas de edificios o estructuras y sus entradas de líneas suelen estar más restringidas. Las salidas son frecuentemente subterráneas. En el caso de ser compacto alguno de sus sistemas, este carece de los embarrados típicos de las subestaciones.
- **Interior, subterránea o compacta, en medio urbano residencial.** En las urbanas interiores sus sistemas son generalmente compactos y las líneas, de todo tipo, son subterráneas.
- **De central o elevadoras.** Pueden variar mucho en su morfología y características, según pertenezcan a centrales hidráulicas o térmicas. En general, sus parques son más sencillos que en las de interconexión o reparto.

4.2. Condiciones eléctricas y ambientales

Además de la información general requerida en el anexo I, se debe recoger información minuto a minuto de los parámetros eléctricos de las distintas líneas, indicando las que estén fuera de servicio, las maniobras realizadas durante la medición, etc. Lo mismo respecto a los transformadores y a los alternadores que estén en servicio.

Se debe tomar nota de cableados, tuberías de agua, gas, iluminación o cualquier otro servicio presente y, si es posible, situarlos en el croquis (Anexo III).

4.3. Recomendaciones sobre el procedimiento de medida. Densidad de puntos

En todas las subestaciones, la experiencia recomienda realizar la medición de campo, no sólo en el interior de los edificios, galerías, túneles y en el parque o zona cercada, sino extender aquella a un anillo en torno al cerramiento, cuya anchura será variable, pero no debe ser inferior a 30 metros en

las subestaciones de reparto, en las que la abundancia de líneas de menor tensión y la proximidad de población, son más presentes.

A menos que las medidas que se precisen sean de tipo local u orientadas a un determinado elemento de la subestación, el producto a obtener será una red de puntos de medida, y, si se dispone de la herramienta informática adecuada, un plano con las curvas de isocampo correspondientes al intervalo de la medición (Anexo III).

En ambos casos, los puntos de medida serán los vértices de una malla ortogonal y su proximidad será variable según la densidad de elementos de la instalación. Para esto, lo idóneo, es disponer de un medidor con capacidad de almacenamiento espacial que suministre automáticamente los datos de dicha malla. En las zonas de abundancia de elementos eléctricos (bajo embarrados, cerca de los trafos y aparataje, en las galerías de salida de central a parque, etc.), se debe tomar al menos, una medida cada 5 m. formando una malla.

Es muy útil llevar una cuerda de material sintético en la que se hayan colocado señales claras cada 5 metros. Se tensa la alineación elegida y se mide sobre las señales. Una recomendación práctica es la de elegir las alineaciones de pórticos metálicos, de soportes de interruptores y otros elementos, los bordillos, canaletas de cables, fachadas y cualquier referencia que aparezca en los planos generales de ST.

En las zonas exteriores –o interiores con baja densidad- el criterio es el mismo, pero ampliando a una toma cada 10 m. (malla de 10 x 10). En torno a los edificios de control o de las celdas, puede ampliarse la toma de datos hasta un punto cada 3m. (malla de 3 x 3).

En las subestaciones urbanas de interior, las mediciones en el exterior (parques o zonas públicas), se harán en general cada 5 m., y cada 3 m. en las zonas de salida o entrada de cables. En el interior, serán función de las características geométricas y eléctricas. En las zonas interiores de las subestaciones de central y especialmente de cerca de alternadores, excitatrices o bandejas, se deben tomar medidas, al menos, cada 3 m., formando igualmente una malla.

4.4. Medida del campo magnético

Los datos se registrarán en las tablas del Anexo III.

El régimen de servicio de las subestaciones, donde las condiciones eléctricas fluctúan con cierta facilidad y donde se dan frecuentes maniobras, determina que puede ser suficiente la toma de uno o dos valores en cada punto, ya que es importante la celeridad en la toma (para evitar situaciones distintas), que la realización de promedios de cada medida.

En centrales de base (térmicas), la carga suele ser uniforme durante largos períodos de tiempo, por lo que no es tan importante la celeridad. En las hidroeléctricas, es más importante el recoger un registro de la evolución de la carga durante la medición.

5. PROTOCOLO DE MEDIDA EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

5.1. Características básicas de los centros de transformación

Un centro de transformación, cuya misión es reducir la tensión de una línea de media tensión, ya sea aérea o subterránea, para alimentar la red de baja tensión (B1 ó B2), puede adquirir muy variadas configuraciones en función del número de equipos que ha de alojar y de su ubicación, entre otras variables. Existen pues múltiples tipos de centros, por lo que este protocolo supone unas mínimas características generales que son comunes a todos ellos. Sólo se restringen las posibilidades en el sentido de considerar al centro como un recinto cerrado, excluyéndose por lo tanto los transformadores de intemperie situados sobre apoyos elevados.

5.2. Condiciones eléctricas y ambientales

En el formulario del Anexo I se solicitan, además de la información general, datos descriptivos del centro, su ubicación y características de su entorno, datos necesarios para el análisis correcto de los datos.

En el Anexo IV, específico de centros de transformación, se requiere la lectura del amperímetro en cada uno de los cuadros de baja tensión existentes en el centro por ser un parámetro relevante para la interpretación de los datos.

5.3. Datos referentes a la realización de las medidas

En función de que el centro sea “exento” (accesible directamente), subterráneo, dentro de un edificio, etc., serán modificables las opciones de medición en el exterior del mismo.

Si las dimensiones del centro de transformación lo permiten, es aconsejable realizar, además de las mediciones puntuales, una medida en superficie que abarque la totalidad del centro.

Se realizará un croquis del centro de transformación con su forma y dimensiones aproximadas en planta. En caso de no disponer previamente de un plano de la instalación, será conveniente el empleo de una cinta métrica. El croquis debe reflejar como mínimo los aspectos siguientes:

- Ubicación de el/los transformador/es.
- Ubicación de las celdas de media tensión.
- Ubicación de el/los cuadros de baja tensión.
- Situación de el/los puntos de entrada/salida de la/s línea/s de media tensión.
- Situación de el/los puntos de salida de los cables de baja tensión.

- Situación de los puntos de medida, numerados. El número de identificación se acompañará de la letra “i” para lecturas interiores o de la “e” para lecturas exteriores.

5.4 Medida del campo magnético

Lecturas interiores: Las lecturas en el interior del centro de transformación serán las siguientes (todas ellas realizadas a 1 metro de altura sobre el suelo):

A 50 cm de la frontal de cada cuadro de baja tensión.

A 50 cm de la frontal de cada celda de media tensión.

A 50 cm de cada lateral accesible de el/los transformador/es.

Lecturas perimetrales: En el perímetro del centro de transformación, y siempre según las limitaciones impuestas por su ubicación, se realizarán las siguientes medidas (todas ellas realizadas a 1 metro de altura sobre el suelo):

En los puntos medios de las paredes extremas.

En todas las esquinas exteriores del centro.

En los dinteles de las puertas de acceso (ya sea al interior del centro o a los transformadores).

En los puntos de entrada y salida de la línea de media tensión.

En los puntos de salida de los cables de baja tensión.

Resultado de las medidas

En el formulario del Anexo IV se ha previsto una tabla de resultados, en donde se reflejarán todas las medidas efectuadas con indicación del número correspondiente a cada ubicación, que será coincidente con los marcados en el croquis.

6- PROTOCOLO DE MEDIDAS EN RED DE BAJA TENSIÓN

6.1. Características básicas de las redes de baja tensión

Desde su origen en el centro de transformación, hasta su finalización en la caja general de protección, la red de baja tensión es el último eslabón en la cadena de distribución de energía eléctrica. Su elemento principal, el conductor, se habrá elegido en función de dos parámetros fundamentales: la potencia a suministrar, de la que dependerá directamente la intensidad que circule por el mismo, y la distancia que separa al receptor del centro de transformación desde el cual se alimenta. Estos, unidos a la naturaleza de dicho conductor (generalmente cobre o aluminio), determinan su sección.

Otros elementos como cajas de protección, útiles de conexión, apoyos, etc., permitirán la instalación y protección de nuestras redes en medios rurales y urbanos.

Según el tipo de instalación, podemos diferenciar:

- Red convencional (cobre desnudo sobre aisladores de vidrio o porcelana).
- Red aérea trenzada (conductor de aluminio, aislado en haz en instalación posada sobre fachada o tensada).
- Red subterránea (conductor de cobre, aislado bajo tubo).

6.2. Condiciones eléctricas y ambientales

Se utilizará el anexo I para los datos generales de la instalación y condiciones ambientales.

En el formulario “Referencias para toma de valores” del Anexo V, hemos dado especial importancia a los cambios de dirección en la configuración de la red de baja tensión (puntos de mayor concentración), y a los lugares en los que el conductor queda más próximo a los usuarios.

Asimismo, en el impreso “Características de la red”, además de las características técnicas (sección e intensidad) y de ubicación de las instalaciones, se ha previsto la posibilidad de coexistencia de más de una red de baja tensión en un mismo punto y que éstas puedan ser de distinta naturaleza.

6.3. Datos referentes a la realización de las medidas

Los puntos de la instalación que estimamos importantes para la captura de valores, los señalamos en las ilustraciones de “Referencias para tomas de valores”, donde se señalan especialmente los cambios de dirección de la red, sin que esto signifique que sean los únicos puntos donde debemos medir, ya que cajas de protección, elementos de conexión y empalme, arquetas, etc., son elementos a tener en cuenta.

Se realizará un croquis detallado de la situación de la red (calles, edificaciones, etc.), indicando la situación de todos los elementos que componen la misma (apoyos, cajas de protección...), donde identificaremos los puntos de medida, numerados.

6.4. Medida del campo magnético

Red posada sobre fachada

La medida se realizará a una distancia del punto a medir equivalente a la distancia entre dicho punto y el punto más próximo en el interior de la edificación donde pueda situarse normalmente un usuario.

Red aérea

Se medirá debajo del punto señalado con una flecha del vano. Iremos tomando valores a 0 m., 0,1 m., 0,25 m., 1 m., 2 m., 4 m., y 6 m. a cada lado del conductor. Además se tomarán datos bajo conjuntos de amarre o suspensión, cajas de cambios de sección, elementos de conexión, etc.

Red subterránea

En este tipo de instalaciones es donde se encuentra la mayor dificultad, ya que no siempre es posible localizar exactamente la ubicación del conductor.

Las arquetas servirán de referencia, además de ser éstas el punto donde normalmente la canalización cambia de dirección.

De no tener croquis de la instalación, y no existir puntos que claramente evidencien la situación exacta del conductor, se tomarán como valores de campo magnético, los más altos, por entender que ése es el punto más próximo al conductor enterrado. Todas las medidas se reflejarán en el impreso "Toma de Datos" del anexo V.

7. PROTOCOLO DE MEDIDAS EN VIVIENDAS

Antes de dirigirnos al lugar requerido, a tomar los datos, es conveniente recopilar la mayor cantidad de información posible sobre el mismo:

- Empresa suministra de electricidad
- Instalaciones eléctricas cercanas
- Distancia a líneas, subestaciones de alta o baja tensión o centros de transformación próximos, etc.
- Configuración de la toma de tierra del edificio.

Para la toma de datos se utilizarán los formularios y hojas de registro del Anexo VI.

Se dibujará un esquema o croquis del lugar a medir y de las instalaciones y líneas eléctricas que se encuentren cerca. Además de las indicadas se pueden realizar otras medidas opcionales a requerimiento de los clientes o por algún motivo concreto de interés. Es frecuente que se solicite medir cerca de algún aparato o instalación eléctrica, algún electrodoméstico, etc. lo cual puede redundar en una mayor información más completa, tanto para la empresa como para el cliente.

También se pueden distribuir como información más completa, tanto para la empresa como para el cliente. También se pueden distribuir como información adicional folletos divulgativos.

7.1. Medidas en el interior

A.- Condiciones de bajo consumo

Si el usuario lo permite, la primera tanda de medidas puede realizarse quitando los plomos, o por lo menos reduciendo al máximo en número de aparatos eléctricos en funcionamiento. Se medirá en el centro de todas las habitaciones de uso más común, alejándonos lo más posible de aparatos eléctricos en funcionamiento.

B.- Condiciones de máximo consumo

Se repiten las medidas con el mayor número de aparatos eléctricos funcionando en la casa. Esto permite valorar la contribución al campo magnético de las instalaciones eléctricas externas a la vivienda.

7.2. Medidas en el exterior

En las viviendas unifamiliares se medirá en las cuatro esquinas más distantes de la casa y en los puntos medios de las cuatro paredes. Los puntos de medida se señalarán también en el dibujo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Residential EMF Measurement Protocol. EMF TAC Committee Convenor Residential Measurement Protocol Working Group. Octubre, 1994. Australia.
- Power Frequency Magnetic Fields: A Protocol for conducting spot Measurements in Residential Settings. The National EMF Measurement Protocol Group. Edison Electric Institute. EE.UU.
- Protocolo de medidas de perturbaciones medioambientales de origen eléctrico generadas por las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica. ASINEL. Proyecto PIE: PERMED 132.281-03.
- IEE Standard Procedures for Measurement of Power Lines. (1987). CEI 833. Measurement of Power Frequency Electric Fields. (1987).
- Olsen R, Bracken D, Chartier V, Dovan, R. Jaffa K, Misakian M, Stewart J. An evaluation of instrumentation used to measure AC power system magnetic fields. IEEE Transactions on Power Delivery 1991 January; 6;373-83.
- Laboratory Testing of Commercially Available Power Frequency Magnetic Field Survey Survey Meter. Washington, DC.: United States Environmental Protection Agency; 1992 June. Report No. 400R-92-010.
- Testing and Evaluation of Magnetic Field Meters. Ames, Iowa; The Electric Power Research Center at Iowa State University; 1994 June.

INTERIOR EDIFICIO

DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO:.....

CLASE: URBANO / URBANIZABLE / NO URBANIZABLE

CLASIFICACIÓN RESIDENCIAL / SERVICIOS / INDUSTRIAL

USO: CULTIVOS / PASTOS / MONTE.

DISTANCIA AL LUGAR HABITADO MAS CERCANO (m):.....

MOTIVO DE LA MEDICIÓN:
.....
.....

DATOS REFERENTES A LA MEDIDA

Día.....Mes.....Año.....

HORA INICIO.....HORA FINAL.....

EQUIPO/MEDIDA:

MARCA.....

MODELO.....

ULTIMA CALIBRACIÓN.....

UNIDADES: μ T

PERSONA QUE REALIZA LA MEDIDA:

APELLIDOS:.....

NOMBRE.....

DEPARTAMENTO.....

CLIMATOLOGÍA

TEMPERATURA:.....HUMEDAD R^{va}:.....PRESIÓN ATM:.....

VIENTO:.....LLUVIA:.....INSOLACIÓN.....

MEDIDAS DE FONDO DE CAMPO MAGNÉTICO

DISTANCIA A LA INSTALACIÓN	Rb	Rf

COMENTARIOS: (Resistividad =).....
.....
.....

CROQUIS DE LA INSTALACIÓN

Situar los puntos de medida, numerados

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

REGISTRO DE CAMPO MAGNÉTICO EN LÍNEAS ELÉCTRICAS

LÍNEA	
TENSIÓN NOMINAL:	NÚMERO DE CIRCUITOS:
TIPO DE AISLADOR:	TIPO DE SOPORTE:
CONFIGURACIÓN LÍNEA:	TOMA DE TIERRA:
VANO DE MEDIDA:	ALTURA CONDUCTOR MAS BAJO:
DISTANCIA A SUBESTACIÓN, TORRE O ÁNGULO:	
DISTANCIA A OTRAS LÍNEAS:	
SUCIEDAD CONDUCTORES Y AISLADORES:	
INTENSIDAD:	

MEDIDAS DE PERFIL LONGITUDINAL

	1°	2°	3°	4°	5°
R_b					
R_f					

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

MEDIDAS DE PERFIL TRANSVERSAL

Derecha (*)	HORA	Primera Medida		Segunda Medida	
DISTANCIA		Rb ₁	Rf ₁	Rb ₂	Rf ₂
P.C. (0 m.)					
P. Int.					
P. Ext.					
5 m.					
10 m.					
15 m.					
20 m.					
30 m.					
50 m.					

Izquierda (*)	HORA	Primera Medida		Segunda Medida	
DISTANCIA		Rb ₁	Rf ₁	Rb ₂	Rf ₂
P.C. (0 m.)					
P. Int.					
P. Ext.					
5 m.					
10 m.					
15 m.					
20 m.					
30 m.					
50 m.					

(*) Se considerará la izquierda y la derecha según el sentido que marque el nombre de la línea.

REGISTRO DE CAMPO MAGNÉTICO EN SUBESTACIONES

DATOS DE LA INSTALACIÓN

CLASE DE SUBESTACION ELEVADORA INTERCONEXIÓN
DISTRIBUCIÓN REPARTO

RELACIONES DE TRANSFORMACIÓN.....

LÍNEAS DE ENTRADA (LE).....kV.....CIRCUITOS

LÍNEAS DE SALIDA (LS).....kV.....CIRCUITOS

SERVICIOS AUXILIARES (SA).....Kv.....CIRCUITOS

TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....Kv.....CIRCUITOS

T-1 deMVA y RELACIÓN.....

T-2 deMVA y RELACIÓN.....

T-3 de.....MVA y RELACIÓN.....

T-4 de.....MVA y RELACIÓN.....

t -1 de.....KVA y RELACIÓN.....

RELLENAR O RODEAR CON UN CÍRCULO LA OPCIÓN QUE CORRESPONDE EN CADA CASO

REGISTRO DE CAMPO MAGNÉTICO EN SUBESTACIONES

DATOS REFERENTES A LA MEDICIÓN

POTENCIA DE TRANSFORMACIÓN.....

T-1.....T-2.....T-3.....T-4.....T-5.....

t-1.....

POTENCIA MEDIA DE LOS CIRCUITOS

LE-1.....LE-2.....LE-3.....LE-4.....LE-5.....

LS-1.....LS-2.....LS-3.....LS-4.....LS-5.....

LS-6.....LS-7.....LS-8.....LS-9.....LS-10.....

MANIOBRAS O TRANSITORIOS DURANTE LA MEDICIÓN.....

.....

COMENTARIOS:

.....

.....

.....

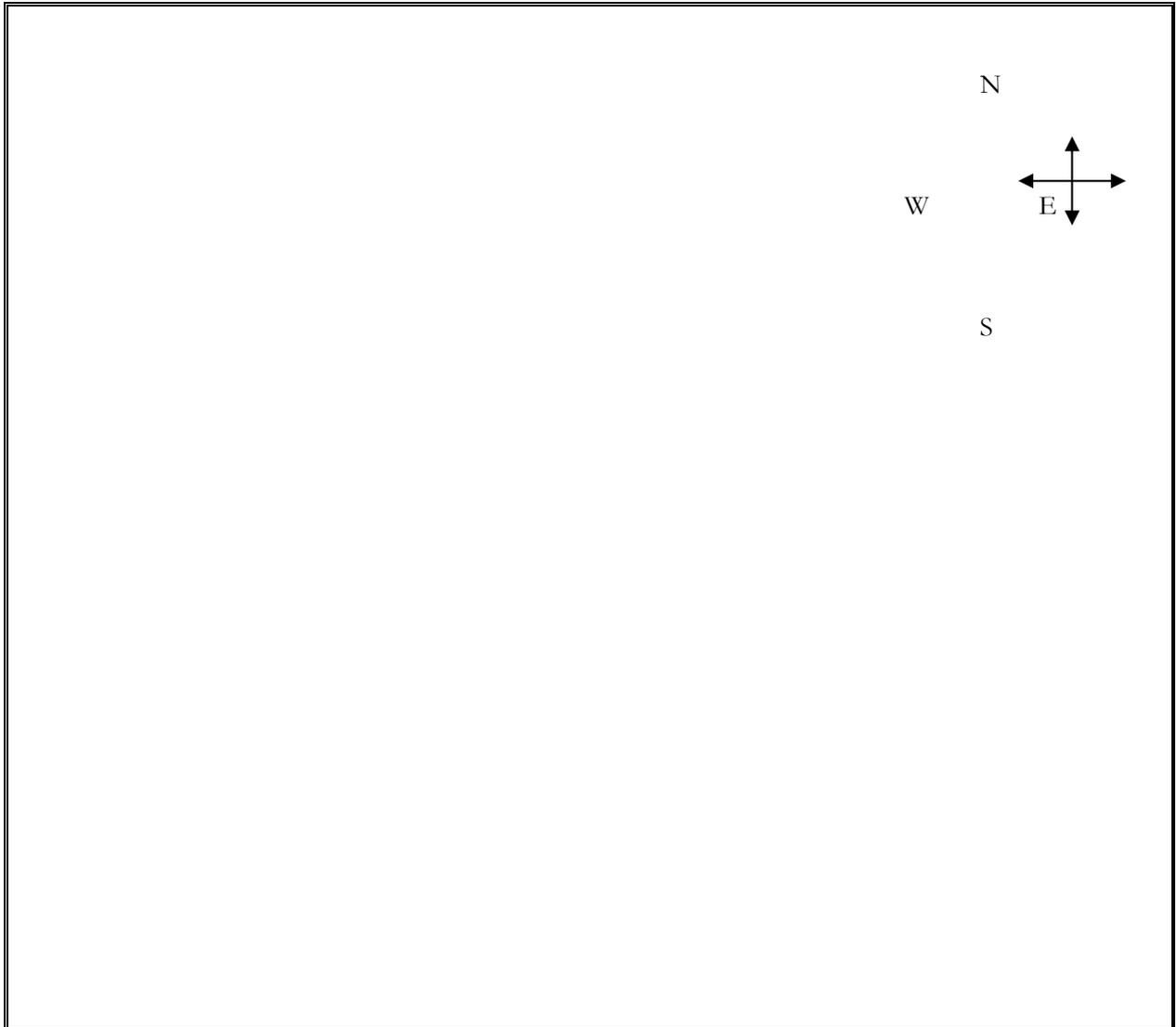
.....

.....

.....

REGISTRO DE CAMPO MAGNÉTICO EN SUBESTACIONES

PLANO DE LA SUBESTACIÓN, AREA DE MEDIDA Y TRANSECTOS

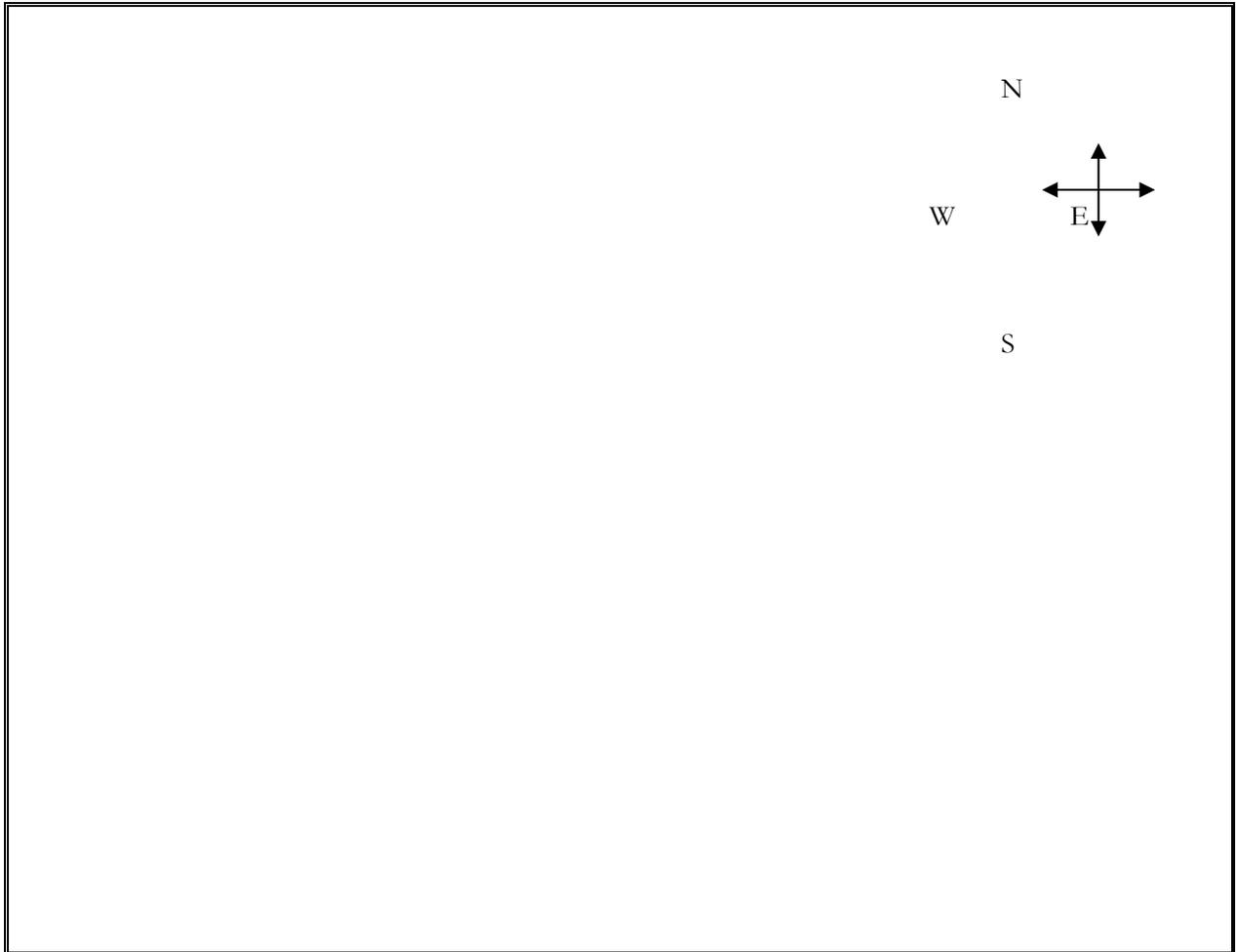


LEYENDA

T-n, transformadores; LE-n, circuitos de entrada; LS-N circuitos de la salida

SA, servicios auxiliares....., transecto realizado.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES



REGISTRO DE MEDICIONES DE CAMPOS MAGNETICOS EN CENTROS DE TRANSFORMACION

DATOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

Tensión circuito primario (kV) _ _ _ _ _

Tensión circuito secundario: B1 B2

Nº transformadores: _ _ _ _ _ Nº celdas MT: _ _ _ _ _

Nº cuadros BT: _ _ _ _ _ Nº salidas BT: _ _ _ _ _

DATOS REFERENTES A LA MEDIDA

Lectura de intensidad en los cuadros de BT

Cuadro Intensidad (A) Amperímetro Pinza amp.

Cuadro Intensidad (A) Amperímetro Pinza amp.

Cuadro Intensidad (A) Amperímetro Pinza amp.

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN CENTROS DE TRANSFORMACION

CROQUIS DEL CENTRO

Indicar forma y dimensiones aproximadas, y situar los transformadores, celdas, cuadros BT, y puntos de entrada y salida de líneas MT y cables BT.

Situar los puntos de medida, numerados

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

PUNTO	Descripción (MEDIDAS INTERIORES)	R _B	R _F
1i			
2i			
3i			
4i			
5i			
6i			
7i			
8i			

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

PUNTO	Descripción (MEDIDAS INTERIORES)	R _B	R _F
1e			
2e			
3e			
4e			
5e			
6e			
7e			
8e			
9e			
10e			

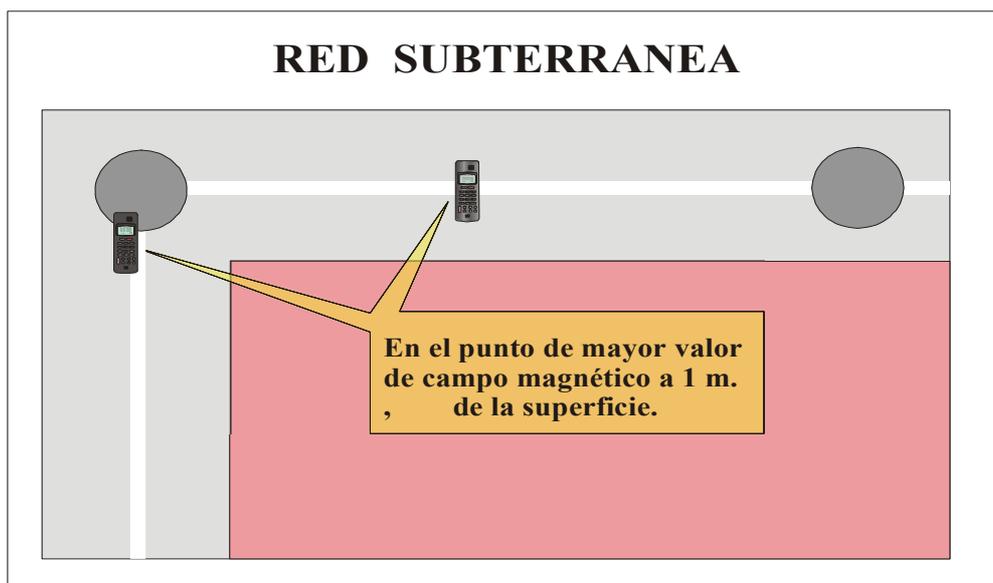
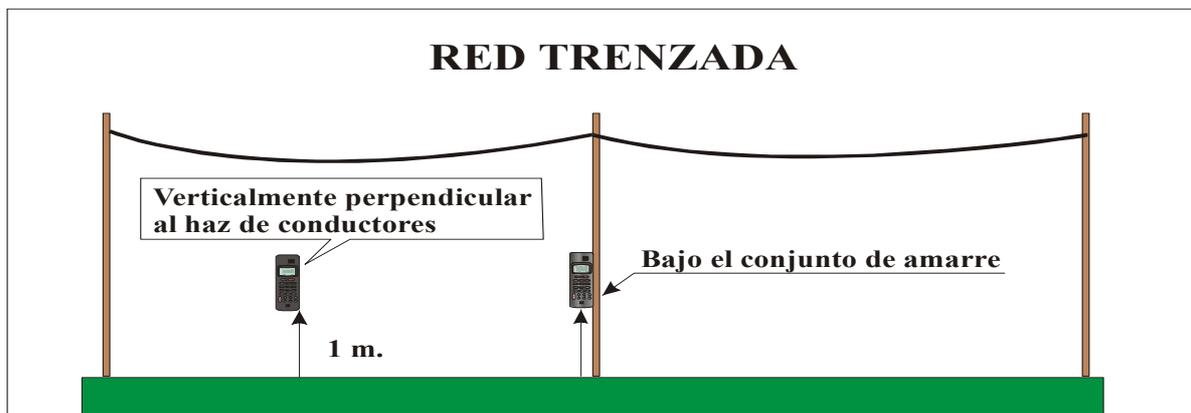
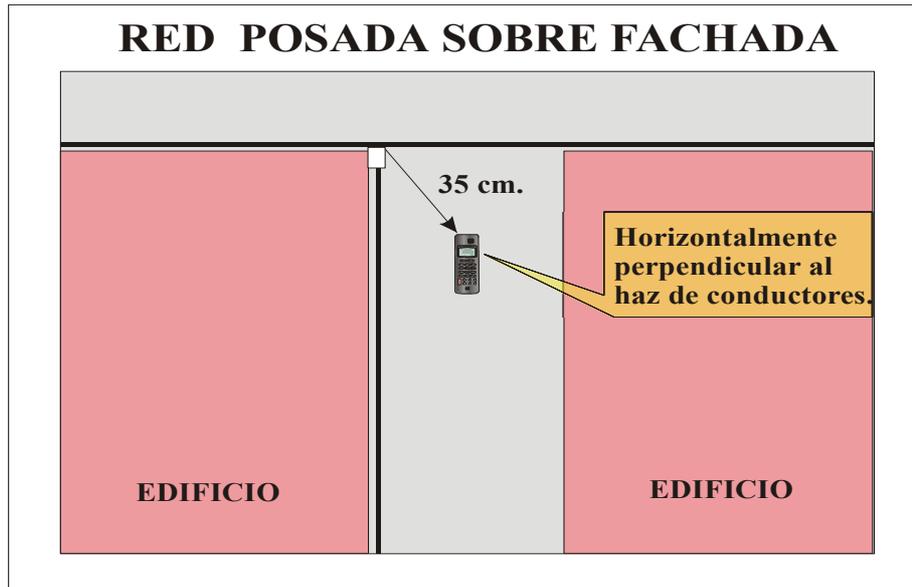
REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN CENTROS DE TRANSFORMACION

COMENTARIOS:

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

Datos Generales

<p>Solicitante</p> <p>D. Dirección: Teléfono: Código cliente: Potencia Contratada (KW): Consumo Medio KWh: Tipo de Suministro: Próximo contacto:</p>	<p>Sector</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Viviendas<input type="checkbox"/> Comercios<input type="checkbox"/> Explotación Ganadera<input type="checkbox"/> Explotación Agrícola<input type="checkbox"/> Aparatos Electrónicos<input type="checkbox"/> Industria<input type="checkbox"/> Otros
<p>Observaciones</p>	



REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN VIVIENDAS

1. DATOS DEL USUARIO

N° Registro

Nombre:

Dirección:

calle o plaza

N°

Piso

.....

cuidad

código postal

Teléfono :

casa

trabajo

Trabajo:

Zona de servicios de la compañía eléctrica

Vivienda

Unifamiliar

Piso

Propiedad

Si

No

Viven en este domicilio

Menos de 1 año

1 a 5 años

5 a 10 años

Mas de 10 años

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

Nº de hijos:

Autoriza a medir en el interior de la vivienda Si No

Nombre, fecha y firma

¿Es la primera vez que pide que se hagan medidas en su casa?

Si No

¿Existe alguna instalación eléctrica cerca de la vivienda?

Si No

Línea eléctrica Si No Tipo:

Subestación o transformador Si No

Nombre, cargo y firma de quién hace las medidas

.....

OBSERVACIONES

REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN VIVIENDAS

2. REGISTRO DE DATOS

Nº Registro

UNIDADES: μT

Fecha

Hora

Inicio

final

2.1 Interior de la vivienda

Croquis de la vivienda



Planta baja

Primera planta

Segunda planta

Tercera planta

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

PUNTOS MEDIDOS

PUNTO	BAJO CONSUMO		ALTO CONSUMO	
	Rb	Rf	Rb	Rf
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Rb: Banda ancha

* Rf: Fundamental

REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN VIVIENDAS

2.2 Exterior de la vivienda

Fecha

Hora

Inicio Final

Nº Registro

UNIDADES: μT

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

Croquis de la vivienda



Distancia a instalaciones eléctricas

Tipo de instalación

PUNTOS MEDIOS

PUNTO	BAJO CONSUMO		ALTO CONSUMO	
	Rb	Rf	Rb	Rf
1				
2				
3				
4				

REGISTRO DE CAMPOS MAGNETICOS EN VIVIENDAS

N° Registro

ANEXOS DEL ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA correspondiente al ESTUDIO DE INCIDENCIA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN URBANA DE ALCOBENDAS.

UNIDADES : μT

3. OTRAS MEDIDAS SOLICITADAS POR EL PARTICULAR

3.1 Habitaciones

HABITACIONES	SITUACION Y DESCRIPCION	MEDIDA	
		Rb	Rf

3.2 Aparatos y equipos

Zona de medida (*)	Aparato (Marca)	MEDIDAS			
		En contacto (**)		A 30. cm.	
		Rb	Rf	Rb	Rf

(*) F, T, D, I : Frente, detrás, derecha, izquierda

(**) Contacto con las bobinas del aparato de medida.

ANEXO III.

ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN UTILIZADAS (DESCRIPCIONES TÉCNICAS)

TM 200 MEDIDOR DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS

El **TM 200** es un medidor de intensidad de campos alternos eléctricos y magnéticos, también llamado "contaminación electromagnética" (electrosmog).

La contaminación electromagnética está presente en aquellos sitios con electrodomésticos, ordenadores, TV, y otros aparatos eléctricos, transformadores y líneas de alta y baja tensión.

Los campos eléctricos se miden en voltios por metro **V/m**.
 Los campos magnéticos se miden en micro Teslas (μT), nano Teslas ($1 \mu\text{T} = 1.000 \text{ nT}$)
 También en miliGauss ($1 \text{ mG} = 100 \text{ nT}$) ($10 \mu\text{T} = 100 \text{ mG}$).

El **TM 200** dispone de 4 escalas de medición que cubren de **0 a 1.999 μT y V/m** respectivamente.



Estas son las 4 escalas:

0 - 2	Resolución:	0 - 1,999 μT	Igual a: 1,999 nT	Igual a : 19,99 mG
0 - 20	"	0 - 19,99 μT	" 19,990 nT	" 199,9 mG
0 - 200	"	0 - 199,9 μT	" 199,900 nT	" 1,999 mG
0 - 2.000	"	0 - 1.999 μT	" 1.999.000 nT	" 19.990 mG

El bajo consumo permite muchas horas de funcionamiento, su pantalla LCD de 13,5 mm es de fácil lectura. Su diseño con la sonda de medición separada permite una cómoda medición.

DATOS TÉCNICOS:

Alimentación:	Pila de 9 voltios. Consumo: 6 mA.
Indicación por pantalla:	LCD de 3 ½ dígitos de 13,5 mm de altura.
Rango de medición:	0 a 1999 μT (microTesla) 0 a 1999 V/m (voltio por metro).
Rango de frecuencia:	de 10 Hz hasta 1 kHz
Precisión:	entre 16 Hz y 200 Hz = 2%. Menos de 16 Hz y más de 200 Hz = 10%.
Tamaño	Instrumento: 145 X 80 X 35 Sensor: 135 X 68 X 32 mm.
Salida DC OUT analógica	de 0 a 199 mV (milivoltios)