



FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE
MUNICIPIOS Y PROVINCIAS



SERVICIO DE ASESORAMIENTO TÉCNICO E INFORMACIÓN

Informe SATI

“Justificación técnica para la ubicación de emplazamientos de telefonía móvil. Distancias de seguridad para los ciudadanos”

Septiembre 2008



Índice:

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN: Propagación de las señales 4	
3.	FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL: Necesidad de estaciones base y de una ubicación adecuada.....	6
3.1.	Estaciones base.....	9
3.1.1.	Clasificación de las estaciones base	12
3.2.	Terminales.....	13
4.	VOLÚMENES DE PROTECCIÓN: Aislamiento de las zonas próximas a las estaciones base	14
5.	ESPACIOS SENSIBLES EN EL ENTORNO DE ESTACIONES BASE.....	16
5.1.	Real Decreto 1066/2001	16
5.2.	Orden CTE/23/2002.....	18



Listado de figuras:

Figura 1 Atenuación de la potencia con la distancia	5
Figura 2 Bandas de uso de la telefonía móvil en España.....	6
Figura 3 Red celular.....	7
Figura 4 Esquema de red de telefonía móvil	9
Figura 5 Emisión de la antena	10
Figura 6 Bloqueo de la señal sobre el edificio	11
Figura 7 Ejemplos de antenas de telefonía móvil	13
Figura 8 Volumen de referencia.....	15
Figura 9 Límites de seguridad	16



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe pretende ofrecer al lector, de una forma sencilla y divulgativa, algunas claves técnicas básicas que justifican la ubicación de los sistemas de radiocomunicación, y particularmente los sistemas de telefonía móvil, en los entornos rurales y urbanos y la distancia a la que se sitúan de las zonas de tránsito habitual de personas.

Estos argumentos técnicos se basan, en el funcionamiento de este tipo de sistemas para ofrecer a los ciudadanos un servicio de calidad y en las medidas de seguridad que los facultativos competentes toman en el diseño de los mismos cumpliendo con la normativa vigente que garantiza la protección del público en general.

2. FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN: Propagación de las señales

Los sistemas de radiocomunicación están basados en las técnicas de emisión y recepción de ondas electromagnéticas, permitiendo la transmisión de información a cualquier punto, sean fijos o móviles. Algunas de las aplicaciones más importantes son:

- Comunicaciones móviles
- Radiodifusión sonora y televisión
- Radioenlaces y comunicaciones por Satélite.
- Radionavegación, Teledetección y Telecontrol.

Para poder establecer una comunicación son necesarios los siguientes elementos:

- Estación transmisora, encargada de generar una señal electromagnética que se emite al espacio por medio de una antena y que se propagará hasta el equipo receptor. Para la transmisión de una señal se requiere una potencia y frecuencia determinada.
- Equipo receptor, detecta la señal emitida por la estación transmisora y extrae la información, que puede ser voz, imágenes, datos o todo a la vez.

Los campos electromagnéticos se propagan de manera tal que su valor disminuye con la distancia recorrida por la onda y la densidad de potencia disminuye con el cuadrado de la distancia. La atenuación que experimentan las ondas electromagnéticas al propagarse por el espacio es tan elevada que a pocos metros de las antenas los niveles son muy pequeños por lo que siempre se cumplen los límites de exposición fijados.

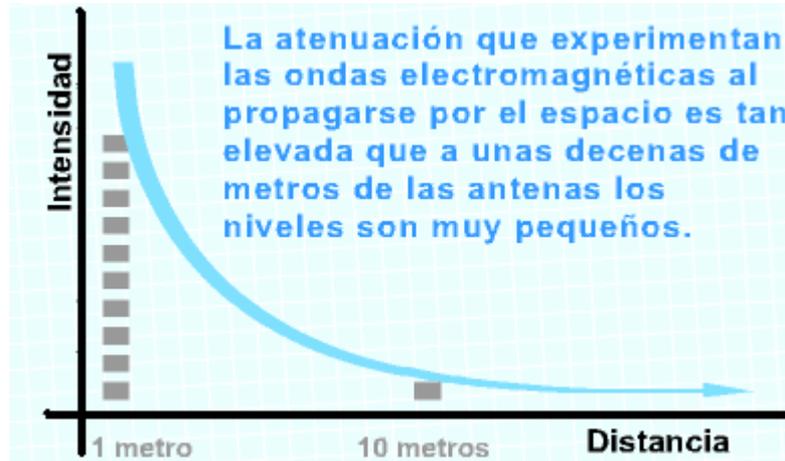


Figura 1 Atenuación de la potencia con la distancia

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio, atenuándose con la distancia, rápidamente, por lo que a poca distancia de los elementos radiantes, los niveles son muy pequeños y se encuentran por debajo de los límites de exposición establecidos por los diferentes Organismos de referencia.

De esta forma, la incidencia de elevadas potencias emitidas sobre las personas por los sistemas de radiocomunicación no resulta un hecho crítico a la hora de determinar la ubicación de estos sistemas en entornos urbanos y rurales. Muy pocos metros de distancia de una estación radioeléctrica a las zonas de tránsito habitual de público ya pueden considerarse distancias seguras para los ciudadanos.

3. FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL: Necesidad de estaciones base y de una ubicación adecuada

La telefonía móvil es un servicio de telecomunicación que se presta a un usuario de localización no determinada (móvil), situado dentro de un área definida. El objetivo es ofrecer un acceso vía radio a los abonados de telefonía móvil, de forma que puedan realizar y recibir llamadas dentro del área de cobertura del sistema.

Las bandas de frecuencia asignadas por el CNAF (Centro Nacional de Atribución de Frecuencias) a la telefonía móvil en España son:

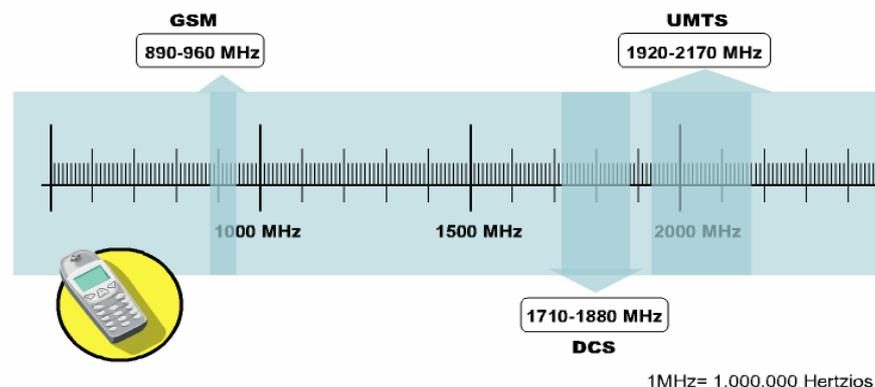


Figura 2 Bandas de uso de la telefonía móvil en España

Los sistemas de telefonía móvil soportan en la actualidad servicios de comunicación vocal, datos y vídeo que varían en función del sistema utilizado.

Las señales de telefonía móvil se propagan hasta distancias limitadas. Además de propagarse el rayo directo, la señal penetra en los edificios y se propaga por difracción y reflexión. Debido a esta limitación en distancia, por requisitos de capacidad y para poder ofrecer el servicio entre usuarios alejados, es necesario planificar y dividir la zona de cobertura en celdas, cada una de ellas con una estación base en su centro. Generalmente, la zona que se desea cubrir está formada por una malla de celdas hexagonales con una estación base en el centro, aunque esta estructura no suele ser regular debido a las características del terreno y la capacidad demandada en cada celda. Esta configuración permite la reutilización de frecuencias en celdas alejadas entre sí.

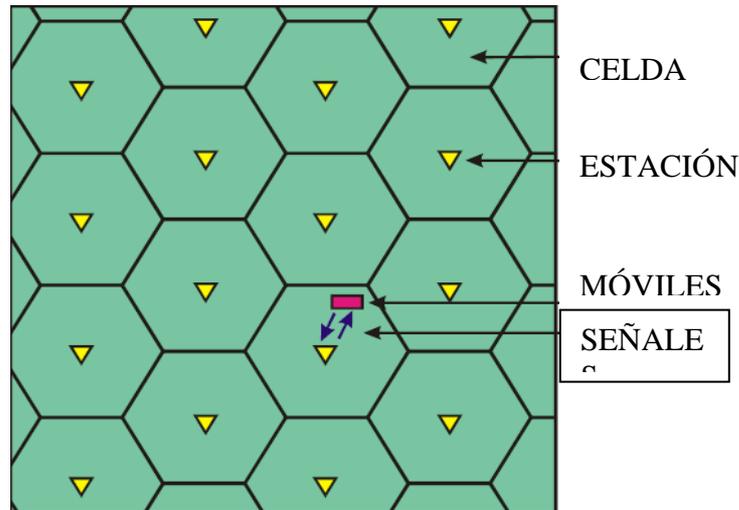


Figura 3 Red celular

Debido al aumento espectacular del uso de la telefonía móvil el tamaño de la celda ha ido disminuyendo paulatinamente. Esto se debe a que para poder ofrecer los servicios a todos los usuarios situados en una determinada zona, sobre todo en zonas muy pobladas, se necesitarían muchas conexiones simultáneas y como cada estación base tiene un número limitado de conexiones simultáneas, es necesario reducir el área de cobertura y aumentar el número de estaciones base para cubrir la misma zona. Por eso, en ambientes urbanos se deben instalar estaciones de muy baja potencia que dan servicio a celdas de reducido tamaño (microceldas y picoceldas).

De esta forma y con objeto de proporcionar un servicio de calidad y minimizar la potencia emitida en los entornos urbanos se hace necesario instalar un elevado número de ubicaciones para estaciones base cuya distancia a las zonas de tránsito habitual de público no ha de ser elevada.

Sólo en determinados casos, por ejemplo, en zonas rurales sin obstáculos que impidan la propagación de las señales y donde el número de usuarios es reducido, se pueden diseñar celdas más grandes que sean atendidas por una sola estación base. Estos casos no son los habituales debido, como ya se ha señalado, al elevado uso de la telefonía móvil en la actualidad.

Todos los sistemas que integran la red de telefonía móvil incluyen un control de potencia, que permite ajustar la potencia transmitida al valor mínimo para asegurar la viabilidad del enlace establecido (recepción de señal con calidad suficiente). De este modo, se consigue reducir las interferencias, aprovechar más los recursos y aumentar los tiempos entre recargas de las baterías de los terminales. En este proceso se limita también en gran medida la emisión electromagnética producida por los terminales.

La telefonía móvil exige la existencia de una serie de elementos fundamentales:

- Terminales móviles (*MS, Mobile Stations*). Son los teléfonos móviles. Son aquellos equipos que suministran el servicio demandado por los usuarios en el lugar, instante y formato (voz, datos y vídeo) adecuados.
- Estaciones base (*BTS, Base Transceiver Stations*). Son las encargadas de mantener el enlace vía radio con los terminales móviles, es decir, son el punto de conexión del terminal móvil con la red celular. Las estaciones base se componen de:
 - Antena: emisora y receptora de señales de radio.
 - Equipos electrónicos: sirven para establecer y mantener la comunicación.
 - Baterías: garantizan el funcionamiento en caso de corte del fluido eléctrico.
 - Sistemas de refrigeración: permiten el funcionamiento correcto de los equipos durante las épocas de mayor calor.
 - Soporte o torre para la antena de tipología diferente según el tipo de estación.
 - Caseta, camino de acceso y otros elementos asociados.(Para más información Ver "Ficha descriptiva: Funcionamiento de una estación base y sus elementos")
- Controlador de estaciones base (*BSC, Base Station Controller*). Gestiona un grupo de estaciones base que están a su cargo. Por ejemplo, una de las funciones que realiza es gestionar el cambio del canal ocupado por un terminal móvil cuando éste pasa a la zona de cobertura de otra estación base.
- Centros de conmutación (*MSC, Mobile Switching Centres*). Son los centros que permiten la conexión con las redes públicas y privadas y la interconexión de usuarios situados en distintos puntos geográficos.

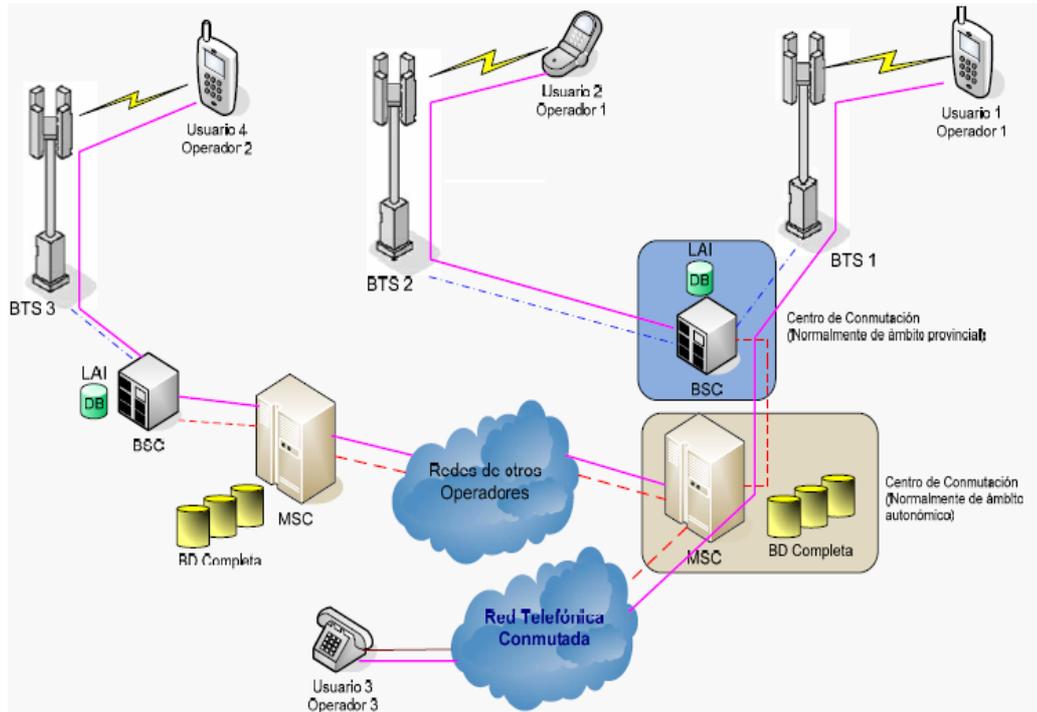


Figura 4 Esquema de red de telefonía móvil

Así, hay que tener en cuenta que la situación física de las estaciones de telefonía móvil y su distancia a las zonas de tránsito de público también dependen de la configuración técnica de todos los elementos necesarios, incluida la conexión con la red telefónica conmutada (telefonía fija).

3.1. Estaciones base

La estación base es el elemento encargado de gestionar todas las comunicaciones móviles que se realizan en su zona de cobertura y enlazarlas con el resto del sistema, desde donde se encaminarán a otras redes fijas o móviles alternativas.

Los elementos más visibles de una estación base son las antenas, que emiten la energía electromagnética necesaria para establecer la comunicación con los usuarios de teléfonos móviles que se encuentran en la zona de cobertura de esta estación base. Además de las antenas, la estación base está compuesta de equipos electrónicos transmisores/receptores y de una serie de elementos auxiliares de conexión al sistema radiante para su correcto funcionamiento. También cabe destacar, como parte del conjunto de una estación base, otras instalaciones accesorias como pueden ser las torres, soportes, los pararrayos, tomas de tierra, etc.

Los equipos electrónicos se instalan dentro de una caseta para protegerlos de la intemperie y posibles acciones vandálicas. Dentro de la caseta también se incluyen baterías para garantizar el funcionamiento de la estación aún en el caso de cortes de fluido eléctrico.

El radio de acción de cada estación base es limitado, dependiendo del número de usuarios y de los obstáculos que las ondas encuentren en su camino.

Los usuarios de telefonía móvil pueden comunicarse siempre que se encuentren dentro de la zona de cobertura o celda cubierta por una estación. El tamaño de la celda dependerá de la densidad de tráfico de llamadas. Si el número de usuarios rebasa la capacidad de una celda es necesario dividirla en celdas más pequeñas. Cada usuario se conecta a través de la estación base más próxima, que además está conectada con el resto de celdas y otros sistemas de telefonía. Así, se garantiza la comunicación en movimiento, en la que el usuario puede atravesar distintas celdas de cobertura.

Para evitar las interferencias entre las distintas antenas y optimizar la potencia necesaria, las antenas emiten siempre con la mínima potencia necesaria que permita la comunicación. Asimismo, emiten de forma directiva. Como consecuencia, los niveles de campo electromagnético sólo son elevados en las proximidades de las antenas (habitualmente menos de una decena de metros) y sólo en determinadas direcciones (hacia el frente y muy poco hacia abajo y hacia atrás).

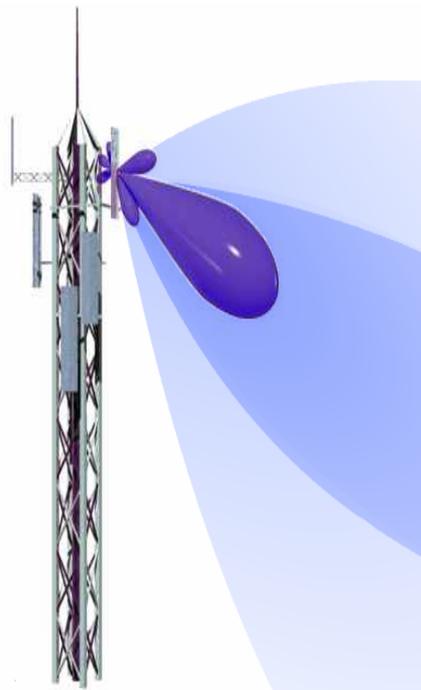


Figura 5 Emisión de la antena

El enorme crecimiento de usuarios de telefonía móvil, especialmente, en zonas de densidad de población mayor, trae consigo la reducción de las celdas de cobertura de las estaciones base y el aumento del número de estaciones base necesarias. Cuantas más estaciones base despliegue un operador, menor será la potencia emitida por la estación base y el terminal. De este modo, aunque un terminal es capaz de emitir uno o dos vatios de potencia, en la mayor parte de las situaciones, emite una potencia inferior. Asimismo, el terminal y la antena de la estación base sólo transmiten durante la conversación, durante los períodos de silencio se suspende la transmisión. Los niveles de campo emitidos, en la práctica, son mucho menores de los que el sistema es capaz de emitir.

Luego, el alejamiento de las estaciones base entre sí y de los entornos urbanos es contrario a la mínima emisión posible.

Las estaciones base se instalan en lugares elevados para evitar obstáculos (edificios, árboles, etc.) que impidan la propagación. Esto tiene dos ventajas:

- ***Se disminuyen los niveles de campo electromagnético sobre las personas.***
- ***Se mejora el funcionamiento de los sistemas, ya que se encuentran menos obstáculos.***

Por tanto, no elevar las antenas atendiendo a criterios de impacto visual o urbanísticos incide directamente sobre el nivel de emisión que se reciben en las posibles zonas de tránsito habitual de personas.

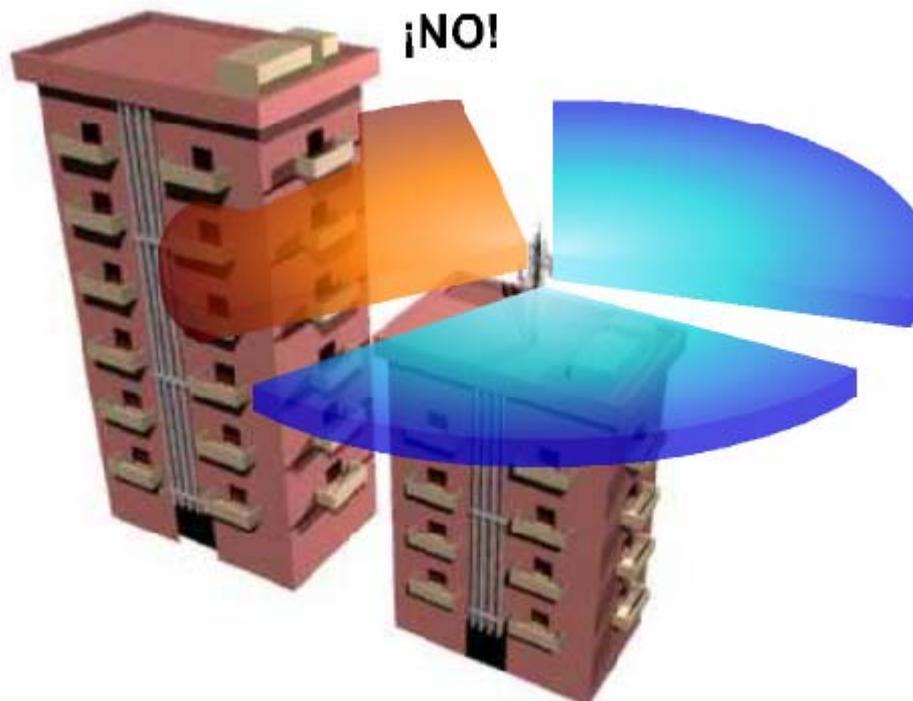


Figura 6 Bloqueo de la señal sobre el edificio

3.1.1. Clasificación de las estaciones base

- La clasificación más general de las estaciones base se realiza atendiendo a su localización/radio de cobertura
 - a. Estaciones base en entornos urbanos situadas en azoteas no accesibles de edificios.
 - b. Estaciones base en entornos urbanos sobre azoteas accesibles.
 - c. Estaciones base en entornos urbanos al borde de la azotea o en fachada.
 - d. Estaciones base de pequeño tamaño y baja potencia para cubrir radios pequeños. Suelen encontrarse en las fachadas a pocos metros de la vía pública: microceldas y picoceldas.
 - e. Estaciones base en entornos rurales. Se trata de estaciones base que utilizan como soporte torres con una altura entre 20 y 40 metros situadas en las afueras de los núcleos urbanos o en las proximidades de carreteras, con coberturas típicas de 15 km.

En la figura 7 se muestran diferentes tipos de estaciones de telefonía móvil:





Figura 7 Ejemplos de antenas de telefonía móvil

3.2. Terminales

En un sistema de comunicación, el terminal, como su propio nombre indica, es la parte final del sistema que está en contacto con el usuario. Es un dispositivo electrónico capaz de transmitir y recibir información –sea voz o datos- de las estaciones base.

El terminal móvil está formado por los siguientes elementos: un altavoz, un micrófono, una pantalla de cristal líquido, un teclado, una antena (integradas actualmente), una batería, una placa de circuito de radiofrecuencia y una placa de circuito de interfaz de usuario. Asimismo, para poder realizar la compresión y descompresión de los datos, los móviles disponen de un procesador digital de señales que trata todas las tareas del teclado, controla las señales de la estación base y realiza todas las funciones de coordinación de los mismos.

Los terminales móviles tienen controlada su emisión de potencia a niveles que no rebasan los 2 W, emitiendo habitualmente en un orden de magnitud diez veces inferior y no haciéndolo de forma continua sino intermitente según los periodos de silencio en las conversaciones. Si las antenas de telefonía móvil se alejan de los entornos urbanos, los terminales móviles tendrían que emitir a una potencia bastante más elevada para poder comunicarse con la estación base.

4. VOLÚMENES DE PROTECCIÓN: Aislamiento de las zonas próximas a las estaciones base

Los sistemas de radiocomunicaciones, y en particular, los de telefonía móvil cumplen una normativa de seguridad muy amplia que abarca desde el cumplimiento de los niveles de emisión establecidos hasta la imposibilidad de acceso del público en general a las proximidades de la estación base.

La planificación e instalación de una estación base sigue una metodología estricta para respetar los límites de exposición del público en general. Para ello, el Ingeniero de Telecomunicación, técnico competente en este ámbito, calcula los volúmenes de protección. Se define el volumen de protección como aquel contenido en una superficie cerrada en cuyo exterior los niveles de campos electromagnéticos son inferiores a los límites de exposición máximos establecidos.

Los volúmenes de referencia sirven de base para justificar que no es necesario trasladar las estaciones fuera del entorno urbano, ya que aseguran que, en su exterior, las emisiones son menores a los límites de exposición máximos establecidos.

Los límites de seguridad determinados por los volúmenes de referencia se calculan en base a los niveles de referencia establecidos en la normativa.

Una vez hallados los volúmenes de protección se procede a probar el aislamiento de la zona de riesgo. La zona así delimitada garantiza la protección del público en general ya que se respetan los límites de exposición. La razón por la que se elevan las estructuras soporte de las antenas es para asegurar una mayor cobertura y el respeto de la zona de seguridad en torno a la antena. Asimismo, se comprueban los niveles de campo en las zonas próximas a las antenas para verificar que se hallan por debajo de los límites de exposición establecidos en la normativa.

Todo el estudio previo así como la inspección o certificación sustitutiva de la misma necesaria para la puesta en servicio lo supervisa el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio según lo recogido en la legislación vigente al respecto: Real Decreto 1066/2001 y Orden CTE/23/2002.

Posteriormente, a la puesta en funcionamiento de una estación base, se procede a revisarla, por parte del Ministerio periódicamente, para comprobar que los niveles de emisión fuera de estos volúmenes de protección se encuentran dentro de los límites. Así, la Administración asegura una correcta protección de la salud humana, verificando la correcta aplicación de la normativa de emisiones radioeléctricas.

El método de cálculo de los volúmenes de referencia en los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico se analiza de forma técnica rigurosa en el informe del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación¹. Habitualmente en telefonía móvil y debido a que, como ya se ha comentado, los sistemas radiantes solo emiten en una dirección, estos volúmenes de referencia son paralelepípedos como el que se muestra en las figuras 8 y 9.

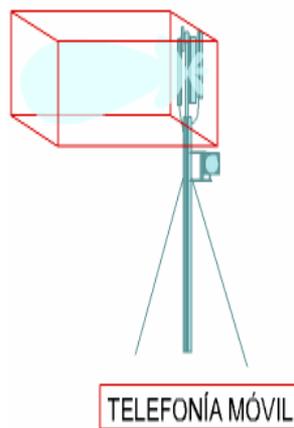


Figura 8 Volumen de referencia

¹ "Informe sobre emisiones electromagnéticas de los sistemas de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico" editado por el COIT. Se puede descargar en: <http://www.coit.es/VisualizadoresContenidos/emr/emr.swf>

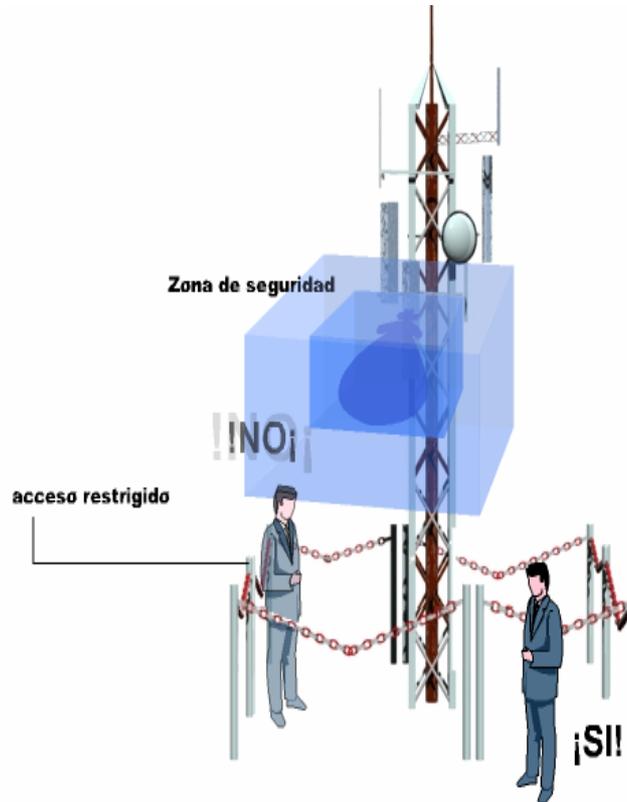


Figura 9 Límites de seguridad

5. ESPACIOS SENSIBLES EN EL ENTORNO DE ESTACIONES BASE

Un hecho que preocupa a los ciudadanos de forma especial en el ámbito de las emisiones radioeléctricas, es la existencia de estaciones base de telefonía móvil en las proximidades de centros educativos y sanitarios.

A este respecto y con objeto de garantizar la seguridad de los ciudadanos, la normativa española recoge las medidas que se analizan a continuación.

5.1. Real Decreto 1066/2001

REAL DECRETO 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Uno de los objetivos principales de este Real Decreto es la adopción de medidas de protección sanitaria de la población frente a las emisiones radioeléctricas. Para ello, se asumen 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, del 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos. Para garantizar esta protección sanitaria se establecen unas restricciones básicas

y unos niveles de referencia que deberán cumplir las instalaciones afectadas por este Real Decreto. En particular, el Real Decreto cumple con las propuestas contenidas en las mociones del Congreso de los Diputados y del Senado, para desarrollar una regulación relativa a la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas de las antenas de telefonía móvil.

El artículo 8, enumera, entre otros, los criterios de planificación de las instalaciones radioeléctricas, entre los que se puede destacar los siguientes aspectos:

“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”.

“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.

Por tanto, el Decreto establece que en la instalación de estaciones base, realizadas por técnicos competentes, se minimice en la medida de lo posible el impacto de las emisiones sobre “espacios sensibles” (colegios, hospitales, guarderías, etc.).

Esta minimización se consigue diseñando y proyectando la estación base de forma que la dirección en la que los sistemas radiantes emiten su máxima potencia no se encuentre orientada hacia estos espacios.

Esta disposición no establecen zonas de exclusión ni distancias de seguridad en la instalación de las antenas pero aconseja reducir los niveles de emisión sobre estos espacios.

Asimismo, los procedimientos de control, la comprobación e inspección de las instalaciones corre por parte del Ministerio sectorial competente:

“Los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (actualmente Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) elaborarán planes de inspección para comprobar la adaptación de las instalaciones a los dispuesto en este reglamento”.

“Con carácter anual el Ministerio de Ciencia y Tecnología (actualmente Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) sobre la base de los resultados obtenidos en las citadas inspecciones y a las certificaciones presentadas por los operadores, elaborará y hará público un informe sobre la exposición a emisiones radioeléctricas”.

Los servicios técnicos del Ministerio de Ciencia y Tecnología elaborarán planes de inspección. Asimismo, los operadores a los que se refiere el apartado 1 del artículo 8 del Real Decreto 1066/2001 (entre ellos los de telefonía móvil y acceso fijo inalámbrico) remitirán a este Ministerio, en el primer trimestre de cada año, una certificación redactada por técnico competente indicativa del cumplimiento de la normativa en el año vencido en sus instalaciones.

En resumen, el Real Decreto 1066/2001, del 28 de septiembre contempla el tratamiento de los espacios sensibles, proponiendo para la planificación de las instalaciones radioeléctricas minimizar el impacto de las emisiones radioeléctricas sobre estos espacios, pero no fija distancias de seguridad en la instalación de las estaciones.

5.2. Orden CTE/23/2002

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

La Orden al igual que el Real Decreto 1066/2001, de 28 de Septiembre, tampoco regula distancias a los espacios sensibles:

"Para las estaciones tipo ER1 Y ER2², cuando en un entorno de 100 metros de las mismas existan espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación infantil, primaria, centros de enseñanza obligatoria, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos), el estudio tendrá en consideración la presencia de dichos espacios, para lo que se justificará la minimización de los niveles de exposición sobre los mismos según lo previsto en el artículo 8.7 del Reglamento y se aportarán los niveles de emisión radioeléctrica calculados, teniendo en cuenta los niveles de emisión preexistentes, en dichos espacios."

Por tanto, la Orden dispone que para la instalación de esta tipología de estaciones se considere la presencia de dichos espacios pero no establece ninguna distancia de seguridad.

En la Disposición cuarta, relativa a la certificación anual de las instalaciones radioeléctricas, se menciona, además, que la certificación de las estaciones aludidas anteriormente (tipo ER1 Y ER2, cuando en un entorno de 100 metros existen espacios sensibles) deberá contener medidas en dichas áreas.

² Las estaciones radioeléctricas tipo ER1 Y ER2 son, respectivamente, las ubicadas en suelo urbano, con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 vatios e inferior o igual a 10 vatios.



De esta forma, los niveles de emisión de las estaciones de telefonía móvil en cuyo entorno existen espacios considerados "sensibles" son comprobados de forma anual por técnicos competentes.

Algunas ordenanzas municipales han "interpretado" las disposiciones anteriores en el sentido de "excluir" o alejar las antenas a más de 100 metros de los "espacios sensibles". Estas disposiciones, sin fundamento técnico, han sido anuladas por los tribunales al considerarse que exceden de las competencias municipales.