



Radiaciones en el medio ambiente

Constantino Pérez Vega
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Departamento de Ingeniería de Comunicaciones
Santander

Definiciones

Radiación.

En general, emisión de energía al espacio libre u otro medio (agua, aire, gas, etc.), en forma de ondas o partículas.

Onda electromagnética

Disturbio que se propaga a partir de una carga eléctrica oscilante o acelerada, en forma de campos eléctricos y magnéticos que viajan a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

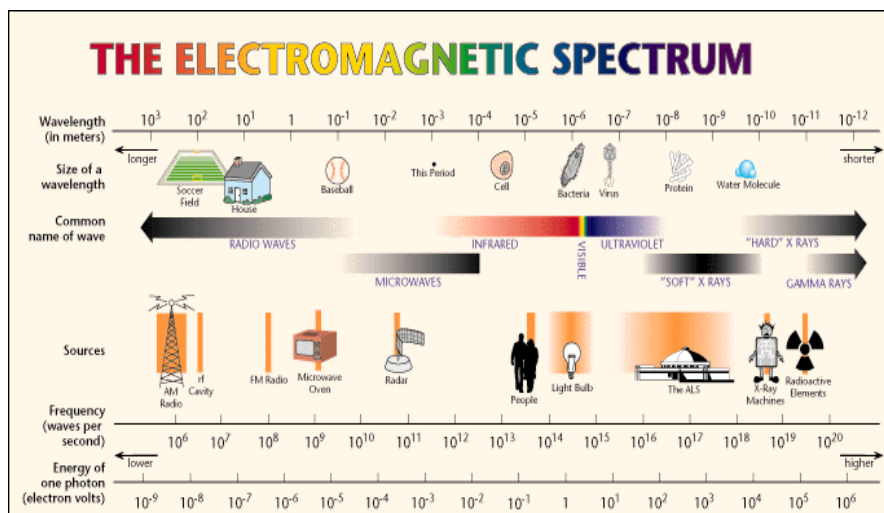
Energía electromagnética

Energía transportada por una onda electromagnética.

Energía asociada a los campos eléctrico y magnético de un onda.

Espectro electromagnético

Rango de frecuencias (o longitudes de onda) de la radiación electromagnética.



Fuente: <http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science>

Tipos de radiación según su forma de interacción con la materia

Radiación Ionizante

Energía suficiente para liberar electrones de los átomos, producir ionización y romper enlaces químicos en moléculas orgánicas

Rayos cósmicos, Rayos X, Rayos gamma, Rayos ultravioleta...

Radiación No Ionizante

Su energía **no es suficiente** para liberar electrones de los átomos ni romper enlaces químicos

Energía electromagnética de RF, Radiación infrarroja y visible

ENERGÍA DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA (FOTÓN)

$$w = hf$$

$$h = 6.6252 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{seg.} = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{seg}$$

f = frecuencia en Hz.

Energía mínima necesaria para producir ionización

Es la energía necesaria para liberar un electrón de un átomo

La energía mínima es del orden de 4 eV

La frecuencia de un fotón de esta energía es:

$$f = 4 \times 1,6 \times 10^{-19} / 6,625 \times 10^{-34} = 9,66 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

Esta frecuencia corresponde aproximadamente al **ultravioleta lejano**

La energía de un fotón de 300 GHz (radiofrecuencia) es de 0,00125 eV, es decir, menos de una milésima de la mínima energía necesaria para producir ionización.

La energía de radiofrecuencia no puede producir ionización

7

FUENTES DE RADIACION IONIZANTE

NATURALES:

Están presentes desde los orígenes del universo.

Todos los seres vivos están sometidos constantemente a la **radiación de fondo**

Prácticamente la única hasta principios del siglo XX

1. Radiación cósmica

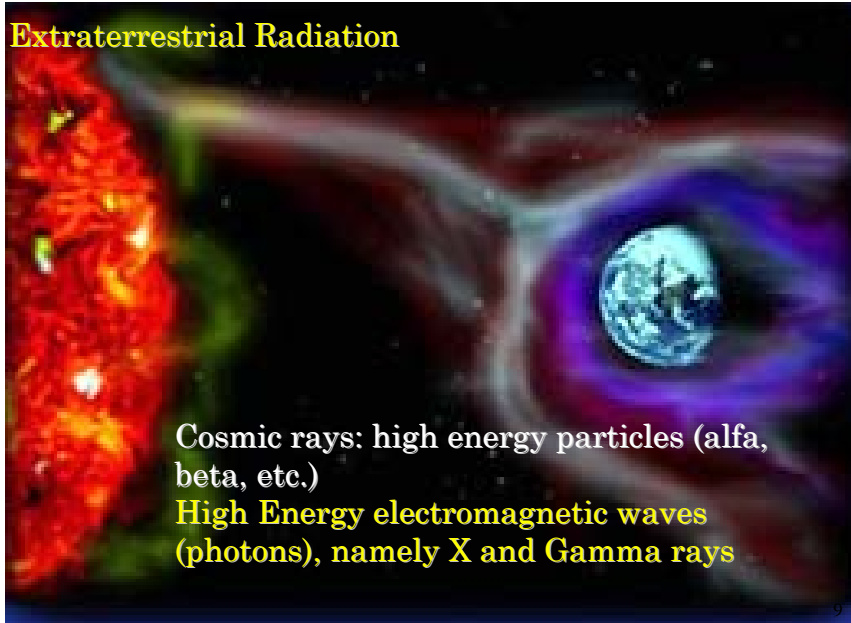
Rayos X Radiaciones electromagnéticas de alta energía

Rayos gamma

Rayos cósmicos Partículas de alta energía (alfa, beta, etc.)

8

Extraterrestrial Radiation



Cosmic rays: high energy particles (alfa, beta, etc.)

High Energy electromagnetic waves (photons), namely X and Gamma rays

9

Origen terrestre

Es el resultado de la desintegración nuclear de los elementos químicos en la corteza terrestre (U, Th, etc.), en particular el radón y sus subproductos.

También puede considerarse como tal la radiación debida a isótopos radioactivos presentes en el propio cuerpo humano: K^{40} , C^{14} , etc.

La fuente más importante de radiación terrestres es el radón

10

3. Fuentes de radiación debidas a la actividad humana

1. Médicas

La radiación X es, probablemente, la más importante

2. Reactores nucleares

Son una de las fuentes de residuos nucleares y contaminación del medio ambiente más importante en la actualidad.

3. Residuos de explosiones y accidentes nucleares

“Lluvia” radioactiva sobre grandes extensiones de terreno.
Contaminación de larga duración del suelo

11

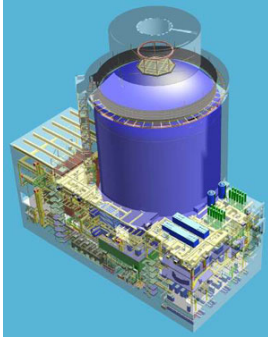
Médicas



La radiación X es probablemente la más importante

12

Reactores nucleares



At present, they are the main sources of radioactive waste and contamination in the terrestrial environment



13

Residuos de explosiones y accidentes nucleares.

Lluvia radioactiva

Metralla de proyectiles de uranio empobrecido

Contaminacion de larga duracion(miles de años) del terreno



14



Receptores de TV y monitores de computadora basados en tecnología de tubos de rayos catódicos



15

X-Radiation in Cathode-Ray Tubes

In a CRT electrons are accelerated through a voltage between 15 and 30 kV, and they reach velocities up to $0.3c$ or higher when they strike on the screen

At the screen, when electrons pass through the electric field of a nucleus, they lose energy by radiation, which appears as continuous spectrum X or γ radiation (*bremstrahlung*).



X radiation energy emitted by CRT's is in the order of 20 to 30 keV

It is therefore, low level radiation, however, not negligible

16

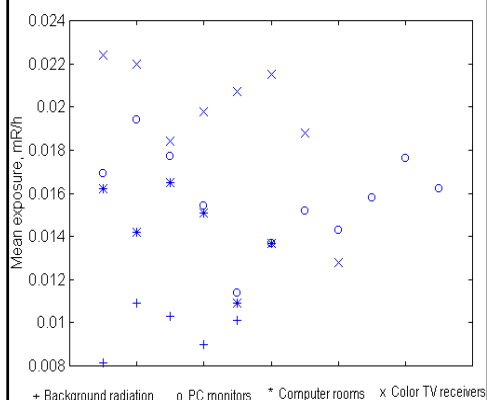
Televisores y monitores de computadora...

Los tubos de rayos catódicos emiten rayos X de “baja intensidad” (10 a 30 keV) prácticamente en todas direcciones

La emisión es detectable sobre la radiación de fondo hasta distancias de más de 5 m.

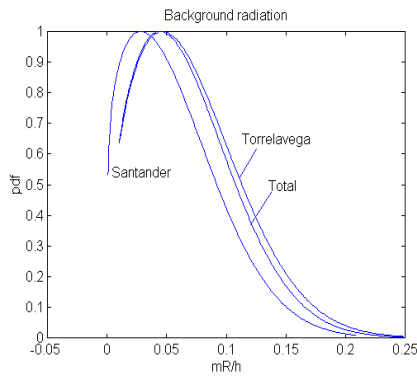


Valores medios de las tasas de exposición

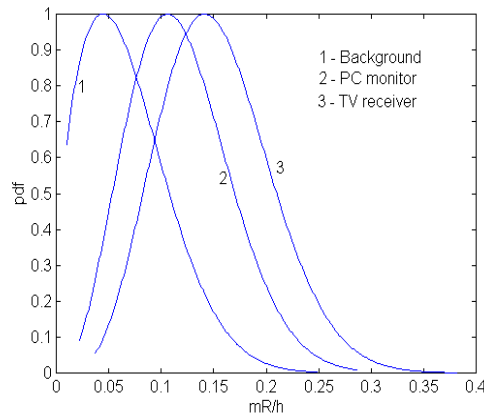


| Medición | γ (mR/h) | σ_γ |
|--|-----------------|-----------------|
| Radiación de fondo | 0.0107 | 0.00606 |
| Monitor apagado (fondo) | 0.011 | 0.00664 |
| Monitor a 5 cm de la pantalla | 0.0132 | 0.00708 |
| Monitor a 5 cm – laterales | 0.0132 | 0.00618 |
| Monitor a 5 cm de la pantalla – Con filtro | 0.013 | 0.00592 |
| Monitor a 50 cm de la pantalla | 0.0136 | 0.0046 |
| Receptor de TV a 2.5 m de la pantalla | 0.0154 | 0.006 |
| Sala de cómputo (20 PCs) - Ambiente | 0.015 | 0.00708 18 |

Funciones de densidad de probabilidad (PDF, Nakagami)



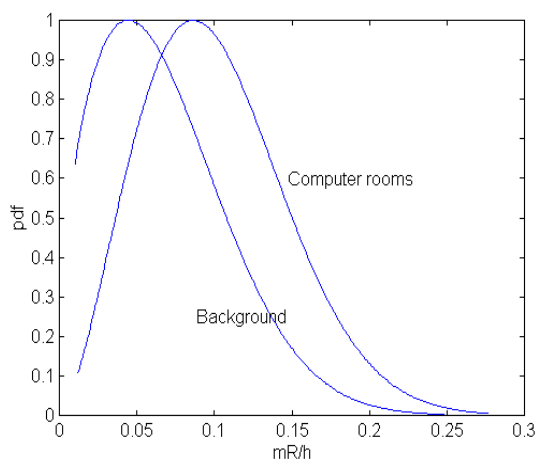
Radiación de fondo



**Radiación de fondo +
monitores y receptores de
TV**

19

Sala de Computo



| Condición | Dosis anual efectiva equivalente (mSv/y) |
|---|--|
| Radiación de fondo | 0.937 |
| Fondo + monitor (8 h/d, 300 d/año) o sala de cómputo, mismo tiempo. | 1.041 |

20

La radiación ionizante emitida por monitores y receptores de TV es **detectable y cuantificable**.

El **nivel de radiación lateral** es similar al que se tiene frente a la pantalla.

Los **filtros de pantalla** no parecen reducir significativamente los niveles de radiación.

21

Detectores de humo



Radioactive element: Americium 241 (Am^{241})

Type of radiation:

α (5.5 MeV)

γ (0.013 to 0.42 MeV)

Activity:

35 kBq approx.

1 g of Am^{241} allows the manufacture of about 5000 smoke detectors.



22

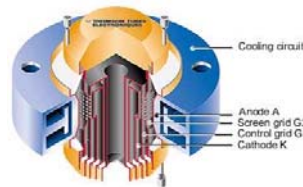
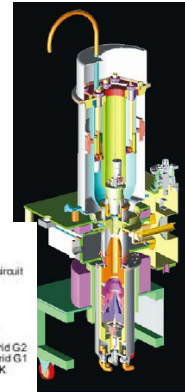


Pararrayos radioactivos

El elemento activo también es Am^{241}



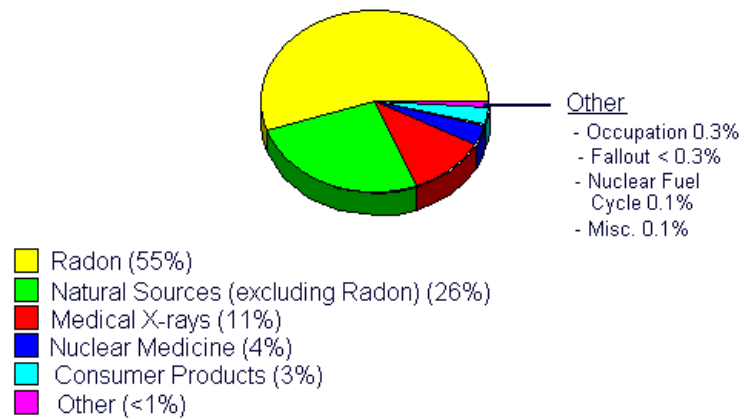
Válvulas electrónicas de alta potencia
Rayos X “suaves”



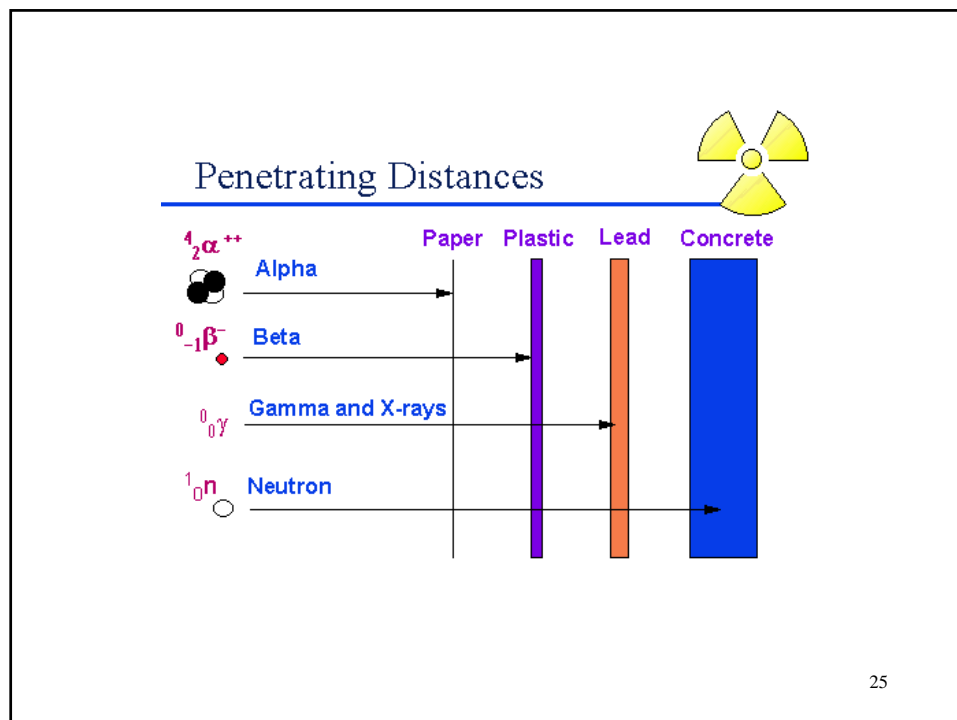
23

Sources of Radiation Exposure

From: NCRP Report No. 93



24



Algunos efectos de la radiación ionizante en las células

Muerte celular

Pérdida de capacidad reproductiva

Daños al código genético (ADN): Las futuras copias de la célula quedarán alteradas.

Las células que se multiplican rápidamente son las más susceptibles de ser afectadas por la radiación. Por ejemplo las células del feto y las células cancerosas.

Las células tienen cierta capacidad de autoreparación, pero ésta debe ocurrir antes de que la célula se reproduzca para que no haya efectos nocivos

26

...algunas cifras...

La tasa anual de exposición se estima alrededor de 360 mrem/año (USA)

Esto equivale a una carga eléctrica depositada en aire seco de 9.3×10^{-5} C/Kg.año

1 Coulomb de carga equivale a 6.25×10^{18} iones

En 70 Kg de aire (el peso de una persona), la carga depositada en un año sería de 0.0065 C. Esto habría dado lugar a la producción de 4×10^{16} iones.

Supongamos que en el tejido vivo sólo se produce el 10% de los iones que se producirían en el aire: 4×10^{15} (cuatro mil billones) iones por año...

10 billones de iones al día

463 mil millones de iones por hora

129 millones de iones por segundo

ESTO ES PRODUCIDO POR LA RADIACION NATURAL A LA QUE ESTAN EXPUESTOS DE FORMA PERMANENTE TODOS LOS SERES VIVOS QUE HABITAN EL PLANETA

27

...algunas consideraciones

Las cifras anteriores corresponden a una exposición de **todo el cuerpo**, de modo que no toda esa ionización se produce en una sola célula.

La ionización se produce en un volumen que depende del área transversal de la radiación.

Suponiendo un área transversal del cuerpo de 1 m^2 y las células como círculos de 100 micras de diámetro, la ionización a que estaría sometida una célula sería de **0.046 ionizaciones/seg.**

Una ionización cada 2.17 segundos

28

Capacidad de reparación celular...

Capacidad de reparación del ADN de una célula:

97 reparaciones/seg o una reparación cada 10.3 mseg

La probabilidad de que los daños sean reparados es alta

La condición para que no se produzcan daños es que la célula pueda repararse antes de reproducirse...

Estos eventos no son periódicos, son aleatorios y por tanto, deben tomarse estadísticamente.

TODA RADIACION IONIZANTE, AUN DE BAJO NIVEL DE ENERGIA, ES POTENCIALMENTE PELIGROSA

29



■ Para **distancias de visualización de 50 cm** (monitores) y exposición durante 8 h/d, 300 días al año, la dosis media adicional al año es 7.5% superior a la debida a la radiación de fondo.



■ La exposición a monitores o en salas de cómputo (8 h/d, 300 d/a) aunada a la de receptores de televisión a 2.5 m (3 h/d, 365 d/a), da lugar a una dosis media anual en exceso que **puede superar la radiación de fondo hasta en un 25%**.

30

Radiación ultravioleta⁽¹⁾

Produce ionización por excitación electrónica

El sol es la principal fuente de esta tipo de radiación

La capa de ozono actúa como filtro de esta radiación

La radiación UV produce daños en la piel y **es una de las principales causas de melanoma maligno.**

En 1996 se diagnosticaron en los Estados Unidos 38.500 nuevos casos de melanoma, 7.300 mortales.

(1) Scientific American. 9/96.

31

RADIACION NO IONIZANTE (Radiofrecuencia)

32

Energía de Radiofrecuencia (RF)

Energía de RF: Ondas electromagnéticas de frecuencias inferiores a 300 GHz.

Terminología:

Energía electromagnética

Radiación

Campo electromagnético

Intensidad de campo

33

Algunas frecuencias utilizadas en sistemas de comunicaciones habituales

Radiodifusión sonora en ondas medias: 300 KHz a 1600 KHz

Radiodifusión y radiocomunicación en onda corta: 3 a 30 MHz

Radiodifusión de televisión: VHF: 50 a 80 MHz

170 a 330 MHz

UHF: 450 a 850 MHz

Radiocomunicaciones: 150 MHz

Telefonía móvil: 450 MHz, 850 a 950 MHz y 1800 a 2200 MHz



34

...más sistemas de comunicaciones...

Radioenlaces terrestres de microondas: Diversas frecuencias entre 1,2 GHz y 40 GHz.



Televisión por satélite: 10 a 12 GHz.

Radar: Desde alrededor de 1 GHz hasta cerca de 100 GHz

Otras aplicaciones:

Hornos de microondas: 2,45 GHz

Controles de radio para apertura de puertas, electrodomésticos, etc: 450 MHz y otras

Aplicaciones médicas, industriales, etc.

35

En la práctica, actualmente no hay sistemas de comunicaciones que funcionen a frecuencias superiores a 100 GHz.

Energía de un fotón a 300 GHz

$$W = hf = 0,00124 \text{ eV}$$

¡Menos de la milésima parte de la energía necesaria para producir ionización!

36

EFFECTOS DE LA RADIOFRECUENCIA

Sociales

Medioambientales

Biológicos

37

Efectos ambientales... “Impacto visual”



38

Efectos biológicos...

La pregunta del público...

¿Qué daños producen los teléfonos móviles y las estaciones base, o cualquier otra estación transmisora de radio, televisión, satélite, etc?

39

Dos posibles respuestas (entre otras)...

Si es fabricante de equipos o una empresa operadora:

“Nuestros equipos e instalaciones cumplen con todas las normas y reglamentos”

Si es un científico o entendido en la materia:

“No hay ninguna evidencia científica de que causen daños a la salud del público en general”

40

Aunque, dependiendo a quien se pregunte, también se pueden encontrar otras respuestas...

Producen cáncer

Causan esterilidad

Producen daños cardíacos

Alteran los nervios

Aumentan el riesgo de que caigan rayos

...y un montón de etcéteras...

41

Algunas formas de percepción del riesgo...

Extrapolación de observaciones históricas

Investigación académica, clínica e industrial

Grupos de interés: **Greenpeace, WWF, Asociaciones de consumidores, etc.**

Medios de información: **Prensa, Radio, TV...**

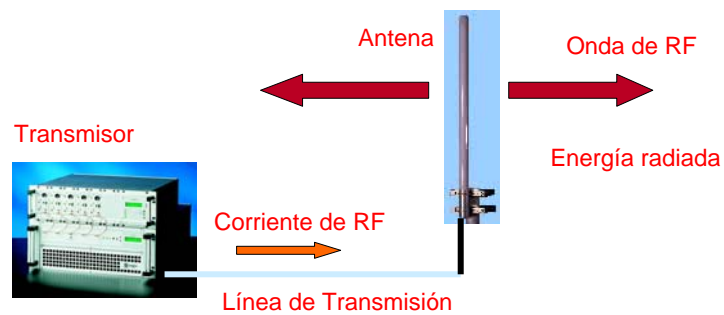
**Es muy difícil refutar algo que
no se puede probar**

42

...volvamos un poco a lo básico...

Las fuentes principales de radiación de energía electromagnética no ionizante son las **antenas**. Las antenas actúan también como **receptoras** de energía electromagnética.

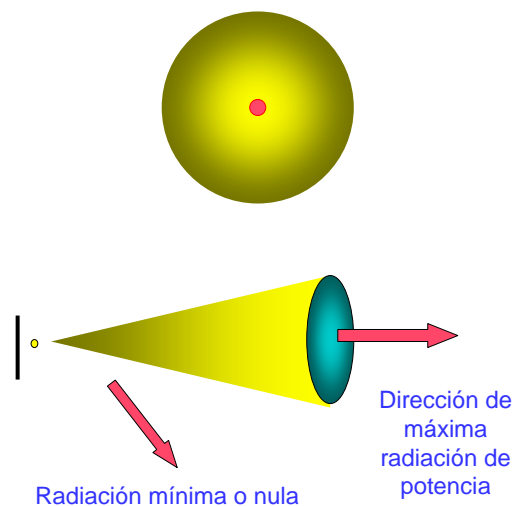
Una antena puede actuar tanto como transmisora o como receptora



43

Una antena emite energía de radiofrecuencia de manera semejante a la de una lámpara.

La energía que emite una antena se concentra en una porción limitada del espacio. Esta capacidad de concentración está determinada por la **ganancia** de la antena.



44

Niveles de potencia radiados por algunos sistemas.

| | |
|-----------------------|---|
| Ondas medias: | <100 w a > 250 Kw |
| Onda corta: | <100 w a > 1 Mw |
| FM: | <10 w a > 50 Kw |
| Televisión: VHF: | < 10 w a 300 Kw |
| Televisión: UHF: | < 10 w a > 3 Mw |
| Telefonía móvil: | hasta > 1 Kw (estaciones base) hasta 1 a 2 w (móviles) |
| Hornos de microondas: | Del orden de 1 Kw |
| Radar: | Hasta varios Mw |

45

...¿Cómo se mide la cantidad de energía radiada por una antena?...

Intensidad de campo eléctrico (Voltios/m)

Densidad de flujo de potencia (w/m² o mw/cm²)

En el espacio libre, la densidad de flujo de potencia disminuye proporcionalmente al recíproco del cuadrado de la distancia a la antena:

$$S = \frac{\text{Potencia radiada por la antena}}{4\pi d^2} F(\theta, \phi)$$

46

La densidad de flujo de potencia y la intensidad de campo eléctrico están relacionadas:

$$E = \sqrt{S \times Z}$$

Z es la impedancia característica del medio en que se propaga la onda y depende de las características eléctricas de éste. Vale 377 ohms para el espacio libre.

En cualquier medio material (agua, tejido vivo, etc.) la energía se atenúa según las características del medio. Esto equivale a decir que la onda cede energía al medio, o bien que el medio absorbe parte de la energía de la onda.

47

Un parámetro que se utiliza para medir la absorción de energía por el tejido biológico es la tasa de absorción específica o SAR (Specific Absorption Ratio) que da la energía absorbida por unidad de masa:

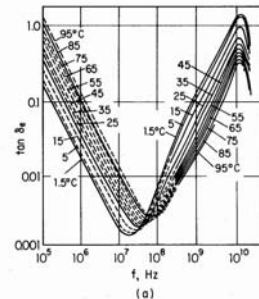
$$SAR = \frac{E^2 \sigma}{\rho}$$

σ es la **conductividad eléctrica del tejido** y ρ es la **densidad (Kg/m³)**.

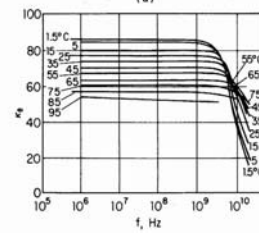
El tejido vivo del cuerpo humano no es homogéneo y tampoco es uniforme. Las fórmulas anteriores sólo dan una primera aproximación.

48

Tangente de pérdidas para el agua en función de la frecuencia y de la temperatura



Permitividad relativa (constante dieléctrica) para el agua, en función de la frecuencia y de la temperatura



Ref: Giacoletto. *Electronic Designers' Handbook*. 2nd Ed. McGraw-Hill, 1977

49

Dosimetría de RF

SAR: Exposición en campo cercano (teléfonos móviles)



DFP e Intensidad de campo eléctrico: Se emplean para medir la exposición en campo lejano



50

Interacción de la energía de RF con el tejido vivo

Dos tipos:

Efectos térmicos: Elevación de temperatura

Efectos no térmicos o específicos: engloban las consecuencias independientes de la elevación de temperatura

Según la actuación sobre los organismos vivos:

Efectos benéficos

Efectos perniciosos

51

Dudas...

¿Qué niveles de potencia resultan perjudiciales?

¿A partir de qué nivel de potencia aparecen efectos térmicos específicos?

¿Cómo son los mecanismos de interacción entre la radiación y los tejidos vivos?

52

Efectos térmicos adversos o perniciosos

La RF con energía suficiente provoca aumento de temperatura en el tejido biológico a causa de las vibraciones moleculares del agua y, en menor grado, por el incremento del movimiento de las proteínas que forman parte de los tejidos

Dependen del nivel de potencia aplicado, de la naturaleza del medio biológico y sus propiedades electromagnéticas (permitividad, permeabilidad, conductividad).

53

Criterios para la valoración de efectos térmicos

Si el cuerpo se somete a un calentamiento externo igual o superior a la tasa metabólica, puede ocurrir daño por efectos térmicos.

La tasa metabólica basal del ser humano es del orden de 1 w/kg de masa corporal. Un individuo puede tolerar hasta 4 veces este valor durante períodos prolongados sin efectos apreciables.

En condiciones de ejercicio físico, puede aumentar considerablemente (>15 w/kg)

Para producir una SAR de 1 w/kg se requiere una intensidad de campo eléctrico del orden de 30 V/m

54

La exposición al sol provoca un flujo de energía absorbida de 40 mw/cm^2 que el organismo debe disipar para no incrementar su temperatura

La normativa se basa en una relación entre la necesidad de disipación de energía del cuerpo con la energía absorbida por el mismo.

Universalmente se acepta que una SAR inferior a 4 w/kg supone una disipación de calor comparable a la de una actividad física moderada y por tanto es autorregulable por el organismo

55

Suponiendo una impedancia característica del tejido vivo como de 45Ω ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ y $\sigma = 1 \text{ S/m}$), la densidad de flujo de potencia capaz de producir una intensidad de campo de 30 V/m será de 20 w/m^2 .

La densidad de flujo de potencia establecida por las normas de ICNIRP es la 5ª parte del valor anterior, para exposición del público en general.

La distancia a una antena que radia 1000 w , a la que se tiene una DFP de 20 w/m^2 , es de ¡6 centímetros!

56

...efectos perniciosos...

A incrementos moderados de temperatura producen muerte celular y degeneración de los tejidos

Las células cancerosas, las reproductoras y las de la retina, entre otras, son más sensibles a los efectos térmicos.

1930. Aumento de presión sanguínea, mareos, debilidad, desorientación, náusea y síntomas relacionados con la fiebre



57

1948. Clínica Mayo y la Universidad de Iowa (Estados Unidos)

Pueden inducirse cataratas en animales de laboratorio por la exposición a la RF

Se observa degeneración testicular en algunos animales de laboratorio

Unos años después se informa de casos aislados de sangrado interno entre trabajadores de equipos de radar.

Los niveles de exposición de 100 mw/cm² producían de manera consistente efectos adversos. Por debajo de 10 mw/cm² no se observaron efectos significativos.

58

Niveles y estándares

En 1953 se sugirió que 10 mw/cm^2 podía ser un límite seguro

Este valor se incorporó en los estándares de ANSI en 1966.

En 1958, en la extinta URSS se recomendó un límite de $10 \mu\text{w/cm}^2$ (tres órdenes de magnitud inferior al americano).

59

Efectos demostrables de la RF sobre la salud humana

Solamente los efectos térmicos (aumento de temperatura), son claramente demostrables y bien conocidos.

Aunque se han demostrado algunos efectos biológicos de la RF a nivel celular, los efectos sobre la salud no están bien demostrados, con frecuencia son contradictorios y continúan siendo objeto de investigación, especulación y controversia.

60

Efectos no térmicos investigados o en estudio

Efectos de campos electromagnéticos sobre el sistema nervioso central

Atracción celular en presencia de campos eléctricos.

Circulación de corriente a través de la membrana celular

Desdoblamiento de proteínas a frecuencias de microondas

Absorción de energía en determinadas bandas de frecuencias (absorción resonante)

Abosorción resonante en el ADN

Transporte de substancia a través de la membrana celular

Cambios en el nivel de calcio intracelular

Influencia en la bomba de sodio potasio en las células sanguíneas humanas

61

Los riesgos de la RF, así como de las corrientes eléctricas están bien establecidos. Entre otros:

Schock e incluso muerte

Quemaduras

Fatiga térmica

Manifiestan umbrales bastante claros y, a diferencia de la radiación ionizante, no dependen de la exposición acumulada.

Dos tipos de umbral:

Intensidad

Frecuencia

62

Normatividad relativa a exposición a RF

Comisión Internacional sobre Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)

Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)

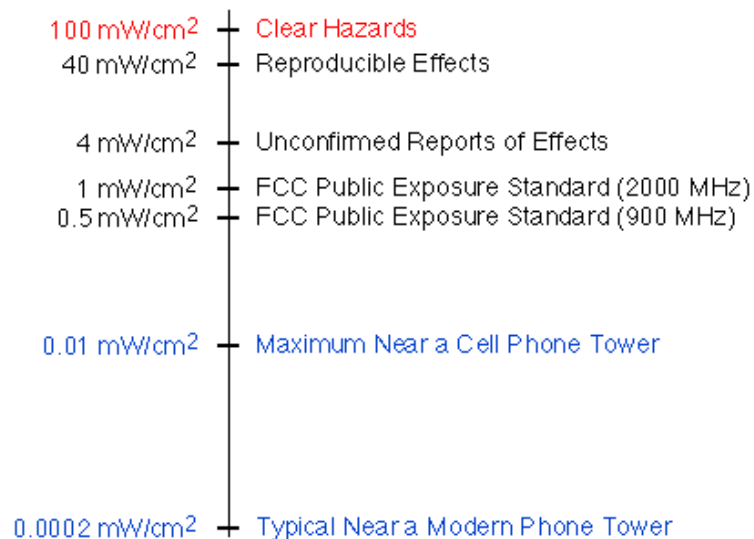
Oficina Nacional de Protección del Reino Unido (NRPB)

Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE)

Comisión Nacional sobre Protección de Radiación (NCRP)

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA)

63



64

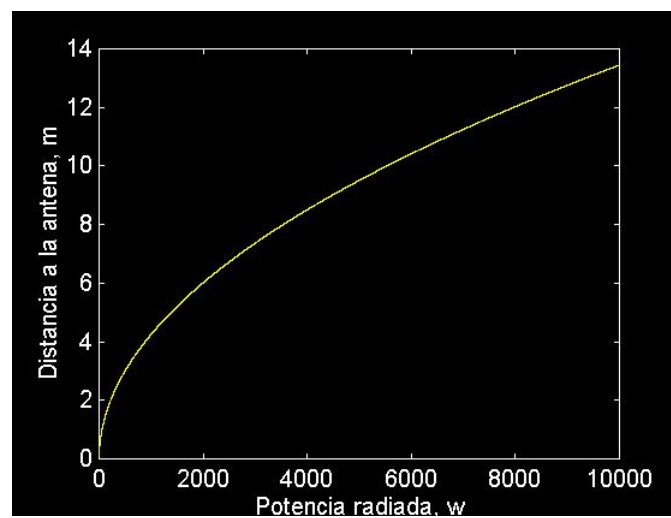
Niveles de exposición de RF al público en general (mw/cm^2)
(Estaciones base de telefonía móvil)

| f (MHz) | FCC | IEEE | ICNIRP | NRPB | NCRP | España |
|---------|------|------|--------|------|------|--------|
| 900 | 0.55 | 0.55 | 0.44 | 0.31 | 0.55 | 0.45 |
| 1800 | 1 | 1 | 0.75 | 0.92 | 1 | 0.9 |

Para España, los niveles se han calculado en base a los niveles de referencia fijados en el RD 1066/2001

65

Distancias de la antena para DFP de $0.44 \text{ mw}/\text{cm}^2$



66

Límites de SAR para la población en general

(Adoptados en los Estados Unidos, Canada y Australia)

General – El valor pico espacial de SAR no debe exceder 1.6 W/kg promediado sobre 1 gramo de tejido*

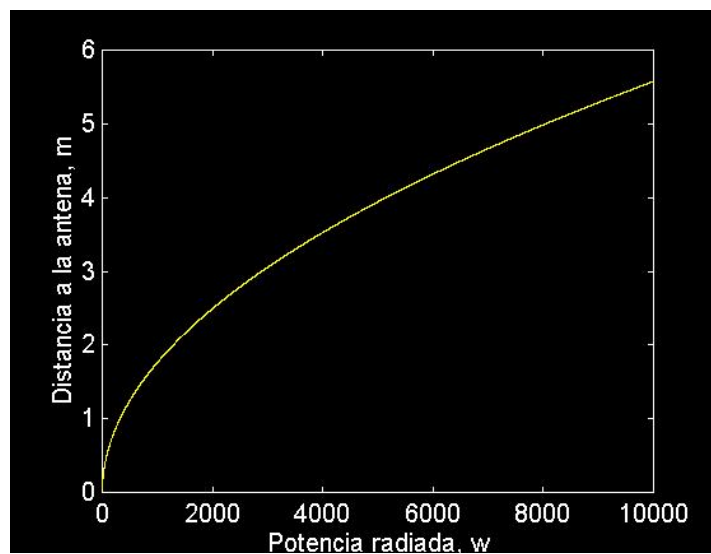
Manos, muñecas y tobillos. El valor pico espacial de SAR no debe exceder 4 W/kg promediado sobre 10 gramos de tejido*

Los límites de SAR en **Japón y Europa** son algo mayores (**2 W/kg en 10 cm³**)

* Definido como volumen de tejido en forma de cubo

67

Distancias a la antena para SAR de 1.6 w/kg



68

Desarrollos de la metodología para verificar el cumplimiento de los niveles de SAR

- IEEE (USA & Internacional)
- Spectrum Sciences Institute, APREL (Canadá)
- Australia/New Zealand Standards(Australia)
- ARIB (Japón)
- CENELEC (Europa)

69

Una consideración muy importante respecto a los efectos de la radiación ionizante y de la no ionizante (RF)

4 Gy de radiación gamma (ionizante) → 4 J/kg de masa corporal

Daños severos al organismo

Probabilidad de supervivencia a corto plazo < 50%

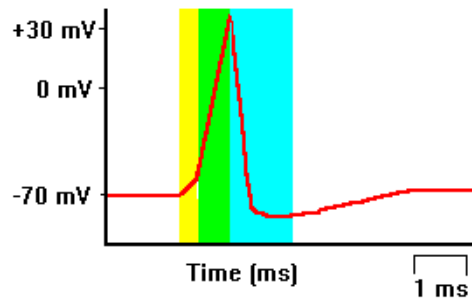
La misma cantidad de energía de RF (4 w/kg/s)

No produce efectos detectables aún durante largos períodos de tiempo

70

Algo sobre la intensidad de campo a escala celular...

El potencial de acción a través de la membrana celular varía entre unos -70 y $+30$ mV.



71

Suponiendo un espesor de la membrana del orden de $5 \mu\text{m}$, la intensidad de campo a través de la membrana, sin ningún campo externo, varía entre

-14000 V/m y 6000 V/m

La intensidad de campo eléctrico producida por una DFP de 10 mW/cm^2 (100 W/m^2) es de 194 V/m en el espacio libre y del orden de 70 V/m en un medio acuoso con permitividad relativa de $\epsilon_r = 70$ ($Z = 45 \Omega$)

Entre 1 y 3% del campo eléctrico “natural” de la célula.

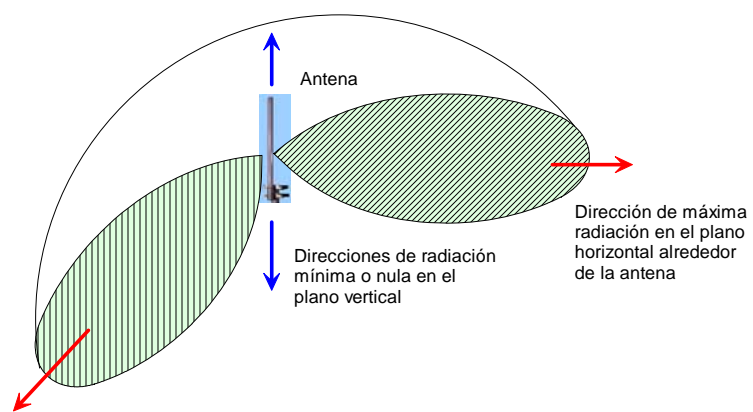
Esta situación se daría a 80 cm de una antena que radiara 1 Kw

72

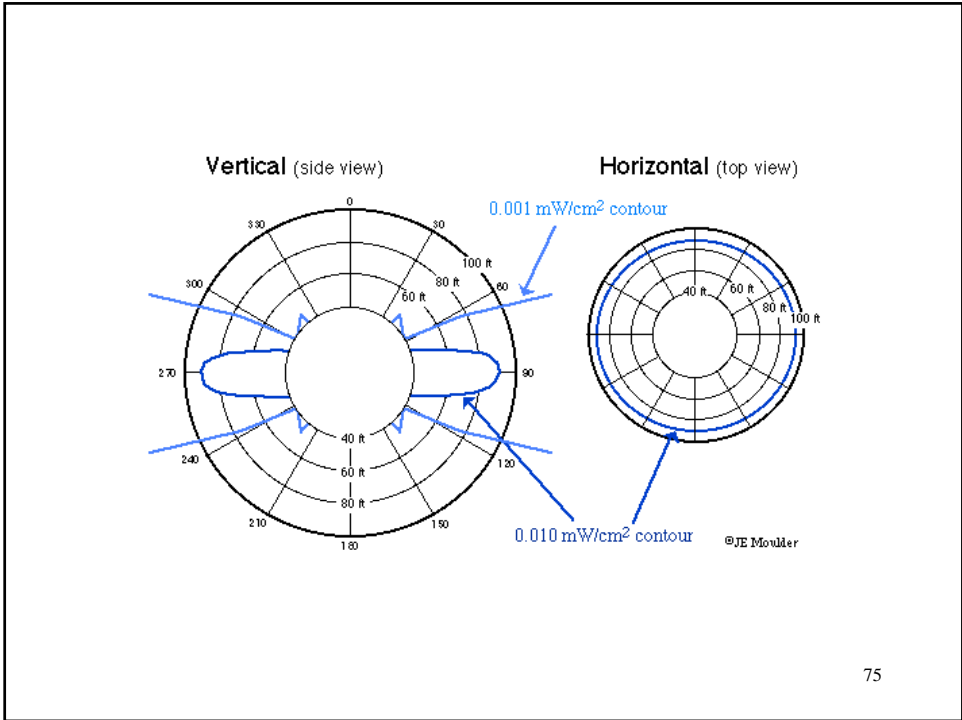
Radiación de antenas

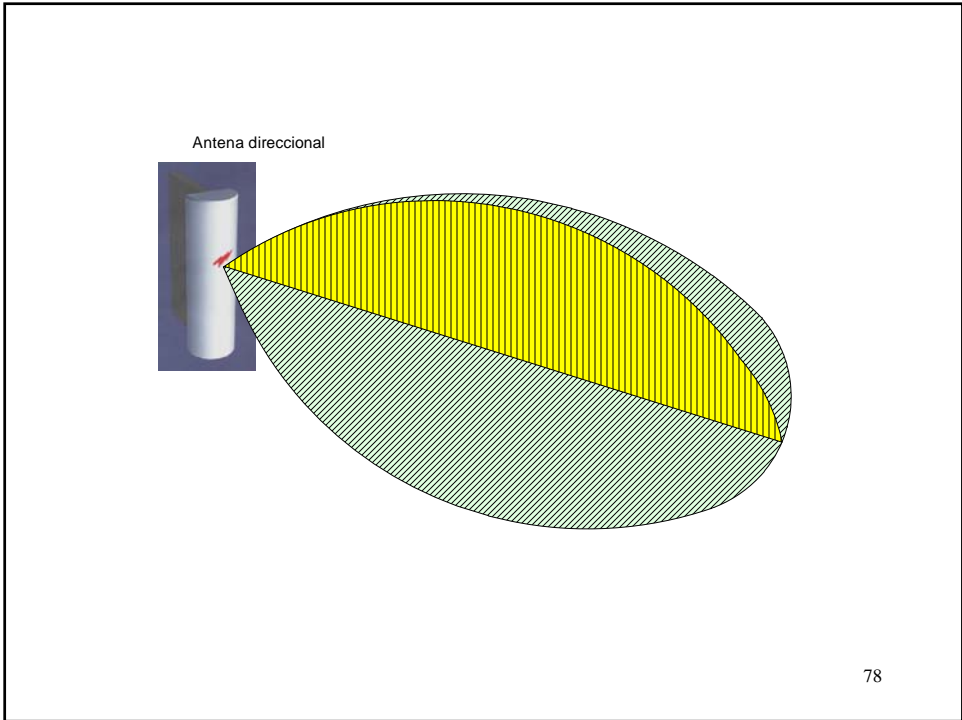
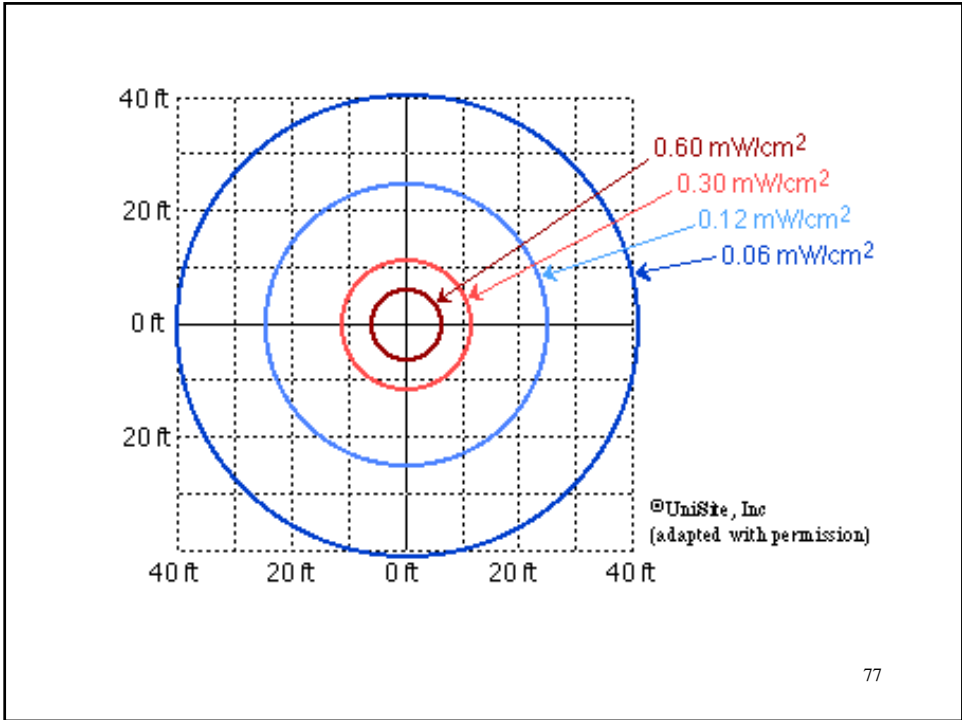
73

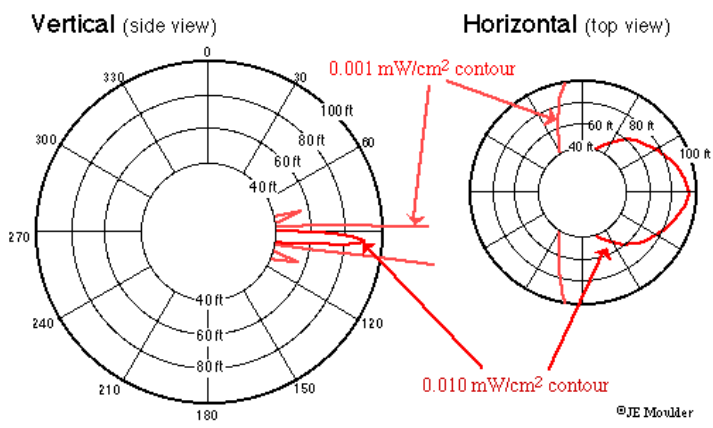
Forma de radiación de una antena elemental (dipolo)



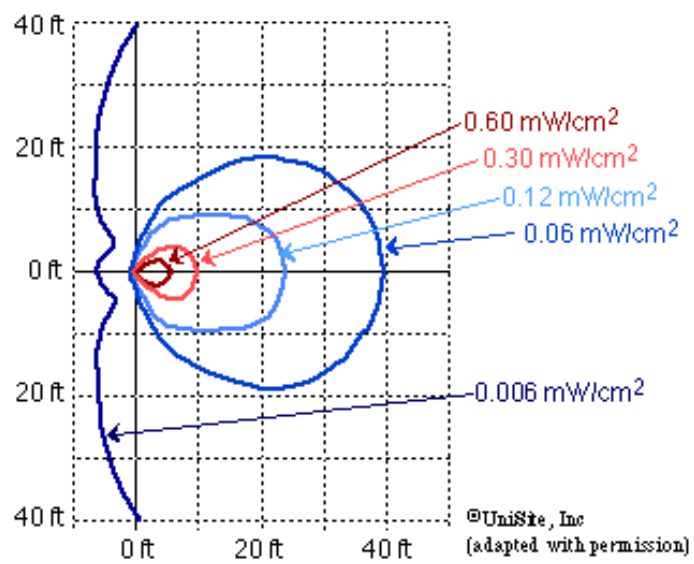
74



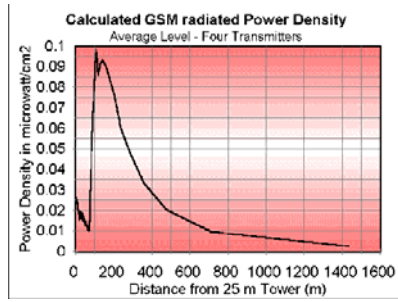
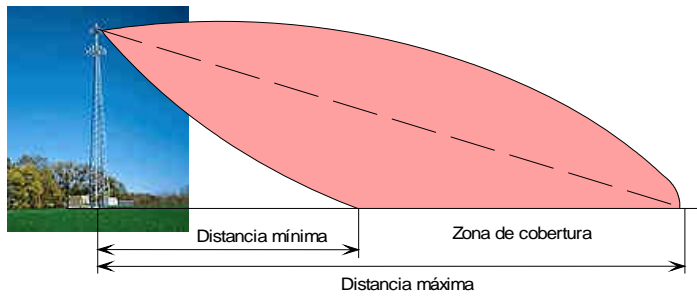




79



80



81



82



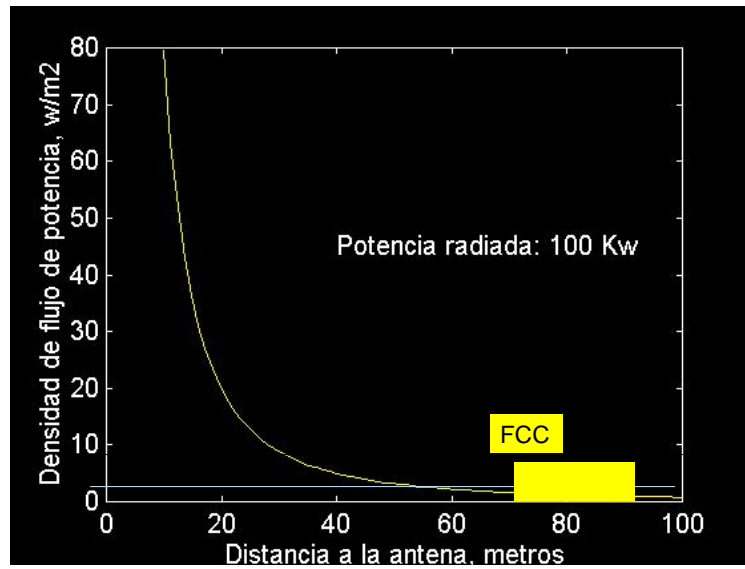
83



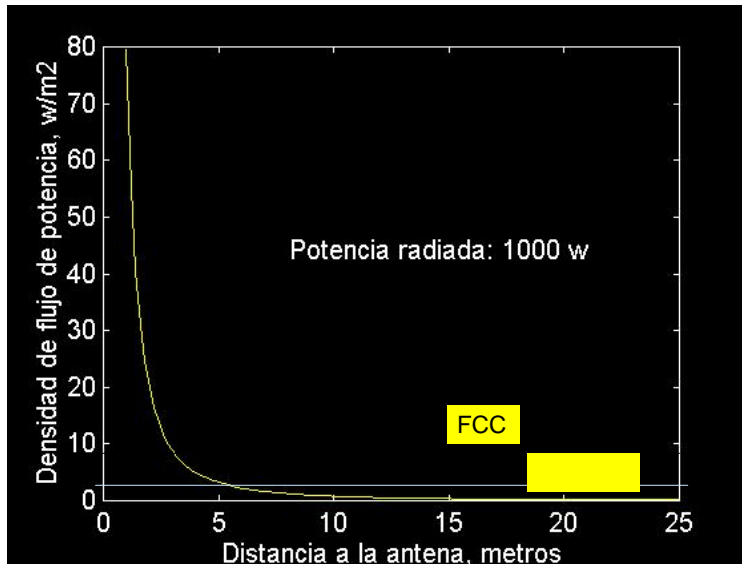
84



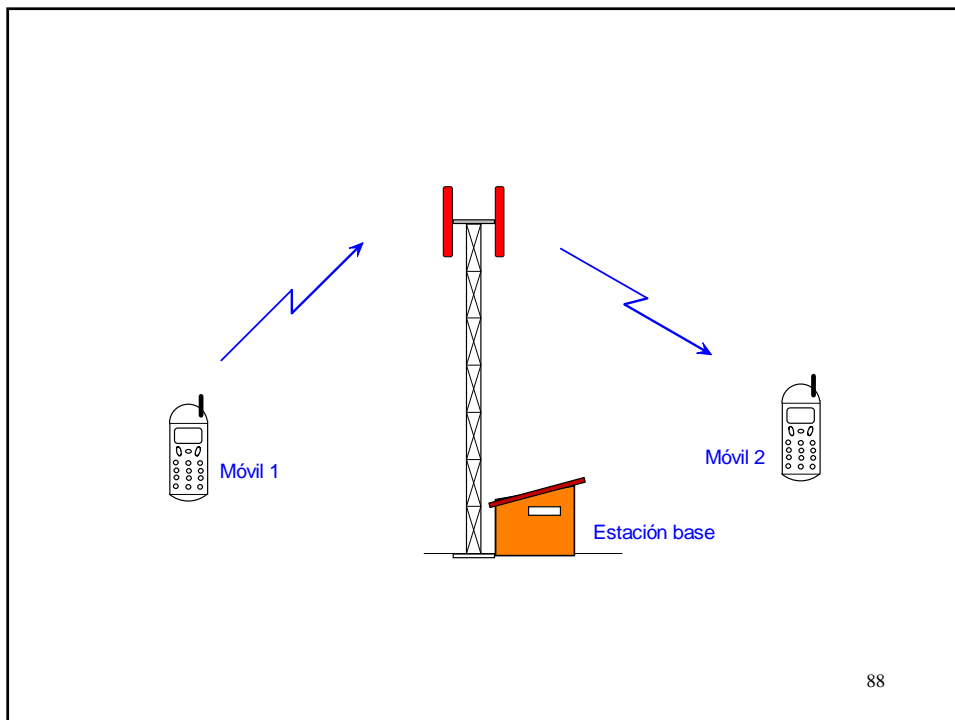
85



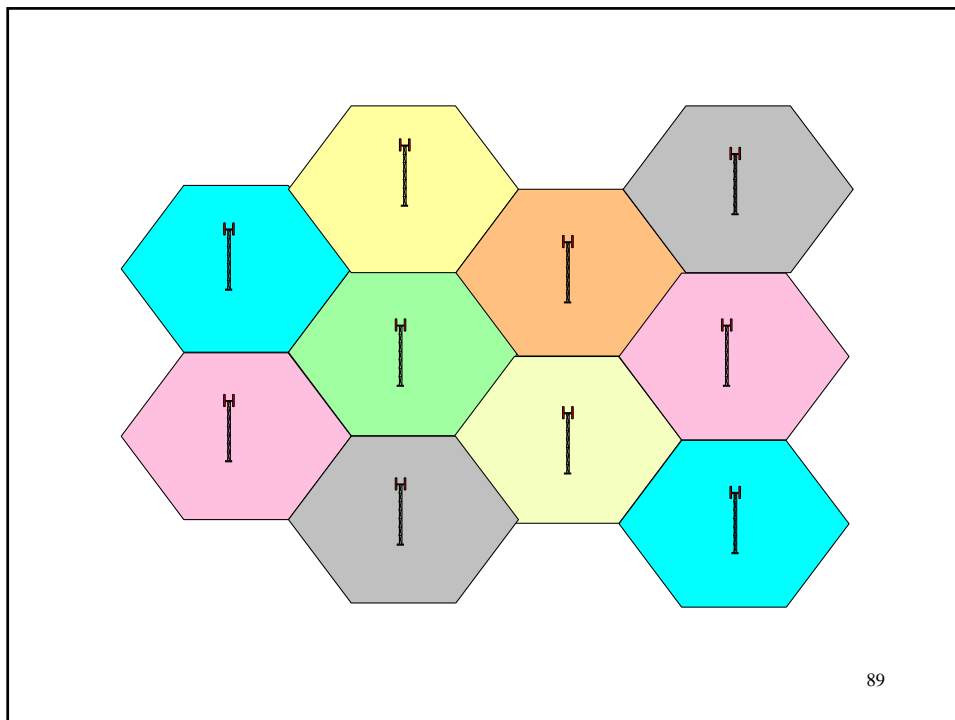
86



87



88



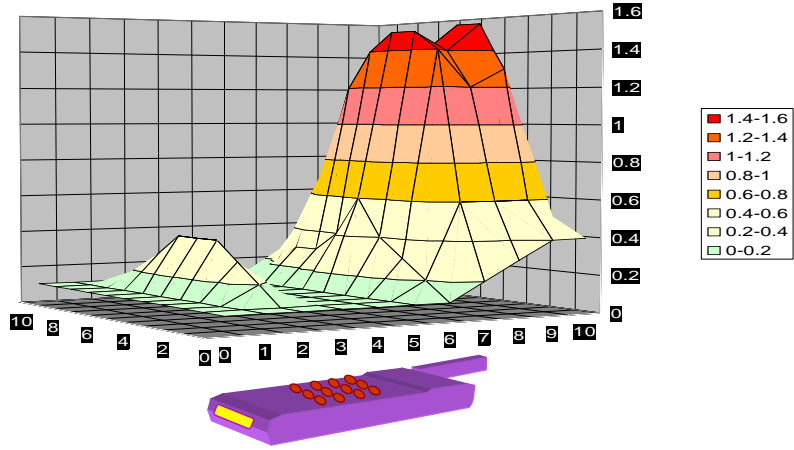
Teléfonos móviles

Potencia radiada máxima del orden de 1 a 2 w

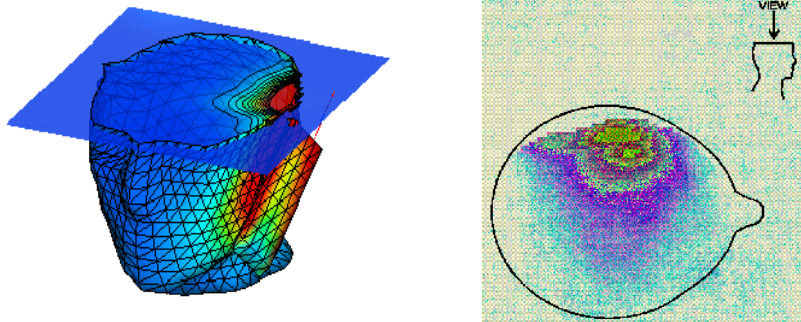
El nivel de potencia del móvil se ajusta automáticamente al mínimo requerido por la estación base para una buena recepción.

A menor distancia del móvil a la estación base, menor la potencia radiada por el móvil.

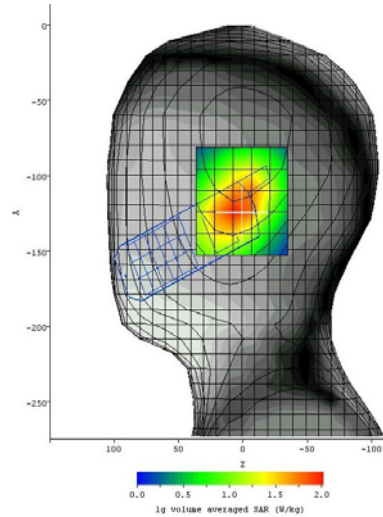
Niveles de SAR en relación con las partes del teléfono móvil



Fuente: Spectrum Science Institute



Una SAR de 1.6 w/kg produce un aumento de temperatura del orden de 0.4°C



93

Las potencias máximas que pueden transmitir los móviles en el sistema GSM son 2 W a 900 MHz y 1 W a 1800 MHz. Sin embargo, debido a que se utiliza TDMA, la potencia promedio nunca es superior a la octava parte de los valores anteriores (0.25 y 0.125 W respectivamente)

Los efectos de calentamiento debidos a los campos de estaciones base, en el campo lejano, son del orden de 5000 veces inferiores a los producidos a 2 cm de la antena de un teléfono móvil.

94

Otros efectos comprobados...

Interferencia electromagnética sobre otros sistemas de comunicaciones y equipos electrónicos. Algunos de estos efectos pueden tener consecuencias indirectas sobre la salud humana

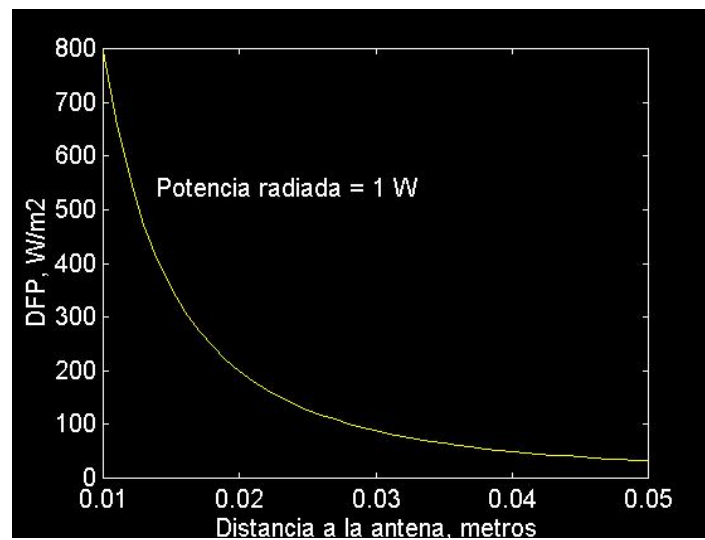
Marcapasos

Monitores de apnea

Sillas eléctricas de ruedas

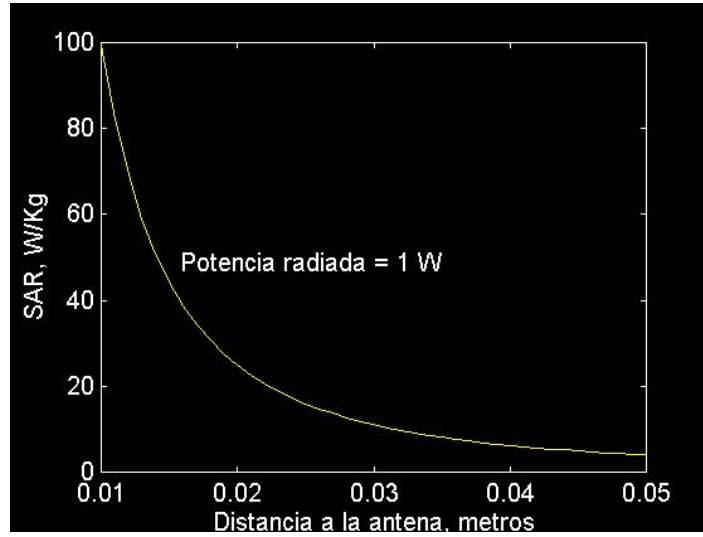
95

Niveles de DFP entre 1 y 5 cm de un móvil



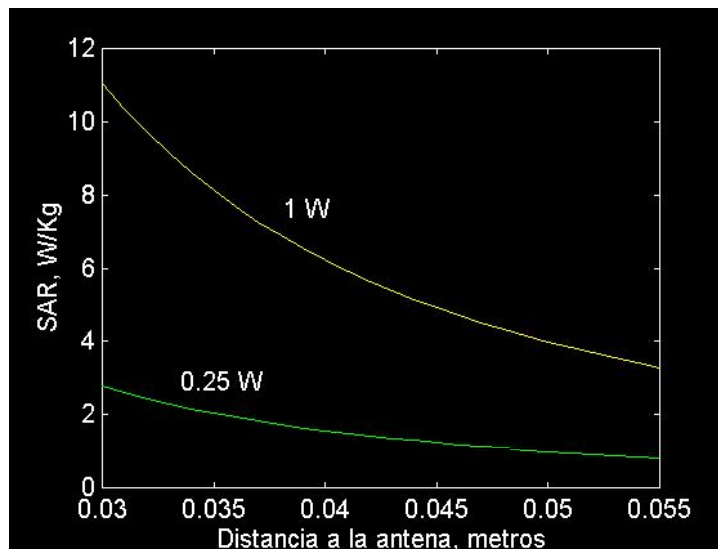
96

Niveles de SAR entre 1 y 5 cm de un móvil



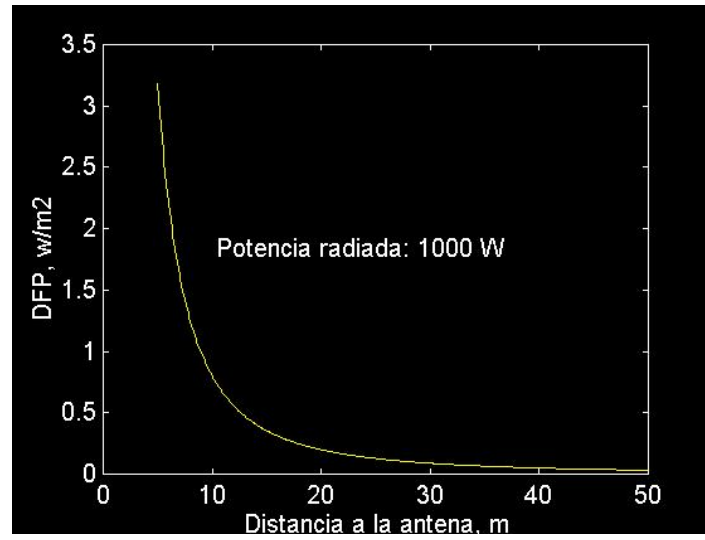
97

Niveles de SAR entre 3 y 5.5 cm de un móvil



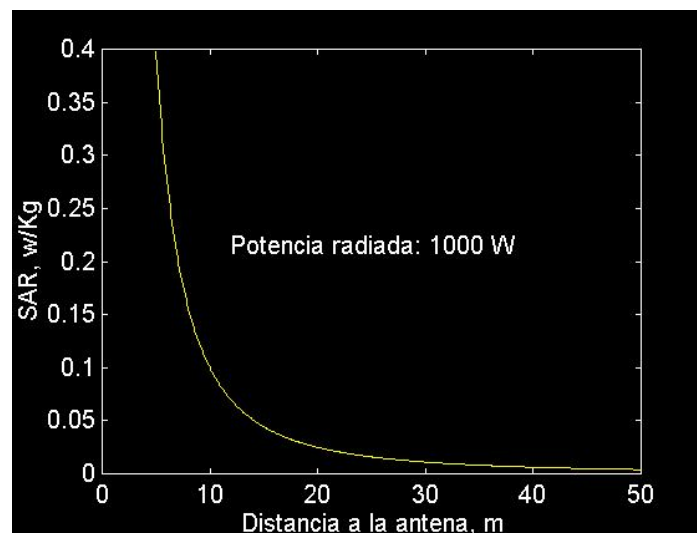
98

Niveles de DFP entre 5 y 50 m de una estación base



99

Niveles de SAR entre 5 y 50 m de una estación base



100

El único riesgo, estadísticamente comprobado hasta ahora, es el peligro de sufrir un accidente si se utiliza el teléfono móvil al conducir un automóvil

101

CONCLUSIONES

102

Radiación Ionizante

Es potencialmente peligrosa independientemente del nivel de energía

Está presente siempre

Es la causante de más daños biológicos y muertes que toda la radiación de RF en el mundo

Es la causante de por lo menos 3% de mutaciones genéticas por generación

No suele mencionarse en los medios de comunicación

No tiene nada que ver con las antenas ni la RF

103

Radiación No Ionizante

No produce ionización

Lo únicos efectos biológicos claramente comprobados son por calentamiento de los tejidos.

No hay, hasta ahora, ninguna evidencia concluyente que permita asociar la radiofrecuencia con ningún tipo de cáncer.

Sin embargo...

104

Hay actualmente cierta evidencia científica de que pueden ocurrir efectos biológicos con bajos niveles de radiación de RF

En el estado actual del conocimiento no es posible asegurar que la energía de RF, aún de bajo nivel no tenga efectos potencialmente adversos para la salud, pero tampoco se puede asegurar que sí los tiene