



Arquitectura de comunicaciones Móviles

Radiaciones no ionizantes

Ing. Anibal Pose



QUE SON LOS CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

Fuentes naturales de campos electromagnéticos

Campo magnético terrestre

- Ecuador $30\mu\text{T}$
- Polos $90\mu\text{T}$
- España $45\mu\text{T}$

Campo eléctrico

- Normal $100\text{-}400\text{ v/m}$
- Tormentas 20Kv/m

Campos electromagnéticos generados por el hombre

- **Rayos X**
- **Ondas de radio**
- **Electricidad**
- **Microondas**



Campos eléctricos

- Describe las fuerzas entre cargas eléctricas.
- Su intensidad se mide en voltios/metro
- Puede existir incluso cuando el aparato eléctrico no consume corriente.
- La mayoría de los materiales de construcción protegen contra los campos eléctricos. -> solo campo magnético.



Campos magnéticos

- Describe las fuerzas entre corrientes eléctricas.
- Su intensidad se mide en amperios/metro
- Solo existe cuando circula corriente.
- Los materiales de construcción no atenúan los campos magnéticos



Campos electromagnéticos

- El movimiento de cargas en un conductor origina ondas electromagnéticas (antenas)
- Los campos eléctrico y magnético son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección en que se propagan.
- No necesitan un medio para propagarse.
- Su frecuencia y longitud de onda les caracteriza **$\lambda f = c$**
- Transportar energía en ausencia de cualquier medio material.
 $S = E \cdot H$
- Los fotones son los cuantos de la radiación EM: **$E = hf$**
- Energía del enlace químico 0.1 a 1 eV
- $h = 6.6 \cdot 10^{-34}$ Julio segundo ó $6.6 \cdot 10^{-15}$ eV
- Radiación no ionizante 0-300 GHz
- Radiación ionizante >300GHz



Efectos biológicos

- Distinguir entre la radiación ionizante y la no ionizante
- Radiación ionizante → Ruptura del ADN
- Radiación no ionizante → Inducción de corrientes, efectos térmicos.

- Relación directa entre el daño y la intensidad del campo.
 - Dosis de tolerancia
 - Dosis de seguridad



Campos electromagnéticos de radiofrecuencia

- Cada país empleaba una banda de frecuencia y su propia tecnología.
- Cada país y particularmente Argentina tiene normas que regulan las radiaciones electromagnéticas.
- La telefonía móvil emplea ondas electromagnéticas de radiofrecuencia.



Campos electromagnéticos de radiofrecuencia

- Antenas y terminales emiten a potencias menores que los límites establecidos.
- La potencia de emisión del terminal se controla desde la estación base, siendo la mínima necesaria para mantener la comunicación.
- La potencia es menor cuanto más cerca se está de la antena y alcanza su máximo en zonas con escasa cobertura.
- La frecuencia que empleada en telefonía móvil pertenece a la parte del espectro denominada como no ionizante.
- Sus efectos no son nocivos, a lo sumo pueden provocar aumento de temperatura ($<1^{\circ}\text{C}$) si nos situamos a 1 ó 2 metros de la antena de una estación base.
- Efectos térmicos a pie de calle \rightarrow potencias 1000 veces mayores de las permitidas.



Estaciones base

INTRODUCCION

- La cobertura está condicionada por la limitada potencia de los terminales y su capacidad de alcance a las estaciones.
- El alcance de los terminales limita la potencia de las estaciones.
- Esto obliga a distribuir las estaciones de manera regular para dar una adecuada cobertura de servicio.



Niveles de potencia

- EEUU (ANSI) Potencia Radiada Efectiva de hasta 500w. La mayoría opera con una EPR de 100w o menos.
- Se traduce en una Potencia Radiada de entre 5 y 10w. La EPR se mide en la dirección que más energía irradia la antena.
- La capacidad de estos sistemas se incrementa aumentando el número de estaciones base, esto implica menores potencias de emisión.
- Normalmente EPR de 10w \rightarrow 0.5-1w
- Por ej. en Europa: 0.45mW/cm² a 900MHz
0.90mW/cm² a 1800MHz

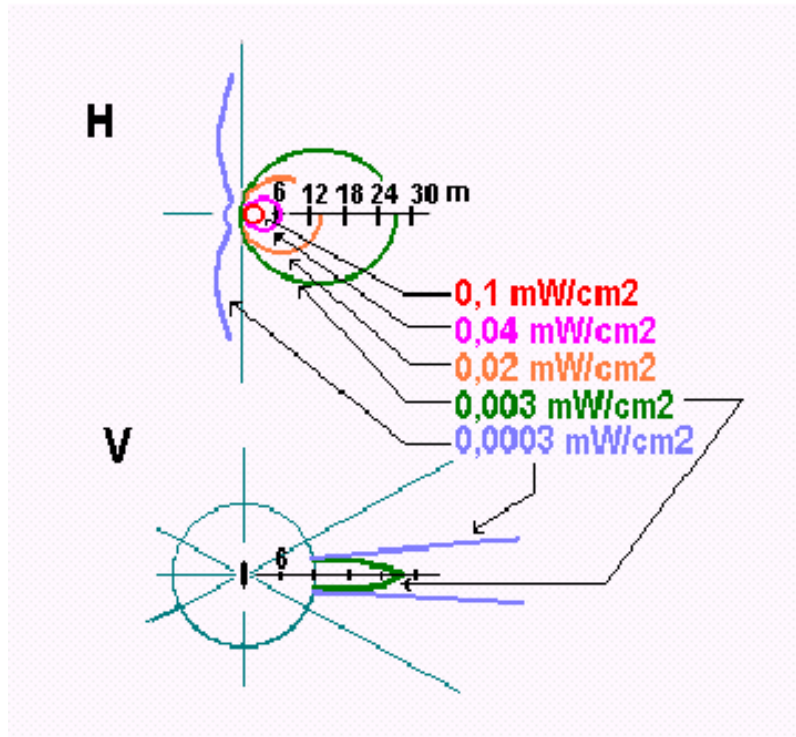


Niveles de potencia

- En el peor caso emitiendo con una ERP de 500w se corresponde con una potencia radiada de 50w muy por debajo de los niveles de radio y TV
- AM/FM 50/100 KW
- TV 500KW
- La contribución al ambiente electromagnético de los sistemas de comunicaciones móviles puede considerarse despreciable.



Exposición a cortas distancias



- Niveles teóricos de emisión de una antena típica operando a su máxima potencia: 300w
- A 2 metros la densidad de potencia es de 0.1mW/cm²
- A 30 metros el valor se reduce a 0.003mW/cm²
- En el plano vertical los valores son mucho menores.
- Valores confirmados en maniquíes. Solo superados a distancias <65cm



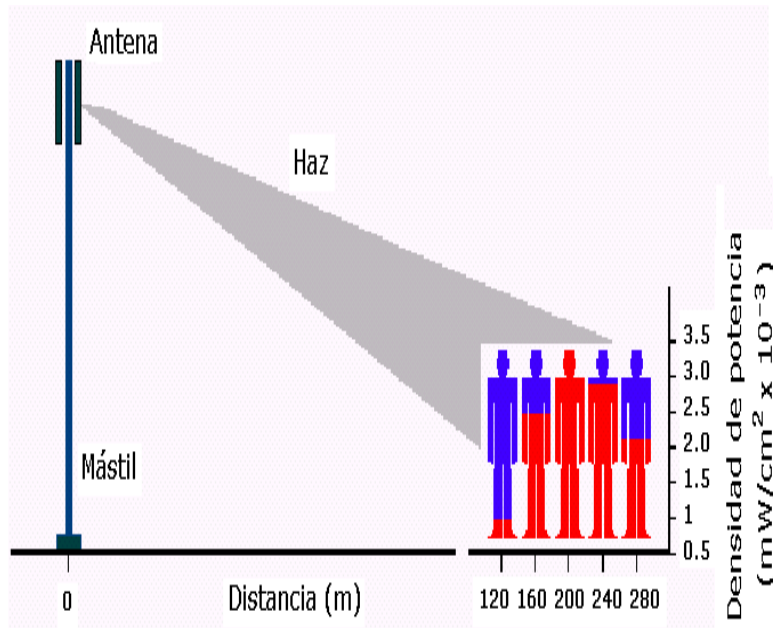
Exposición a largas distancias

La exposición a largas distancias depende de varios factores:

- Del número de antenas y la potencia de emisión.
- De la presencia de estructuras que alteren las señales.
- De la distancia en el plano horizontal y vertical entre el sujeto y la antena.



Densidad de potencia



- Antena GSM 900 MHz a 15 metros sobre el suelo.
- El haz principal incide sobre el suelo (6°) a una distancia de 200 metros.
- A esta distancia los índices de exposición se sitúan entre 1 y 3 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$



Mediciones en viviendas

Los valores medidos en las viviendas son menores que los medidos para señales imperturbadas.

- La potencia nominal de 300 w no coincide con la potencia real (50 w) en medios urbanos.
- Los materiales de construcción (hormigón, ladrillos, telas asfálticas, etc...) reflejan o absorben una parte importante de la radiación electromagnética,



Cumplimiento de las restricciones

- Evaluación en función de la distancia a las antenas de las restricciones establecidas. Ej Europa : (0,45 y 0,90 mW/cm² para frecuencias de 900 y 1800 MHz respectivamente)
- En la base de los mástiles de las estaciones, y en las viviendas situadas debajo estas, los niveles de exposición son mínimos.
- En la horizontal de las antenas, los niveles máximos recomendados sólo se superan a distancias muy cortas (desde unos centímetros a unos pocos metros, dependiendo de las características de la estación).



Consideraciones

Distancia mínima entre estaciones y viviendas de 1000 metros:

- Limita el correcto funcionamiento de los terminales y obliga a emitir con potencias mucho mayores de lo aconsejable, lo que supone un incremento en los valores de exposición de las personas.

Entornos urbanos. Alta concentración de terminales:

- Se aconseja aumentar en número de estaciones, con esta medida se reducen los niveles de emisión y se mejora la calidad en las comunicaciones.
- Minimizar las exposiciones en zonas socialmente sensibles como colegios y hospitales.



Efectos sobre la salud

- La peligrosidad de los campos electromagnéticos es un problema cuantitativo.
- Se trata de buscar una respuesta cuantitativa que delimite los valores de intensidad de radiación en función de los efectos conocidos comprobados asociados a cada intervalo de frecuencia.
- La recomendación de las entidades reguladoras recoge el trabajo realizado en este sentido por la comisión de expertos.



Criterios de ICNIRP – OMS para el establecimiento de Factores de Seguridad en sus Restricciones Básicas

- Se establecen los niveles mínimos por encima de los cuales cabría esperar efectos nocivos para la salud.
- Una vez determinados estos valores, se llegó a la conclusión de que niveles 50 veces más bajos (2%) que los citados mínimos eran capaces de garantizar un grado suficiente de seguridad en caso de exposiciones del público general.
- Estos valores fueron los establecidos por ICNIRP como Restricciones Básicas recomendadas para las exposiciones a las respectivas frecuencias.

Nota : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)



Ejemplo: SAR

- El índice de absorción específica de energía (SAR, *specific energy absorption rate*), se define como potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal, se expresa en vatios por kilogramo (W/kg).
- La evidencia experimental indica que exposiciones de 30 minutos a CEM con SAR de aproximadamente 4 W/kg de tejido expuesto, pueden provocar en humanos incrementos de temperatura iguales o inferiores a 1°C.
- ICNIRP y otros entes reguladores establecieron un SAR de 4W/kg como el umbral de nocividad para una exposición, y el 2% de ese umbral (0,08 W/kg) fue designado como valor máximo de SAR, por encima del cual la exposición del público está desaconsejada.



Niveles típicos de las radiaciones de radiofrecuencias

- Los efectos sobre animales → SAR superiores a 4.0 W/kg
- SAR de 4.0 W/kg requiere densidades de potencia entre 15 y 250 mW/cm² aproximadamente.
- Las directrices de seguridad están basadas en el mantenimiento del cuerpo completo a SAR por debajo de 0.08-0.40 W/kg → densidades de potencia en la gama de 0.4-20 mW/cm²
- Antenas de TV: 0.02 y 0.24 mW/cm²
- Estaciones base: 0.003 mW/cm²



Efectos biológicos. Introducción

- Un efecto biológico se produce cuando la exposición a los CEM provoca una respuesta fisiológica detectable en un sistema biológico.
- Un efecto biológico es nocivo para la salud cuando sobrepasa las posibilidades de compensación normales del organismo.
- Por ejemplo, la pupila puede experimentar una contracción cuando el ojo es expuesto a un campo electromagnético intenso con frecuencias propias del espectro visible.
- Cuando desaparece el estímulo, el organismo vuelve a su condición de equilibrio inicial.
- Para que se produzcan alteraciones perjudiciales, las modificaciones inducidas tienen que ser irreversibles.



Cambios en los ritmos biológicos

- Variaciones que de forma natural experimentan muchos parámetros corporales (melatonina).
- La luz visible modula la síntesis de la melatonina.
- Se han detectado bajos niveles de melatonina en algunos enfermos de cáncer.
- Experimentos con ovejas expuestas a líneas de 500 Kv y mandriles expuestos a campos magnéticos de entre 50 y 100 μT no han demostrado que se modifique la secreción de melatonina.
- Voluntarios expuestos a distintos niveles de inducción magnética (1 y 20 μT) durante una noche, han proporcionado resultados dispares.
- Los CEM pueden alterar el ritmo biológico, pero sus consecuencias no están todavía claras.



Exposición a CEM y cáncer

Carcinogénesis: proceso que consta de varias fases, y está causado por una serie de daños en el material genético de las células:

- **Iniciación.** Proceso durante el que células normales se transforma en células precancerosas.
- **Promoción.** Las células precancerosas se transforman en cancerosas. División incontrolada de la célula dañada.
- **Progresión.** Crecimiento del tumor y migración a partes sanas del organismo.
- Experimentos realizados “in vitro” e “in vivo” no han demostrado que los CEM no ionizantes sean agentes promotores de un proceso cancerígeno.

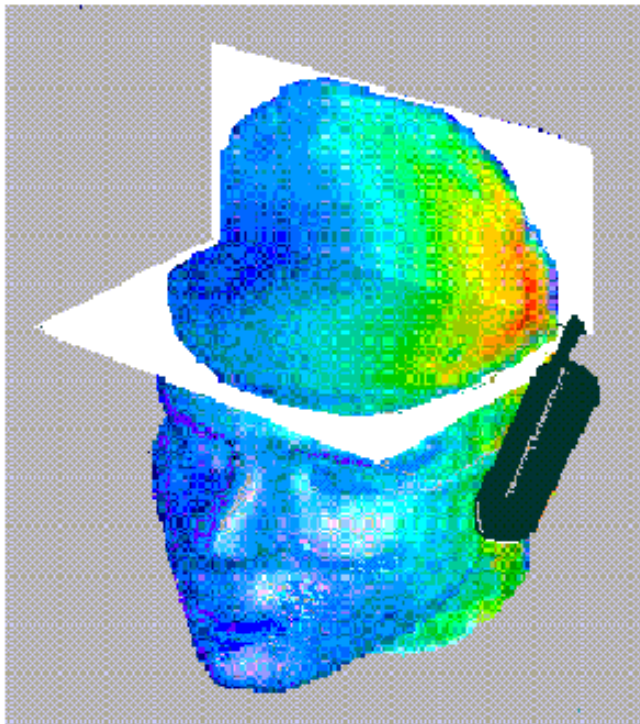


La exposición en usuarios de teléfonos móviles

- La mejor valoración de los posibles efectos de una exposición determinada viene dada por la tasa de absorción específica (SAR) de la radiación.
- La SAR ha de calcularse; no puede medirse directamente, ya que depende, entre otros factores, de las características eléctricas de los distintos tejidos que componen el órgano expuesto, de las características del terminal y de la calidad de la comunicación.
- Para la estimación de la SAR se utilizan dos estrategias, el empleo de maniquíes y la simulación por ordenador.



Restricciones Básicas (Recomendación europea) de 2,0 W/kg para cabeza y tronco



TEJIDO	SAR máximo (W/kg) Potenc. Emisión: 250mW
Piel	1.2
Músculo	1.1
Hueso	0.9
Líquido cefaloraquídeo	0.5
Ojo	0.0
T. Nervioso	0.5

Valores SAR en un modelo de cabeza humana. Los niveles más altos se dan en los tejidos próximos a la antena del teléfono. Todos los valores quedan dentro de los niveles recomendados por ICNIRP



Medidas de protección

- Instalar barreras o señales que eviten el acceso de personal no autorizado a zonas donde la exposición pueda superar niveles recomendados.
- Las distancias mínimas de seguridad a las antenas de las estaciones de base dependen de las potencias de las mismas.
- Como ejemplo, para una estación base que radiase a 2.500 vatios, a 900 MHz \longrightarrow 10 metros.
- En la actualidad no se establecen distancias mayores de 20 metros.
- Se recomienda evitar la instalación de antenas base cercanas a espacios sensibles, como escuelas, centros de salud o áreas de recreo.



Normativa en Argentina (ENACOM)

Resolución 3690 CNC/04

Establécese que los titulares de autorizaciones de estaciones radioeléctricas y los licenciarios de estaciones de radiodifusión deberán demostrar que las radiaciones generadas por las antenas de sus estaciones no afectan a la población en el espacio cir

Resolución 530 SC/00

Estándar Nacional de Seguridad de aplicación obligatoria a todos los sistemas de telecomunicaciones que irradian en determinadas frecuencias.

Resolución 202 MS/95

Apruébase el Estandar Nacional de Seguridad para la exposición a radiofrecuencias comprendidas entre 100 kHz y 300 GHz.



Conclusiones

- Ninguno de los recientes informes han concluido que la exposición a campos de RF de teléfonos móviles o sus estaciones base produzca efectos adversos sobre la salud.
- La exposición a CEM por debajo de los niveles de la Recomendación de la ENACOM, aunque pudiera inducir alguna respuesta biológica en condiciones experimentales, no está demostrado que pueda implicar efectos nocivos para la salud.
- Ningún estudio epidemiológico ha mostrado claramente que la radiación RF sea cancerígena.