

# COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y TELEFONÍA MÓVIL

*Fernando Las Heras Andrés*

*Profesor Titular. Grupo de Radiación.  
Dpto. Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones  
ETS de Ing. de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid.  
e-mail : fernando@gr.ssr.upm.es*

Uno de los aspectos menos conocidos que trata la Compatibilidad Electromagnética (CEM) es la regulación de estándares de seguridad, es decir, normativa relacionada con posibles riesgos de las radiaciones en la salud de las personas.

Inicialmente se pueden clasificar las radiaciones en ionizantes (aquellas que produce mutaciones celulares o daños genéticos, p.ej. los rayos X) y no ionizantes, incluyéndose aquí la banda de radiofrecuencia (RF). Los efectos que los campos electromagnéticos de RF tienen sobre un sistema biológico son de tipo térmico cuando se trata de campos de alta potencia, pero también pueden ser análogos a los de una radiación ionizante si se trata de campos de baja potencia y larga exposición.

La mayoría de los servicios de telefonía celular actualmente operan en la banda 900MHz ; por ejemplo, el sistema de telefonía móvil digital GSM opera en la banda 890-915MHz para la transmisión desde el móvil con una potencia de pico que para un terminal personal alcanza 2W. Cabe preguntarse si esta potencia de una emisión no ionizante radiada por una antena a pocos centímetros de la cabeza del usuario puede tener algún riesgo por la seguridad de éste.

De hecho, en Estados Unidos, a inicios de 1993, se inició una gran polémica sobre la posible incidencia de la exposición a radiaciones de RF en la generación de diversos tipos de cáncer, y en concreto, la incidencia del uso de teléfonos móviles celulares en la aparición de cáncer en el cerebro.

Tras muchos debates, estudios estadísticos e investigación patrocinada tanto por empresas privadas como por iniciativa gubernamental no se llegó a ninguna evidencia definitiva sobre el impacto de la utilización de teléfonos en la aparición de cáncer de cerebro u otro tipo de alteraciones biológicas [1].

Sin embargo sirvió para sensibilizar a la población y hacer que las instituciones dedicadas a la

normalización en el campo de la CEM tuvieran que replantearse sus estándares y promover nuevos estudios (algunos de los cuales todavía no han concluido). En Estados Unidos el estándar más reciente sobre seguridad en relación con los teléfonos celulares y otros productos es la IEEE C95.1-1991 : «IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3KHz to 300GHz», que también está reconocida como norma ANSI (American National Standards Institute).

*Los efectos de los campos electromagnéticos de RF (...) pueden ser análogos a los de una radiación ionizante si se trata de campos de baja potencia y larga exposición.*

---

¿ Y en España ? Pues lo mismo pero con el correspondiente retardo y atenuación. Retardo tecnológico de Europa en general y de España en particular, que obliga a seguir los pasos que se marcan desde las organizaciones de normalización «internacionales» (IEEE, ANSI) y su adopción por la FCC (Federal Communications Commission). Atenuación del impacto social debido a nuestra propia idiosincrasia, ya que seguramente no tendremos ningún rubor en hablar en cualquier tertulia de tal o cual personaje público, pero ¿a quién se le ocurrirá hablar de los posibles riesgos de la radiación de los teléfonos móviles en el cerebro de sus usuarios?

En cualquier caso ya tenemos en España una norma equivalente a la C95.1. Es la norma europea UNE-ENV 50166-2 :1996 «Exposición Humana a



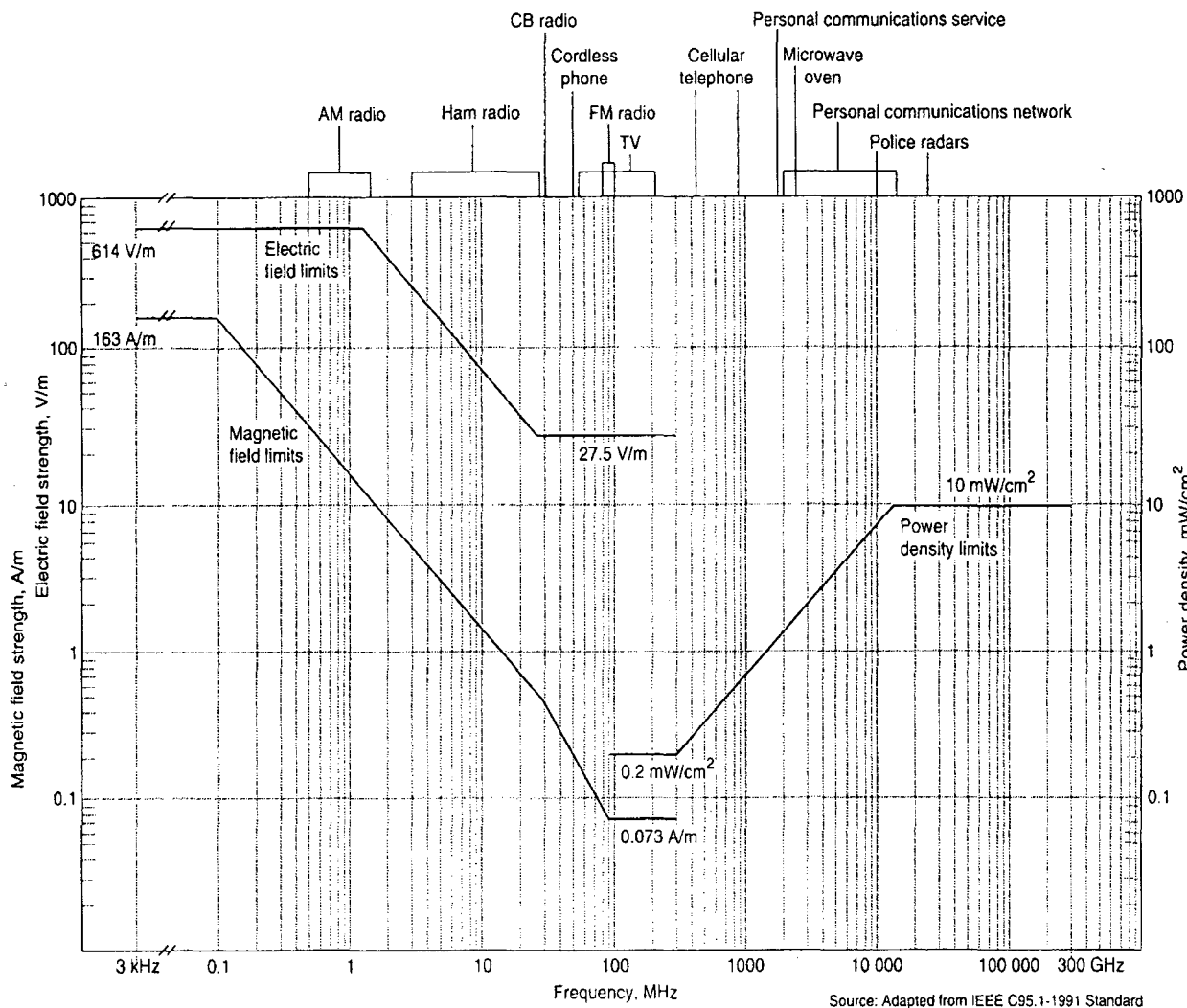


Figura 1. Límites de seguridad del estándar C95.1-1991 en la banda 3KHz-300GHz, en entorno no controlado.

Campos Electromagnéticos. Alta Frecuencia (10KHz a 300GHz).»

Para un entorno no controlado (donde a priori no se conoce la exposición) y para la banda 300-3000MHz, la norma C95.1 recomienda una exposición máxima en términos de densidad de potencia (S) de  $f/1500 \text{ mW/cm}^2$  (siendo f la frecuencia en MHz) en un tiempo medio de 30 minutos, aunque puede excederse siempre que la tasa de absorción específica (SAR) sea inferior a  $0.08 \text{ W/Kg}$  promediado a todo el cuerpo o que en todo punto no se sobrepase una SAR de  $1.6 \text{ W/Kg}$  promediado sobre 1 gramo de tejido.

En dicha norma se define la absorción específica (SA) como el incremento de energía (dWe) absorbida o disipada en un incremento de masa (dm) contenido en un elemento de volumen (dv) y dada una densidad ( $\rho$ ). La tasa de absorción específica (SAR) se define como la variación temporal de la absorción específica :  $SAR = d/dt(dWe/dm) = d/dt(dWe/(dv))$ .

Cierto es que los niveles descritos en el estándar anterior se han fijado dejando un gran margen respec-

to de niveles que sí se saben que son dañinos. Por ejemplo, se acepta entre los investigadores médicos que una exposición por encima de los  $100 \text{ W/Kg}$  de SAR durante más de 100 minutos puede producir cataratas por sobrecalentamiento. Sin embargo el debate queda más abierto cuando los efectos no son directamente térmicos, es decir, niveles más pequeños pero con tiempos continuos o pulsado de más larga duración; y todavía hoy se discuten temas como el posible efecto en los núcleos celulares donde se localiza el DNA.

Pero supongamos, en cualquier caso, que los niveles de los estándares de seguridad existentes garantizan que no hay ningún efecto biológico por la utilización de un teléfono móvil personal (ojo que no nos estamos refiriendo a los teléfonos inalámbricos domésticos, cuyas potencias de emisión hacia la base que se conecta a la red telefónica básica son muy inferiores a las del teléfono móvil celular).

Entonces para hacernos una idea de la holgura con que se cumplen dichos estándares deberíamos analizar una configuración en la que se está radiando

a la frecuencia de 900MHz un campo electromagnético a través de la antena de teléfono móvil personal que se sitúa a escasos centímetros de la cabeza y con una potencia de pico a la entrada de la antena que puede variar típicamente entre 0.2 y 2 vatios. A estas frecuencias la exposición máxima no se fija en términos de campo eléctrico o magnético sino en términos de densidad de potencia (S) o, si esta se excede, en términos de tasa de absorción específica (SAR). Estos últimos parámetros son calculables a partir del conocimiento del campo electromagnético en dicho entorno.

De hecho se han publicado resultados sobre simulaciones en ordenador del campo electromagnético que se genera en un sistema compuesto de un dipolo situado en las proximidades de una estructura que en forma y material simula los tejidos biológicos de la cabeza humana. Algunos resultados utilizando el método de los momentos y diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD) pueden encontrarse en [2] y [3], respectivamente.

Sin embargo vamos a tratar de llegar a algunos resultados del mismo orden de magnitud y de una forma mucho más simple que requiere únicamente unos conocimientos básicos de propagación. Para ello realizaremos la aproximación de que la potencia se radia isotrópicamente y que el campo radiado pese a que estamos en una zona de campo próximo se com-

porta como una onda plana en espacio libre. A partir de estas suposiciones se puede estimar el valor de densidad de potencia, S, y de la tasa de absorción específica, SAR, tal como se indica en el diagrama de la figura 2.

Por ejemplo, con una potencia P=1W (suponiendo una antena omnidireccional y que toda la potencia a la entrada de antena se radia), tomando una distancia al cerebro de R=5cm, y unas propiedades del tejido cerebral de conductividad  $\sigma=1.23$  S/m y densidad  $\rho=1.03 \times 10^3$  Kg/m<sup>3</sup>, se obtienen los valores

$$S=32 \text{ W/m}^2, E=155 \text{ V/m}, \text{SAR}_{\text{pico}}=14 \text{ W/Kg}$$

A la misma distancia los resultados de la simulación realizada en [3] utilizando FDTD, cuya discretización y curvas de nivel de campo se muestran en la figura 3, dan un valor de SAR de pico de aproximadamente 4W/Kg, valor más real y algo más bajo que el calculado de manera aproximada, como cabría esperar cuando se tienen en cuenta efectos como la reflectividad de la piel, la reducción de la ganancia del sistema radiante en presencia del operador, las características dieléctricas de los tejidos ....

En cualquier caso podemos sacar conclusiones interesantes. En primer lugar la densidad de potencia es superior a la que se establece en la norma C95.1

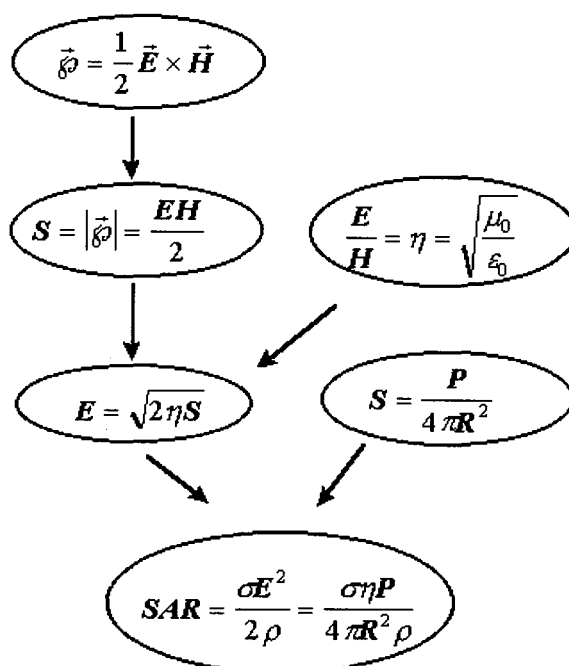


Figura 2. Aproximación de onda plana radiando en medio indefinido para la estimación de SAR.

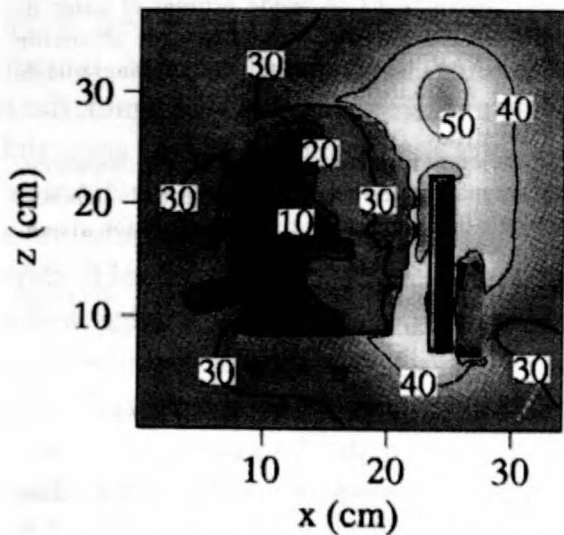
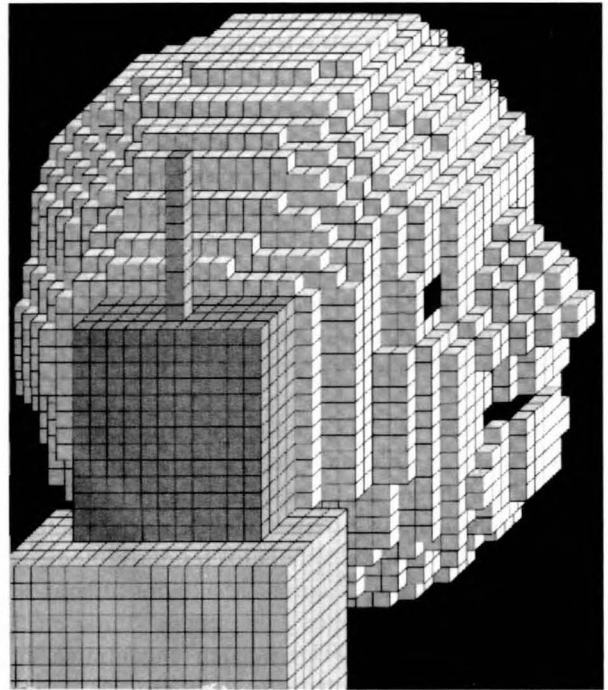


Figura 3. Discretización y niveles de campo,  $10\log(E^2)$ , del análisis FDTD realizado en [3].



( $f/1500 \text{ mW/cm}^2 = 6 \text{ W/m}^2$  a la frecuencia de 900MHz). Por tanto hay que proceder a comparar los valores de pico de SAR obtenidos en nuestro problema con los máximos recomendados ( $1.6 \text{ W/Kg}$ ). ¡ Curiosamente se sobrepasan!

Y aunque los números presentados inducen a la preocupación, no se puede llegar a ninguna conclusión definitiva pues el punto de partida -establecimiento de los valores máximos- no tiene un fundamento científico exacto y de hecho en el estándar C95.1 los niveles máximos radiados quedan redactados en el apartado de «Recomendaciones» y son estándares que deben revisarse cada 5 años.

¿Hacia dónde vamos en este tema? La evidencia muestra que con el progreso tecnológico la sociedad también se concienza más del impacto ecológico de aquél y los organismos de normalización tienden a

*En Estados Unidos, a  
inicios de 1993, se inició  
una gran polémica sobre  
la posible incidencia de  
la exposición a  
radiaciones de RF en la  
generación de diversos  
tipos de cáncer*

proponer normas más restrictivas, sobre todo cuando todavía queda incertidumbre sobre los riesgos reales, si es que los hay. Por ejemplo, en esta norma se cita que no se ha demostrado que la duración de exposición con los niveles dados en una norma anterior (la ANSI C95.1-1982) sea un riesgo significativo y sin embargo el nuevo estándar es más restrictivo. Por otra parte la tendencia del servicio de telefonía celular es aumentar la cobertura, y ello pasa por disminuir el tamaño de celda, disminuir la distancia entre estaciones base y disminuir la potencia de los terminales base y móviles.

Un último consuelo para pesimistas e hipocondríacos : según se recoge en la norma C95.1-1991 , tampoco se ha encontrado fundamento científico en que ciertos grupos de población puedan ser más susceptibles a que se manifieste en ellos efectos por exposición a los campos electromagnéticos a esas frecuencias. Si es así al menos podremos decir que todos somos iguales ante la radiación no ionizante.

## REFERENCIAS

- [1] M. FISCHETTI. «The cellular phone scare». IEEE Spectrum, June 1993.
- [2] H.R. CHUANG. «Human Operator Coupling Effects on Radiation Characteristics of a Portable Communication Dipole Antenna. IEEE AP, vol 42, no.4, April 1994.
- [3] M.A. JENSEN, YAHYA RAHMAT-SAMII. «EM Interaction of Handset Antennas and a Human in Personal Communications». Proceedings of the IEEE, vol.83, no.1, January 1995.