

TRABAJO FIN DE MÁSTER: ***EFFECTOS RADIACIONES NO IONIZANTES*** ***EN EL CUERPO HUMANO***

Autor:

Víctor Manuel Febles Santana

Tutores:

Dra. Aurora Andújar Linares

Dr. Jaume Anguera Pros

Máster en Ingeniería Telecomunicación

Universitat Oberta de Catalunya



- Introducción.
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- **Introducción.**
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- Radiaciones se clasifican:
 - Radiaciones Ionizantes (RI):
 - Radiaciones No Ionizantes (RNI):
- Ionización:
 - Un electrón de las capas exteriores de un átomo, por acción de una radiación externa es arrancado.
 - Para organismos vivos esta radiación es a frecuencias $f > 300 \text{ GHz}$ ($\lambda = 100 \text{ nm}$)



- RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos.
- Las consecuencias de esto pueden ser:
 - Beneficiosas.
 - Irrelevantes.
 - Perjudiciales.
- Dos tipos de RNI:
 - Radiaciones naturales.
 - Radiaciones artificiales .



- RNI en ambientes es producida por la radiación artificial. Se puede controlar en:
 - Potencia.
 - Longitud de onda.
 - Dirección.
 - Polarización.
- También se controla su emisión o no.
- Sistemas de apantallamiento.



- Para poder determinar causa-efecto entre radiaciones no ionizantes y los sistemas biológicos, es necesario conocimiento de los parámetros dosimétricos de las RNI en estudio.



- Introducción.
- **Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.**
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- Exposición a RNI produce interacción entre potencia del campo, la corriente inducida y las cargas del tejido corporal.
- Ondas electromagnéticas interactúan con seres vivos produciéndose fenómenos de absorción, transmisión y emisión de energía.



- Límites establecidos basados en una actividad física moderada de una persona que su temperatura aumenta y se produce una disipación de calor de unos 4 W/kg biológica través de la piel y el sudor.
- Recomendación que ha sido adoptada con un factor de seguridad de 50, por lo que sólo se permite una absorción máxima de 0,08 W/kg en el caso de población general.



- Inducción de corriente en el cuerpo que causan efectos indirectos, como alterar el funcionamiento de aparatos como marcapasos.
- La densidad de corriente eléctrica sobre el organismo humano, provoca: Efecto farádico, electrolítico y térmico.



Clasificación del espectro electromagnético atendiendo a la zona de interacción térmica con el cuerpo humano:

- 100 kHz – 20 MHz: Absorción en cuello/piernas.
- 20 MHz – 300 MHz: Absorción en todo el cuerpo.
- 300 MHz – 10 GHz: Absorción localizada.
- > 10 GHz: Absorción en la superficie del cuerpo.



- Introducción.
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- **Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.**
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- SAR (aceptado comunidad científica).
- SAR depende de:
 - Campo incidente, como frecuencia, polarización y posición del objeto con respecto a la fuente.
 - Características del objeto expuesto. Tamaño, geometría externa e interna, y propiedades dieléctricas del material.
 - Efectos generados por reflexiones causados por algún objeto presente en campo cercano.



- Regiones de radiofrecuencias de absorción del cuerpo:
 - Región sub-resonancia (**< 30 MHz**). Energía absorbida se incrementa rápidamente.
 - Región de resonancia (**30 MHz - 300 MHz**).
 - Región intervalo (**300 MHz – 10 GHz**). Absorción energía localizada decrece con frecuencia.
 - Intervalo de absorción superficial (**> 10 GHz**).



- Dos métodos de cálculo de SAR:
 - Método de las micro-antenas.

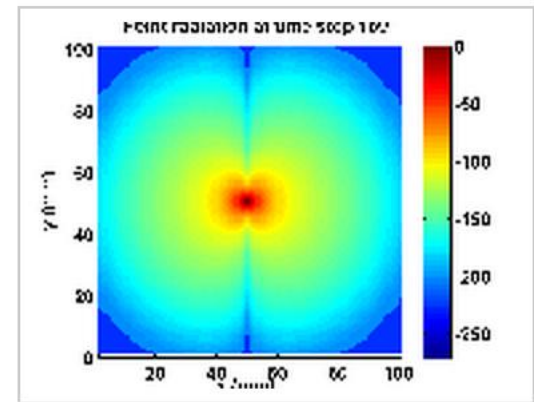
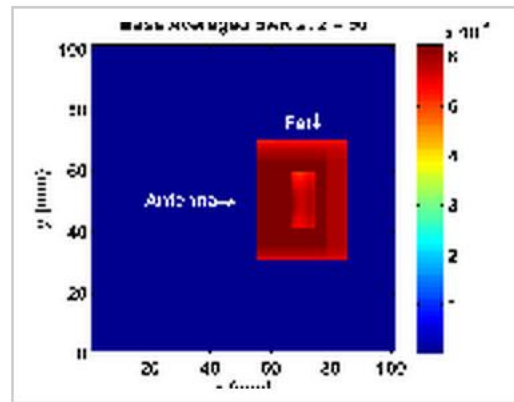
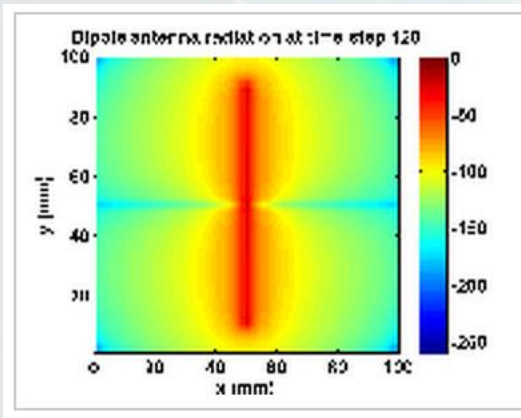
$$SAR = \sigma \frac{|E|^2}{\rho}$$

- Método pruebas térmicas en miniatura.

$$SAR = \zeta \frac{\partial T}{\partial t}$$



- Modelos numéricos de cálculo de SAR:
 - FDTD
 - MoM
 - Métodos híbridos



- Principales países y relaciones con organismos internacionales con recomendaciones de SAR.
 - EEUU: ANSI y IEEE.
 - Unión Europea: ICNIRP.
 - Japón: MPT.
 - Australia: ACMA.



- Introducción.
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- **Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.**
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- Para una antena ideal, la densidad de potencia transmitida:

$$S[W/m^2] = \frac{P}{4 \pi d^2}$$

P es la potencia isotrópica equivalente (PIRE)

d es la distancia a la antena



- Densidad de potencia terminales móviles 2G/3G/4G, en base a distancia del cuerpo humano. PIRE 250mW.

Distancia (cm)	Densidad de Potencia (mW/cm²)	Niveles Referencia Densidad Potencia (mW/cm²) 800 MHz	Niveles Referencia Densidad Potencia (mW/cm²) 1800 MHz	Niveles Referencia Densidad Potencia (mW/cm²) 2600 MHz
2,2	0,4110	0,40	0,90	1,00
3	0,2210	0,40	0,90	1,00
4	0,1243	0,40	0,90	1,00
5	0,0796	0,40	0,90	1,00
10	0,0199	0,40	0,90	1,00
20	0,0050	0,40	0,90	1,00
50	0,0008	0,40	0,90	1,00



- Densidad de potencia estaciones base 2G/3G/4G, en base a distancia del cuerpo humano. PIRE 500W.

Distancia (m)	Densidad de Potencia (W/ m²)	Niveles Referencia Densidad Potencia (W/ m²) 800 MHz	Niveles Referencia Densidad Potencia (W/ m²) 1800 MHz	Niveles Referencia Densidad Potencia (W/ m²) 2600 MHz
2	9,9472	4,00	9,00	10,00
3,15	4,0099	4,00	9,00	10,00
4	2,4868	4,00	9,00	10,00
5	1,5915	4,00	9,00	10,00
10	0,3979	4,00	9,00	10,00
20	0,0995	4,00	9,00	10,00
50	0,0159	4,00	9,00	10,00



- Densidad de potencia hot-spot WiFi, en base a distancia del cuerpo humano. PIRE = 100 mW.

Distancia (cm)	Densidad de Potencia (mW/cm^2)	Niveles Referencia Densidad Potencia (mW/cm^2) 2,45 GHz	Niveles Referencia Densidad Potencia (mW/cm^2) 5,2 GHz
1	0,7958	1,0	1,0
2	0,1989	1,0	1,0
3	0,0884	1,0	1,0
4	0,0497	1,0	1,0
5	0,0318	1,0	1,0
10	0,0080	1,0	1,0
20	0,0020	1,0	1,0



CONCLUSIONES:

- Los valores de densidad de potencia a distancias cotidianas son inferiores a los que indican las referencias.
- Las estaciones base mil veces menos densidad de potencia al público en general que la que generan los dispositivos móviles y las antenas hot-spots WiFi.
- Las antenas WiFi generan menos radiación que los dispositivos móviles.



CONCLUSIONES:

- Las radiaciones electromagnéticas producidas por **antenas comunicaciones deben ser situadas sin magnificar sus efectos.**
- Las **evidencias de su inocuidad** han acallado las voces de efectos perjudiciales basados en estudios aislados no reproducibles.
- No aceptados por la comunidad científica.



- Introducción.
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- **Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.**
- Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.



- Materiales con alta conductividad para apantallar los campos electromagnéticos.
- Materiales alta permitividad para apantallar los campos eléctricos.
- Materiales alta permeabilidad para apantallar los campos magnéticos.



- Filtro Eléctrico:

Dispositivos conectados entre dos redes que controla la transmisión de unas frecuencias atenuando otras.

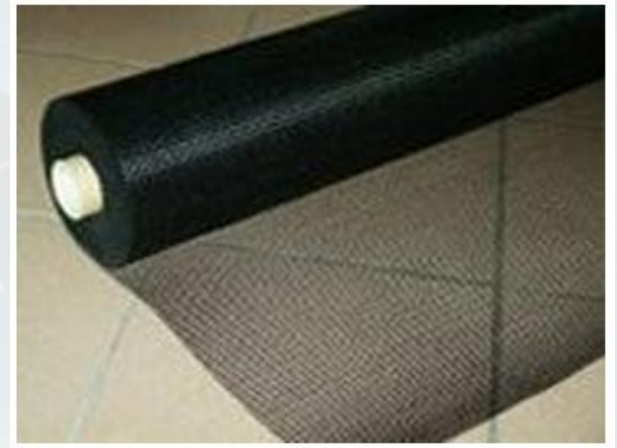
- Masas y Tierras:

Términos masa y tierra independientes.



- Pantallas:

Superficies metálicas entre dos regiones para atenuar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.



- Blindajes o Jaulas de Faraday:

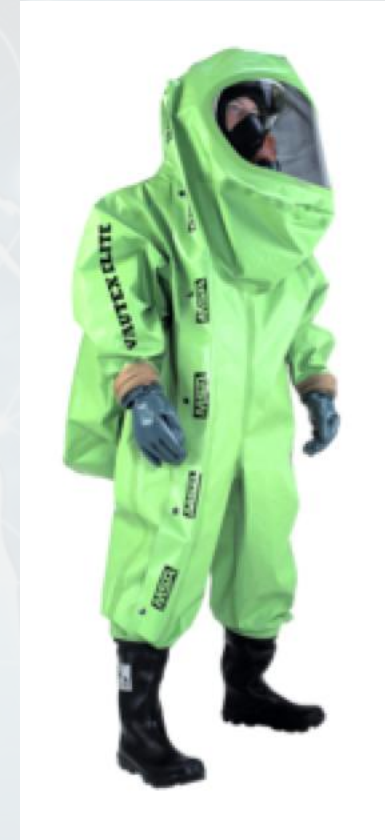
No dejan salir el flujo de los campos encerrado en él, y evitan que en una zona protegida por el mismo entre campo alguno.



- Personas especialmente sensibles:
 - Presentan síntomas de reacción de su cuerpo a niveles de radiación que normalmente pasarían desapercibidos para el público en general.
 - Ven mermadas su calidad de vida no sólo por sus síntomas físicos sino también por los profundos cambios emocionales que suele llevar aparejados .



- Protección a personas sensibles:
 - Anular el campo eléctrico en el que se encuentran.
 - Solución: una jaula de Faraday.
 - Condición humana: Traje Faraday.



- Introducción.
- Efecto Radiaciones No Ionizantes en la Salud.
- Modelos Simulación y Restricciones Básicas SAR.
- Radiación No Ionizantes Antenas Comunicación.
- Apantallamiento Radiaciones No Ionizantes.
- **Aplicaciones Médicas Radiaciones No Ionizantes.**



Equipos diagnósticos



Equipos terapéuticos



Equipos intervencionistas



GRACIAS POR MOTIVARME

ESPERO SERVIDO A SU INTERÉS ...

