

# ESTÁNDARES Y NORMATIVAS DE EMISIONES.



## ESTÁNDARES Y NORMATIVAS DE EMISIONES

- Estudio de las emisiones electromagnéticas --> Elaboración de estándares y normativas.
  - ✓ Dos grupos
    - Establecimiento de unos límites a la exposición de EMF, por debajo de los cuales se pueda asegurar que no existen peligros para la salud pública.
      - 0-300 GHz. ELF y RF/MW. Diferentes Mecanismos de influencia biológica.
    - Métodos de medida y evaluación de los niveles de emisión, que permiten comprobar si se superan o no los límites establecidos.
      - Estimación mediante cálculos teóricos. Sencillo pero poco preciso.
      - La realización de medidas con equipos e instrumentación adecuados.
      - Utilización de modelos y herramientas de cálculo más elaboradas
  - ✓ Elaborados por organismos de normalización internacionales o comisiones científicas.
    - Recomendaciones y por lo tanto no son de obligado cumplimiento.
    - Pueden ser utilizados por las autoridades para establecer reglamentos de obligado cumplimiento.
    - En España: Real Decreto 1066/2001 28 de septiembre, impone restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria.



## Organismos de normalización (I)

- Elaboración de estudios, informes, normativas y estándares sobre los límites de exposición a los campos electromagnéticos.
  - ✓ **WHO:** Organización Mundial de la Salud.
    - ❑ Agencia de las Naciones Unidas creada en 1948 y actualmente formada por representaciones de 191 Estados.
    - ❑ **SALUD**, estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.
    - ❑ En 1996 puso en marcha el EMF International Project para estudiar los efectos de los campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz.
  - ✓ **ICNIRP:** Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No-Ionizantes.
    - ❑ Evalúa el estado del conocimiento sobre los efectos de la Radiación no Ionizante en la salud humana,
      - radiación óptica (ultravioleta, visible e infrarroja - láseres), campos eléctricos y magnéticos estáticos y variables temporalmente y la radiación de radiofrecuencia y microondas.
    - ❑ Recomendaciones para la protección frente a la radiación no ionizante, y límites a la exposición.



## Organismos de normalización (II)

- Otros organismos internacionales.
  - ✓ **ICOH.** Comisión Internacional para la Salud Ocupacional.
    - ❑ Conocimiento y el desarrollo de la salud y la seguridad en el **trabajo**
  - ✓ **UE.** Unión Europea. Comisión Europea- Consejo Europeo.
    - ❑ COST: European Cooperation in the Field of Science and Technical Research.
      - COST 244 : Efectos Biomédicos de los Campos Electromagnéticos.
      - COST 281 Implicaciones en la Salud de las Comunicaciones Móviles.
    - ❑ Directivas sobre medio ambiente y campos electromagnéticos.
  - ✓ **IEC.** Comisión Electrotécnica Internacional.
    - ❑ Tecnologías eléctricas, electrónicas y aspectos relacionados
  - ✓ **ITU.** Unión Internacional de Telecomunicaciones.
    - ❑ Recomendaciones e informes en los campos de las Telecomunicaciones
  - ✓ **ILO.** Organización Internacional del Trabajo.
    - ❑ Protección de los trabajadores.
  - ✓ **IEEE.** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
    - ❑ Procedimientos de medida y evaluación.



## Organismos de normalización (III)

- Organismos regionales .
  - ✓ **Europa.**
    - ❑ **CENELEC:** Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica.
    - ❑ **ETSI:** European Telecommunications Estándar Institute.
  - ✓ **USA.**
    - ❑ **NCRP.** National Council on Radiation Protection and Measurement.
    - ❑ **NIHHS.** National Institutes for Environmental Health Science
    - ❑ **NIOSH.** National Institute for Occupational Safety and Health
    - ❑ **ANSI.** Instituto Nacional de Estándares Americanos.
    - ❑ **FCC.** Federal Communications Commission
    - ❑ **OSHA.** Occupational Safety and Health Administration.
- Organismos nacionales.
  - Alemania. Bundesamt für Strahlenschutz.
  - Australia. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency.
  - Canadá. Canadian Radiation Protection Association.
  - España. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecn.
  - Francia. Direction Générale de la Santé.
  - Reino Unido. National Radiological Protection Board (NRPB)



## Límites de exposición.

- Estudios y recomendaciones incluyen.
  - ✓ Características físicas de los campos y parámetros para su descripción.
  - ✓ Resumen de la literatura científica sobre efectos biológicos y riesgos para la salud (Estudios "In vitro" e "In vivo").
- Límites basados en efectos a corto plazo.
  - ✓ No se incluyen efectos cancerígenos a largo plazo, por falta de evidencia.
  - ✓ Estimulación de los nervios periféricos y los músculos.
  - ✓ Shocks o quemaduras causadas al tocar objetos conductores
  - ✓ Aumento de la temperatura de los tejidos debido a absorción de energía

### ICNIRP

Revisa estado del conocimiento científico en la materia  
Fija criterios de relevancia y nocividad -> Nivel Potencia. Nociva. (R)  
Aplica factores de seguridad 10% - 2%

Criterios Básicos  
Niveles de Referencia

Exposición ocupacional  
Exposición público en general



## Límites de exposición (II).

### ○ Restricciones básicas:

- ✓ Restricciones a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos basadas directamente en efectos sobre la salud ya establecidos.
- ✓ En función de la frecuencia, se utilizan diferentes magnitudes físicas.
  - ❑ **Densidad de corriente (J),**
  - ❑ **Tasa de absorción específica de energía (SAR),**
  - ❑ **Densidad de potencia (S).**

### ○ Niveles de referencia.

- ✓ Permiten la evaluación práctica de la exposición, de forma que sepamos si se exceden las restricciones básicas.
- ✓ Se obtienen de las anteriores utilizando medidas y/o simulación.
  - ❑ **Intensidad de campo eléctrico (E),**
  - ❑ **Intensidad de campo magnético (H), Densidad de flujo magn. (B),**
  - ❑ **Densidad de potencia (S),**
  - ❑ **Corrientes de flujo a través de los miembros del cuerpo (IL).**
  - ❑ **Corriente de contacto (IC).** Efectos indirectos
  - ❑ **Absorción específica de energía (SA).** Para campos pulsados.



## Límites de exposición (III).

### ○ Cantidades dosimétricas: (función de la frecuencia)

- ✓ **Densidad de corriente J. < 10 MHz**
  - ❑ corriente que fluye por una unidad de sección transversal perpendicular a la dirección de la corriente, en un conductor volumétrico, (A/m<sup>2</sup>).
- ✓ **SAR, (specific energy absorción rate). 100 KHz – 10 GHz**
  - ❑ Potencia absorbida por unidad de masa de tejido corporal, (W/kg.).
  - ❑ El SAR de cuerpo entero es una medida ampliamente aceptada para relacionar los efectos térmicos adversos con la exposición a las emisiones radioeléctricas.
  - ❑ Los valores de SAR locales son necesarios para evaluar y limitar una deposición excesiva de energía en pequeñas partes del cuerpo.
- ✓ **Corriente de contacto, IC. < 110 MHz**
  - ❑ Entre una persona y un objeto se expresa en amperios (A).
- ✓ **SA, (specific energy absorción). 300 MHz – 10 GHz**
  - ❑ Energía absorbida por unidad de masa de tejido biológico, (J/kg).
- ✓ **Densidad de potencia, S. 10 - 300 GHz.**
  - ❑ Utilizada para frecuencias muy altas, profundidad de penetración es baja.
  - ❑ Potencia radiante que incide perpendicular a una superficie, dividida por el área de la superficie, (W/m<sup>2</sup>).



## Acoplamiento CEM y el cuerpo.

- **Campos Eléctricos de Baja Frecuencia.**
  - ❑ Flujo de cargas eléctricas (corriente eléctrica).
  - ❑ Polarización de la carga en la parte exterior del cuerpo.
  - ❑ Reorientación de los dipolos eléctricos ya existentes en el tejido
  - ✓ La magnitud de los efectos depende de las propiedades eléctricas del tejido (conductividad y permitividad, dependientes de la frecuencia).
- **Campos Magnéticos de Baja Frecuencia.**
  - ❑ Aparición de campos eléctricos inducidos y corrientes.
  - ✓ La magnitud de estos es proporcional al tamaño del lazo, la conductividad eléctrica del tejido y a la intensidad y frecuencia del CM.
- **Campos Electromagnéticos  $f > 100$  KHz.**
  - ❑ Absorción de energía significativa y un incremento de temperatura del tejido.
  - ✓ Fenómenos de absorción diferentes para distintos rangos de frecuencia.
  - ✓ El SAR es proporcional al cuadrado de la intensidad de campo eléctrico interno, y depende de la frecuencia, intensidad y polarización del campo y de las características físicas (tamaño, geometría) y eléctricas de los tejidos del cuerpo expuesto.



## Acoplamiento CEM y el cuerpo (II).

- **Campos Electromagnéticos  $f > 100$  KHz.**
  - ✓ **Frecuencias entre 100 KHz y 10 MHz:**
    - ❑ El cuerpo y miembros tamaño pequeño en relación con la frecuencia,
    - ❑ No constituyen una buena antena.
    - ❑ Corrientes de flujo como efecto dominante.
  - ✓ **Frecuencias de 10 MHz hasta 300 MHz:**
    - ❑ El cuerpo una buena antena por lo que se maximiza la absorción.
    - ❑ Importantes tanto la corriente de flujo (<100 MHz), como el SAR.
    - ❑ Los estándares son más restrictivos en el rango entre 30 - 300 MHz.
  - ✓ **Frecuencias entre 300 MHz y varios GHz:**
    - ❑ Absorción decae linealmente con la frecuencia.
    - ❑ Fenómenos de absorción local no uniforme.
  - ✓ **Frecuencias a partir de 10 GHz:**
    - ❑ La absorción se produce en la superficie del cuerpo con profundidades de penetración muy bajas (<1 cm).
    - ❑ El SAR deja de ser una buena medida para evaluar la energía absorbida,
    - ❑ Más apropiada la densidad de potencia del campo ( $W/m^2$ ).



## Restricciones Básicas.

- Factores de seguridad para valores con efectos establecidos.
  - ✓ 10 para el caso ocupacional y de 50 para el público en general.
    - f: frecuencia en hertzios.
    - Todos los valores de SAR deben ser promediados en un periodo de 6 minutos.

Restricciones básicas para campos electromagnéticos hasta 10 GHz.					
Exposición	Rango de frecuencias	Densidad de corriente cabeza y tronco (mA/m <sup>2</sup> ) rms	SAR medio cuerpo (W/kg)	SAR local cabeza tronco (W/kg)	SAR local miembros (W/kg)
Ocupacional	< 1 Hz	40	—	—	—
	1 - 4 Hz	40/f	—	—	—
	4 Hz - 1 KHz	10	—	—	—
	1 - 100 KHz	f/100	—	—	—
	100 KHz-10 MHz	f/100	0,4	10	20
	10 MHz - 10 GHz	—	0,4	10	20
Público en general	< 1 Hz	8	—	—	—
	1 - 4 Hz	8/f	—	—	—
	4 Hz - 1 KHz	2	—	—	—
	1 - 100 KHz	f/500	—	—	—
	100 KHz-10 MHz	f/500	0,08	2	4
	10 MHz - 10 GHz	—	0,08	2	4



## Restricciones Básicas (II).

- Restricción básica adicional
  - ✓ Exposiciones pulsadas 0,3 a 10 GHz
  - ✓ Exposiciones localizadas en la cabeza.
  - ✓ La absorción específica SA no debe exceder (promediado sobre 10 gr de tejido).
    - 10 mJ/Kg para trabajadores
    - 2 mJ/Kg para público en general.

Restricciones básicas a partir de 10 GHz y hasta 300 GHz.	
Exposición	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Ocupacional	50
Público general	10



## Niveles de Referencia.

- Obtenidos a partir de las restricciones básicas.
  - ✓ Mediante modelado matemático.
  - ✓ Extrapolación de los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio.

Niveles de referencia para exposición ocupacional para campos eléctricos y magnéticos.				
Rango de frecuencias	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo magnético B (μT)	Densidad de potencia onda plana equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> )
< 1 Hz	—	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	—
1 - 8 Hz	20.000	$1,63 \cdot 10^5 / f^2$	$2 \cdot 10^5 / f^2$	—
8 - 25 Hz	20.000	$2 \cdot 10^4 / f$	$2,5 \cdot 10^4 / f$	—
0,025 - 0,82 KHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	—
0,82 - 65 KHz	610	24,4	30,7	—
0,065 - 1 MHz	610	$1,6 / f$	$2 / f$	—
1 - 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	$2 / f$	—
10 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 - 2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	$f / 40$
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50



## Niveles de Referencia (II).

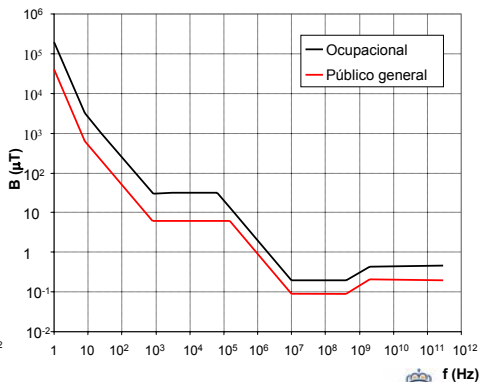
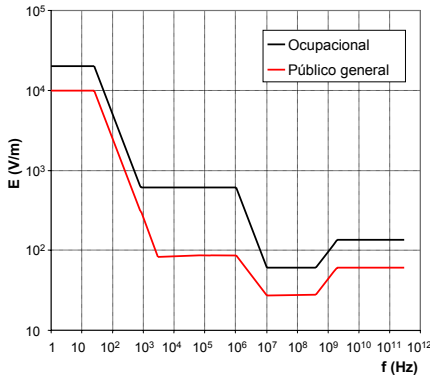
- ✓ f, en las unidades que se indican en la columna de la frecuencia.
  - Para frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz,  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$ ,  $B^2$ , promediados en un periodo de 6 minutos.
  - Para frecuencias por encima de 10 GHz, el promedio debe realizarse sobre un periodo de  $68 / f^{1,05}$  minutos (f en GHz)

Niveles de referencia para exposición ocupacional para campos eléctricos y magnéticos.				
Rango de frecuencias	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo magnético B (μT)	Densidad de potencia onda plana equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> )
< 1 Hz	—	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	—
1 - 8 Hz	10.000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	—
8 - 25 Hz	10.000	$4000 / f$	$5000 / f$	—
<b>0,025 - 0,8 KHz</b>	<b><math>250 / f</math></b>	<b><math>4 / f</math></b>	<b><math>5 / f</math></b>	—
0,8 - 3 KHz	$250 / f$	5	6,25	—
3 - 150 KHz	87	5	6,25	—
0,15 - 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	—
1 - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	—
<b>10 - 400 MHz</b>	<b>28</b>	0,073	0,092	<b>2</b>
<b>400 - 2000 MHz</b>	<b><math>1,375 f^{1/2}</math></b>	<b><math>0,0037 f^{1/2}</math></b>	<b><math>0,0046 f^{1/2}</math></b>	<b><math>f / 200</math></b>
<b>2 - 300 GHz</b>	<b>61</b>	0,16	0,20	<b>10</b>



## Niveles de Referencia (III).

- Las curvas de los niveles de referencia son una imagen especular de la curva de absorción.
  - Los límites más restrictivos se encuentran entre las frecuencias de 10 a 400 MHz debido a la mayor tasa de absorción del cuerpo humano.
  - Existen también niveles de referencia para corrientes inducidas y de contacto



## Exposición a campos de múltiples frecuencias.

- Exposición simultánea a campos de diferentes frecuencias.
  - ✓ Efectos aditivos de los campo.
- Restricciones Básicas.

- Para estimulación eléctrica, < 10 MHz, las densidades de corriente inducidas deben ser sumadas:



$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

- Para los efectos térmicos, > 100 KHz, los valores de SAR y de densidad de potencia deben ser sumados:



$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{10\text{GHz}} \frac{\text{SAR}_i}{\text{SAR}_L} + \sum_{i=10\text{GHz}}^{300\text{GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

$J_i$  densidad de corriente inducida a la frecuencia i.  
 $J_{L,i}$  restricción de densidad de corriente a la frecuencia i, Tabla Restricciones Básicas  
 $\text{SAR}_i$  SAR causado por la exposición a la frecuencia i  
 $\text{SAR}_L$  el límite SAR de la Tabla Restricciones Básicas  
 $S_i$  densidad de potencia a la frecuencia i  
 $S_L$  densidad de potencia límite.





## Exposición a campos de múltiples frecuencias (II).

### ○ Niveles de Referencia.

- ✓ Hasta 10 MHz, incluyendo los efectos debidos a la densidad de corriente inducida y la estimulación eléctrica se deben cumplir los requisitos:

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \quad \sum_{j=1\text{Hz}}^{65\text{KHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>65\text{KHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

- ✓ Para consideraciones térmicas, importantes por encima de 100 KHz, se deben de cumplir los dos siguientes requisitos:

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}} \left( \frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1 \quad \sum_{j=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1\text{MHz}} \left( \frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1$$

$E_i$	Intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i.
$E_{L,i}$	Nivel de referencia de campo eléctrico correspondiente a las tablas
$H_j$	Intensidad de campo magnético a la frecuencia j.
$H_{L,j}$	Nivel de referencia de campo magnético correspondiente a las tablas
$a$	610 V/m para exposición ocupacional y 87 V/m para público en general.
$b$	24,4 A/m (30,7 $\mu$ T) para exposición ocupacional y 5 A/m (6,25 $\mu$ T) para público
$c$	610/f V/m (f en MHz) para exposición ocupacional y 87/f <sup>1/2</sup> V/m para público.
$d$	1,6/f A/m (f en MHz ) para exposición ocupacional y 0,73/f A/m para público.



## Recomendación del Consejo de la UE.

### ○ Sobre la exposición del público a campos electromagnéticos. 12/7/99

#### ✓ Objetivos y Consideraciones

- Establecer un **alto nivel de protección de la salud**
- Protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que pueden resultar de la exposición a CEM, estableciendo un **marco comunitario y uniforme**.
- La limitación de la exposición del público en general a los CEM deberían guardar **proporción con otros aspectos de la calidad de vida** en relación con servicios de telecomunicaciones, la energía y la seguridad pública.
- Restricciones básicas y unos niveles de referencia, en base únicamente a efectos comprobados y tomando como referencia las limitaciones **recomendadas por ICNIRP**.
- Establece principios generales, dejando a la **competencia de los Estados miembros el establecimiento de normas detalladas** respecto a las fuentes y clasificación de la exposición a campos electromagnéticos,
- Recomienda que se realicen **exámenes y evaluaciones periódicas**, y fomentando la divulgación de información a este respecto.
- Permite** el establecimiento por parte de los Estados de **niveles de protección más elevados**.



## Recomendación del Consejo de la UE (II).

### ○ Recomendaciones

- ❑ La adopción del significado atribuido para las diferentes cantidades físicas.
- ❑ La adopción de un marco de restricciones básicas y niveles de referencia.
- ❑ La aplicación de medidas para que se cumpla este marco, por parte del público, cuando el tiempo de exposición sea significativo.
- ❑ Procurar que se respeten las restricciones básicas en la exposición de los ciudadanos.
- ❑ Establecimiento de unos niveles de referencia que permitan la evaluación de la exposición.
- ❑ La utilización de las fórmulas para considerar la exposición a fuentes de diferentes frecuencias.
- ❑ Proporcionar a los ciudadanos información sobre los efectos de los CEM
- ❑ Promover y revisar la investigación sobre los CEM y salud humana para mejorar el conocimiento de sus efectos biológicos y riesgos para la salud.

### ○ CENELEC.

- ✓ Tiene establecidos diferentes estándares, tanto en lo que se refiere al establecimiento de límites a la exposición (muy similares a los publicados por el ICNIRP), como a los procedimientos de medida y evaluación



## Situación en diferentes países.

	Tipo de exposición	Frecuencias	SAR media en la cabeza (W/kg)	SAR media en todo el cuerpo (W/kg)	SAR media en las extremidades (W/kg)
ANSI/IEEE	Entorno controlado	100kHz-6000MHz	0,4		8 (en 1g de tejido)
	Entorno no controlado	300MHz-3000MHz	0,08		1,6 (en 1g de tejido)
FCC	Ocupacional	100kHz-6GHz	0,4	8	8
	Público en general	100kHz-6GHz	0,08	1,6	1,6

	Tipo de exposición	Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de campo magnético (H) (A/m)	Densidad de potencia equivalente (S) (W/m <sup>2</sup> )	Tiempo medio $ E ^2  H ^2 \text{ ó } S$ (minutos)
ANSI/IEEE	Entorno controlado	3kHz-0,1 MHz	614	163	(1000, 10000000)*	6
		0,1-3MHz	614	16,3/f	(1000, 100000/f <sup>2</sup> )*	6
		3-30MHz	1842/f	16,3/f	--	6
		30-100MHz	61,4	16,3/f	--	6
		100-300MHz	61,4	0,163	10	6
		300-3000MHz	--	--	10áf/300	6
		3-15GHz	--	--	100	6
	15-300GHz	--	--	100	616000/f <sup>0,5</sup>	
	Entorno no controlado	3kHz-0,1MHz	614	163	(1000, 10000000)*	6
		0,1-1,34MHz	614	16,3/f	(1000, 100000/f <sup>2</sup> )*	6
		1,34-3MHz	823,8/f	16,3/f	--	--
		3-30MHz	823,8/f	16,3/f	--	--
		30-100MHz	27,5	158,3/f <sup>1,668</sup>	--	--
		100-300MHz	27,5	0,0729	2	30
300-3000MHz		--	--	10 <sup>-f</sup> /1500	--	
3-15GHz	--	--	10000 <sup>-f</sup> /1500	--		
15-300GHz	--	--	10	--		



## Situación en diferentes países (II).

- Gran Bretaña
  - ✓ Informe Stewart recoge una serie de recomendaciones sobre políticas de precaución e información. Adopta las recomendaciones del ICNIRP, en lugar de las vigentes de la NRBP, que son menos restrictivas.
- Australia
  - ✓ Marco regulador cooperativo entre gobierno e industria.
  - ✓ La exposición a emisiones electromagnéticas dependen de la ACA.
    - ❑ Límite de exposición diferente a lo establecido por el ICNIRP.
    - ❑ Nivel de referencia 10 MHz - 300 GHz uniforme:  $S = 2W/m^2$  (27,5 V/m para el campo eléctrico y 0,073 A/m para el magnético).
- Suiza
  - ✓ Límites más estrictos para las emisiones electromagnéticas.
    - ❑ Valores 100 veces inferiores a los fijados por el ICNIRP.
    - ❑ Campos magnéticos: un valor máximo de  $1 \mu T$ .
    - ❑ Para Comunicaciones móviles 4 V/m en 900 MHz y 6 V/m en 1800 MHz,
    - ❑ Para Radiodifusión, 8,5 V/m para onda larga y media y 3,0 V/m, para el resto.



## Situación en España.

- **REAL DECRETO 1066/2001.** Restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria.
  - ✓ Para la elaboración de este Reglamento se han considerado diferentes informes y estudios y se ha sometido a consulta pública.
  - ✓ Apoyo de Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, del Colegio de Ingenieros Superiores de Telecomunicación, de operadores de telefonía y de televisión y de asociaciones de operadores (ANIEL, ASTEL y ASIMELEC).
  - ✓ En el Reglamento que se aprueba por este Real Decreto.
    - ❑ **Se establecen unos límites de exposición del público en general** a CEM procedentes de emisiones radioeléctricas,
    - ❑ Se adopta la **Recomendación (1999/519/CE) del Consejo de la UE.**
    - ❑ Se prevén mecanismos de seguimiento de los niveles de exposición,
      - presentación de **certificaciones e informes por parte de los operadores.**
      - **Realización de planes de inspección**
      - **Elaboración de un informe anual** por parte del Ministerio de Ciencia y Tecnología.



## Situación en España (II).

### ○ REAL DECRETO 1066/2001.

- ✓ **Objeto:** Protección del dominio público radioeléctrico, y establecimiento de restricciones a las emisiones radioeléctricas.
- ✓ **Ámbito de aplicación:** Emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial producidas por estaciones radioeléctricas.
- ✓ **Capítulo II** protección del dominio público radioeléctrico, referente a las limitaciones y servidumbres para instalaciones radioeléctricas.
  - ❑ Instalaciones de la administración, de socorro y seguridad, de interés para la defensa nacional, etc
- ✓ **Capítulo III:** Límites de exposición. Recomendación del Consejo de la Unión Europea (a su vez tomados del ICNIRP).
  - ❑ Recogidos en el Anexo II
  - ❑ Indica que deberán evaluarse, por el Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con el Ministerio de Ciencia y Tecnología y con las Comunidades Autónomas, los riesgos sanitarios potenciales de la exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas.



## Situación en España (III).

### ○ REAL DECRETO 1066/2001.

- ✓ **Capítulo IV:** Autorización e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición.
  - ❑ Autorización de nuevas estaciones de radiodifusión, de telefonía móvil y de redes fijas de acceso radio: Presentación al Ministerio de un estudio detallado por parte de los operadores, **realizado por técnico competente**.
  - ❑ Instalaciones nuevas, comprobadas por los servicios de inspección y realizadas por **instaladores de telecomunicación** inscritos en un Registro.
  - ❑ Los operadores de telefonía móvil y de redes fijas de acceso radio presentarán al Ministerio de Ciencia y Tecnología, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación emitida por **técnico competente** de que no se han superado los límites de exposición establecidos en el Real Decreto.
  - ❑ Con carácter anual, el Ministerio, con los resultados obtenidos en las inspecciones y las certificaciones presentadas por los operadores, elaborará y hará público un informe sobre la exposición a emisiones radioeléctricas.
- ✓ **Disposición transitoria única**, certificación y señalización de instalaciones ya autorizadas.
  - ❑ En nueve meses, los operadores remitirán, al Ministerio, una certificación de la conformidad de las instalaciones con los límites de exposición.



## Normativas Autonómicas.

### ○ Cataluña.

- Se añade un factor de seguridad a la Recomendación de la UE del 12 de Junio de 1999. Además, en casos especiales, como por ejemplo escuelas, hospitales, las distancias de protección se multiplicarán por cuatro.
- Disminuir en lo posible el impacto sobre el paisaje y las emisiones, utilizando la mejor técnica de que se disponga
- Obligación de compartir las torres de soporte en zonas no urbanas cuando sea técnicamente viable, y suponga reducción en el impacto visual.
- Los operadores deben proporcionar a las administraciones autonómicas y locales el esquema de la red, y datos precisos sobre los emplazamientos.
- Sistema de intervención y control de las instalaciones por la administración para asegurar la protección de las personas y el medio ambiente.

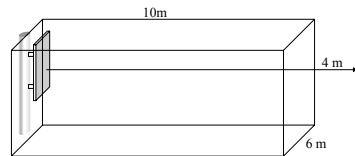
Frecuencias	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Densidad de potencia S (W/m <sup>2</sup> )
10-400MHz	19	0,05	0,9
400-2000MHz			f /450
2-300GHz	41	0,1	4,5



## Normativas Autonómicas (II).

### ○ Cataluña.

- ✓ Se establecen distancias de protección en función de las potencias radiadas y el tipo de antenas de las estaciones base:
  - ❑ Si la potencia transmitida (PIRE) es inferior a 100W no se necesita establecer ninguna distancia de protección.
  - ❑ Antenas de telefonía móvil y potencias (PIRE's) inferiores a 1000W, distancias de protección en la dirección de máxima radiación de la antena en forma de paralelepípedo.



Suma de PIRE's en la dirección de máxima radiación (W)	Radio de la esfera (m)
1001 – 2500	15
2501 – 5000	20
5001 – 10000	25
10001 – 50000	45
50001 – 100000	63
100001 – 250000	90
250001 – 500000	150
500001 – 1000000	200
Más de 1000000	250

- ❑ Potencias radiadas superiores a 1000W, o para el resto de antenas, una esfera de protección, cuyo radio dependerá de la potencia radiada:



## Normativas Autonómicas (III).

- Islas Baleares.
  - ✓ Se solicita a los propietarios de instalaciones de Radiocomunicación:
    - ❑ El esquema general de la red con indicación de elementos y características.
    - ❑ Justificación del uso de la mejor tecnología para minimizar el impacto visual y ambiental, y justificación técnica de la posibilidad de uso compartido.
    - ❑ Las instalaciones de telecomunicaciones son clasificadas en esta norma en tres grupos diferentes en función de la frecuencia. Niveles de referencia más rigurosos que los del Consejo Europeo.
- Castilla la Mancha.
  - ❑ La protección de la salud de los ciudadanos ante las posibles consecuencias que las ondas electromagnéticas pueden ocasionar sobre la misma.
  - ❑ Armonización del despliegue de las redes de radiocomunicación con la finalidad de protección del medio ambiente.
  - ❑ La integración de las estaciones base de telefonía móvil y otras estaciones de radiocomunicaciones en el entorno urbanístico y territorial.
  - ✓ Se establecen uno niveles máximos permitidos de exposición a los campos electromagnéticos no ionizantes para el público en genera.
    - ❑ Restricciones mediante paralelepípedos.



## Normativas Locales.

- Amplia diversidad. Más de 700 ordenanzas.
  - ✓ Necesidad por parte de las operadoras de comunicaciones móviles de solicitar la licencia de obra para la instalación de las estaciones base
  - ✓ Amparados en la Ley de Corporaciones locales, que les asigna determinadas competencias en salud y medio ambiente,
  - ✓ Elaborado Ordenanzas específicas para las instalaciones de antenas y sistemas de radiocomunicaciones.
    - ❑ Algunas de estas primeras ordenanzas, aprovechando el vacío legal y la falta de regulación estatal, han llegado a fijar sus propios límites a la exposición a los campos electromagnéticos.
    - ❑ Algunos ayuntamientos se ha propuesto reducir los límites dados por el ICNIRP en un factor de 10.000 veces, o en alejar la instalación de cualquier transmisor a una distancia superior a 500 m de cualquier zona habitada.
  - ✓ La mayoría de estas ordenanzas han sido recurridas por los operadores de telefonía móvil, siendo muchas de ellas retiradas.
    - ❑ En otros casos se ha llegado a un acuerdo entre la corporación municipal y los operadores con el fin de normalizar la situación existente, (falta de licencias, impactos ambientales inadmisibles, etc.)



## Normativas Locales (II).

- Ordenanza municipal reguladora de las instalaciones de Radiocomunicación de las Palmas de Gran Canaria.
  - ✓ La ordenanza aporta varias innovaciones que facilitarán el control de las infraestructuras y emisiones radioeléctricas y la atención a los requisitos de salud y seguridad.
    - ❑ El establecimiento de una clasificación de los tipos de instalaciones:
    - ❑ La obligación de los operadores de presentar un Plan Técnico de sus instalaciones actuales y de las previstas, con arreglo a un esquema perfectamente definido,
    - ❑ La necesidad de elaborar un Estudio de Compartición a propuesta del Ayuntamiento para establecer la conveniencia y, en su caso, la obligación de compartición de infraestructuras
    - ❑ El establecimiento de limitaciones y condiciones de implantación por impacto natural, paisajístico, arqueológico, histórico o arquitectónico y por criterios de protección de la salud de las personas.
    - ❑ El establecimiento de un procedimiento de valoración del impacto visual, tanto en lo relativo al ámbito o entorno, al emplazamiento y a la propia instalación.
    - ❑ La creación de un registro especial en el que se inscribirán todas las instalaciones de emisión y recepción de Radiocomunicaciones



## PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE CEM

- Estándares y procedimientos para la medida de los parámetros que caracterizan a los campos electromagnéticos y comprobación que se cumplen los límites de exposición.
  - ❑ Problemas asociados a la medida de los campos electromagnéticos.
  - ❑ Instrumentación que se debe utilizar y se proporcionan distintas indicaciones para su correcta utilización (calibración, puesta a cero, etc.).
  - ❑ Métodos de medida de los campos electromagnéticos.
- ✓ Recomendaciones sobre procedimientos de medida en baja frecuencia.
  - ❑ Procedimientos de medida de las emisiones electromagnéticas producidas por la red eléctrica según el IEEE
  - ❑ Emisiones producidas por monitores y unidades de visualización según la recomendación TCO (confederación de empleados profesionales suecos)
- ✓ Recomendaciones sobre procedimientos de evaluación de emisiones en alta frecuencia (RF y Microondas).
  - ❑ Recomendación K-52 de la UIT, procedimiento de evaluación y clasificación de las estaciones de Radiocomunicación.
  - ❑ Orden Ministerial CTE/23/2002: procedimiento, metodología y formato para realizar la evaluación del cumplimiento de los límites de exposición.



## Medida de CEM producidos por la red eléctrica.

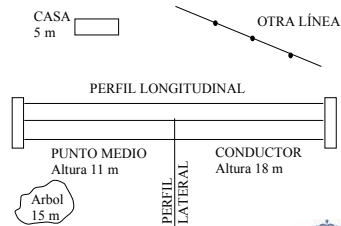
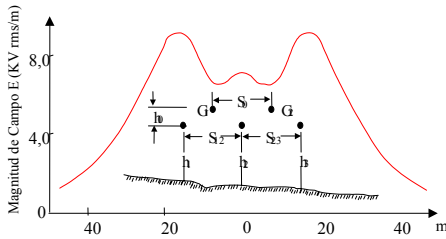
- IEEE 644. Procedimientos de medida de intensidad de campo eléctrico. (Campo Magnético)
  - 1 metro de distancia por encima del nivel de tierra.
  - La distancia entre el medidor de la intensidad de campo eléctrico y el operario debería ser de al menos 2.5 m.

### Perfil lateral

Mínimo de 5 medidas a intervalos en la dirección de la normal a los conductores desde el punto central hasta una distancia lateral de al menos 30 m (en cada sentido)

### Perfil longitudinal.

A partir del punto donde el perfil lateral del campo alcance su valor máximo, en la dirección paralela al conductor un mínimo de 5 medidas equidistantes hasta completar todo el margen.



## Medida de emisiones de monitores.

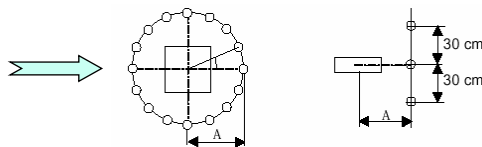
- TCO 99 (03).
  - ✓ Emisiones de campo eléctrico. Límites.
    - Banda I: de 5Hz a 2kHz,  $\leq 10.0$  V/m a 30cm y a 50cm frente al sistema.
    - Banda II: de 2kHz a 400kHz,  $\leq 1.0$  V/m a 50cm alrededor y a 30cm enfrente.



- ✓ Emisiones de campo magnético.

- Banda I: 5 Hz a 2KHz,  $\leq 200$ nT, a 50 cm alrededor y a 30 cm enfrente.
- Banda II: 2KHz a 400KHz,  $\leq 25$ nT medidos a 50 cm alrededor del equipo.

48 puntos sobre una superficie cilíndrica alrededor del objeto





## Evaluación de los límites de exposición a CEM

- Recomendación K-52 de la UIT
  - ✓ Clasificar la exposición potencial a los CEM en tres zonas:
    - ❑ **Zona de conformidad:** la exposición potencial por debajo de los límites ocupacional/controlada y a la exposición no controlada del público en general.
    - ❑ **Zona ocupacional:**, la exposición potencial por debajo de los límites controlada/ocupacional, pero sobrepasa los límites de exposición del público.
    - ❑ **Zona de rebasamiento:** La exposición potencial sobrepasa ambos límites.
  - ✓ Procedimiento de evaluación del nivel de exposición
    - ❑ Considera los parámetros de la instalación, f, PIRE, antenas...
    - ❑ Se introduce un esquema de clasificación:
      - **Inherentemente conforme:** los límites se cumplen a cm de la fuente.
      - **Normalmente conformes.** Zona de rebasamiento sin acceso.
      - **Provisionalmente conformes:** Determinación de la zona de exposición.
    - ❑ Para cada combinación de antena de referencia y condición de accesibilidad determinar una PIRE umbral ( $PIRE_u$ ), correspondiente al límite de exposición mediante métodos de cálculo o medidas.



## Evaluación de los límites de exposición a CEM (II)

- Recomendación K-52 de la UIT.
  - ✓ **Métodos de Cálculo.**
    - Campo cercano. Los campos E y M utilizando fórmulas cuasiestáticas.
    - Campo lejano. Fórmulas para estimar, de una manera conservadora, los niveles de intensidad de campo y de densidad de potencia.
    - Para emplazamientos en tejados, el tejado puede reducir la exposición dentro de un edificio al menos en 10-20 dB.

$$S(R, \theta, \phi) = \frac{PIRE}{4\pi} \left[ f(\theta, \phi) \frac{1}{R} + \rho f(\theta', \phi') \frac{1}{R'} \right]^2 \xrightarrow{\text{Cerca del suelo}} S_{gl}(R, \theta, \phi) = (1 + \rho)^2 \frac{PIRE}{4\pi R^2} F(\theta, \phi)$$

$S(R, \theta, \phi)$	Densidad de potencia en $W/m^2$ .
$f(\theta, \phi)$	Diagrama de radiación relativo de la antena (entre 0 y 1).
$PIRE$	PIRE de la antena en W.
$\rho$	Valor absoluto (módulo) del coeficiente de reflexión
$R$	Distancia de la fuente radiante a la persona expuesta
$R'$	Distancia de la imagen de la fuente radiante a la persona.

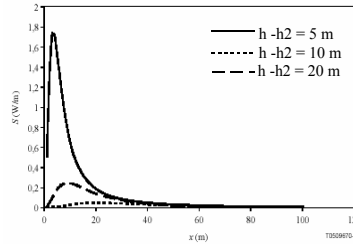
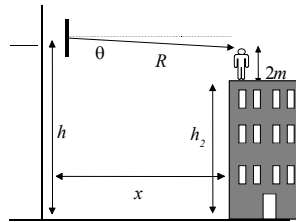
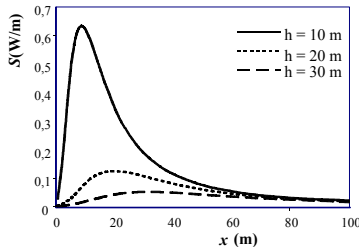
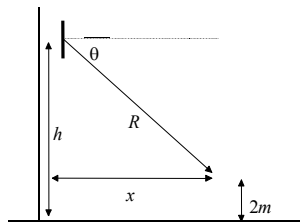
- ✓ **Procedimientos de media.**
  - ❑ Casos en los que los campos sean difíciles de calcular o cerca de los límites.
  - ❑ **Mediciones de banda ancha o selectivos.**



## Evaluación de los límites de exposición a CEM (III)

### ○ Recomendación K-52 de la UIT.

✓ Ejemplo. PIRE de 1000 W



Seminario: Medida de Emisiones Electromagnéticas.

Normativa de emisiones 103



## Evaluación de los límites de exposición a CEM (IV)

### ○ ORDEN CTE/23/2002 (11 de enero)

- ✓ Se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.
- ✓ Regular las condiciones, contenido y formatos de los estudios y certificaciones a los que hace referencia el Real Decreto 1066/2001.
  - En la primera parte se explica **que información se debe incluir en los informes** y estudios que se deben remitir al Ministerio de Ciencia y Tec.
  - En segundo lugar se especificará **el procedimiento de medida** a seguir con el fin de asegurar que se cumplen los niveles máximos de exposición.
- ✓ **Tipología de las estaciones radioeléctricas.**
  - **ER1:** suelo urbano, PIRE > 10 vatios.
  - **ER2:** suelo urbano, PIRE ≤ 10 vatios.
  - **ER3:** suelo no urbano, PIRE > 10 vatios.
  - **ER4:** suelo no urbano, PIRE ≤ 10 vatios,

← Entorno donde puedan permanecer personas



Seminario: Medida de Emisiones Electromagnéticas.

Normativa de emisiones 104



## Orden CTE/23/2002

- Información que debe presentarse para las certificaciones.
  - ❑ Estudio presentado por los operadores para cada estación.
  - ✓ **Autorización de las instalaciones radioeléctricas. Anexo I**
    - ❑ Identificación del técnico competente que lo firma.
    - ❑ Visado del colegio profesional.
    - ❑ Características técnicas de la estación. Características del entorno donde se ubica la estación, con planos, fotos ...
    - ❑ Niveles de emisión radioeléctrica calculados, considerando los preexistentes.
      - Para estaciones tipo ER1 y ER3, se calculará un volumen de referencia en forma de paralelepípedo,
      - Hipótesis de campo cercano o campo lejano,
      - Factores de reflexión adecuados al emplazamiento, de manera que en el exterior al volumen no se superen los niveles de exposición.
    - ❑ Para estaciones tipo ER1 y ER2, cuando en un entorno de 100 metros existan espacios considerados sensibles (guarderías, centros de educación, centros de salud, hospitales, parques públicos y residencias o centros geriátricos), se justificará la minimización de los niveles de exposición sobre los mismos y se aportarán los niveles de emisión radioeléctrica calculados, en dichos espacios.



## Orden CTE/23/2002 (II)

- Información que debe presentarse para las certificaciones.

- ✓ **Certificación anual de instalaciones. Anexo II**

- ❑ Información similar al caso anterior.

#### ANEXO II

##### Modelo de certificación anual de estaciones instaladas

Don/Doña.....  
NIF..... Titulación..... en cumplimiento del 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 sanitarias frente a emisiones radioeléctricas («Boletín Oficial del Estado» del 29).

CERTIFICA (1):

- ❑ Con medidas de los niveles de emisión
  - En el caso de que se hayan variado sus características técnicas.
  - O aquellas que alcancen el 25% de los niveles de potencia de referencia (50% de campo).
  - También se realizarán medidas de niveles para estaciones con áreas sensibles en sus inmediaciones.
- ✓ **Para las certificaciones de instalaciones preexistentes. Anexo III**
  - ❑ Se deberá incluir la misma información, en función de la tipología, que la exigida para la autorización de nuevas instalaciones.



## Orden CTE/23/2002 (III)

### ○ Procedimiento para la realización de medidas de niveles de emisión.

- ✓ Tres fases de medida: Fase- 1, fase-2 y fase-3.
  - ❑ Dependiendo del grado de precisión y de las características del proceso de mediciones.
- ✓ **Fase previa a las mediciones:** recopilar la información necesaria.
  - ❑ Para asegurar que las mediciones se efectúen en puntos de máximo nivel de emisión en los espacios en los que puedan permanecer habitualmente personas.
  - ❑ **factores del entorno de las estaciones** (zonas donde puedan permanecer personas influencia de edificios en reflexiones y **zonas sensibles**)
  - ❑ **factores radioeléctricos** (equipo de medida más adecuado, calibración, umbral de detección, situación de campo cercano o lejano.

$$F < 1 \text{ GHz}; \text{ campo cercano si } d < 3\lambda \text{ --> Medir campo E y H;}$$
$$\text{Si campo lejano --> E o H } |E| = |H| \times \eta_0$$
  - ❑ Tipo de servicio; potencias y su temporalidad;
  - ❑ Antenas: Polarización, altura, orientación, inclinación y dimensiones.
  - ❑ Presencia de otras fuentes de emisiones y su aportación a la exposición **total**



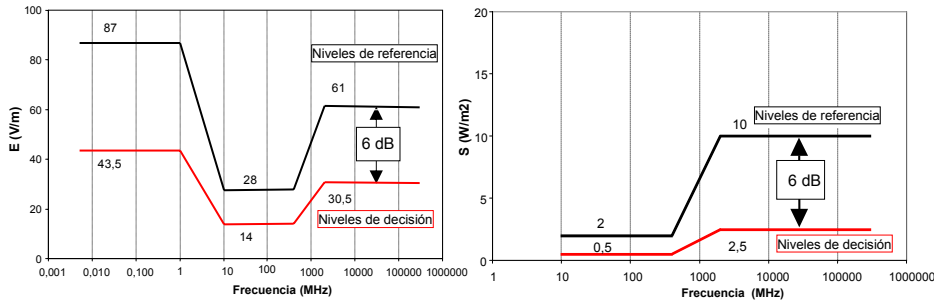
## Orden CTE/23/2002 (IV)

### ○ **Fase 1 de medida:** vista rápida del ambiente radioeléctrico.

- ✓ Equipos de medida de banda ancha con sondas isotrópicas.
  - ❑ Recorrer con la sonda el entorno e identificar los puntos de máxima exposición, variando la altura de la sonda respecto del suelo entre 0 y 2 m.
  - ❑ Para los puntos de máxima exposición, se realizará la medida, evitando que la presencia del técnico afecte al resultado (**trípode**).
  - ❑ Se tomarán muestras (una por segundo) durante un período de seis minutos y se obtendrá el valor promediado en ese período.
  - ❑ Se medirá la distancia desde el punto de medida a la fuente emisora. Se almacenarán los valores RMS obtenidos de las medidas para cada ubicación.
  - ❑ Si en el momento de la medición, la estación no emitiera con su máxima potencia autorizada, se efectuará una extrapolación del valor medido.
- ✓ Los resultados del proceso de medida, deberán compararse con los **niveles de decisión**.
- ✓ Estos niveles de decisión se establecen en 6dB por debajo de los niveles de referencia señalados en el Real Decreto 1066/2001.



## Orden CTE/23/2002 (V)



- ✓ Si para todos los puntos de medida, los niveles fuesen inferiores a los niveles de decisión, podrá considerarse, el sistema radioeléctrico o la zona en estudio, adaptados a las exigencias del Reglamento
- ✓ Si algún valor de los obtenidos superase los niveles de decisión, deberá procederse a la realización de nuevas mediciones en la fase-2 o en la fase-3.



## Orden CTE/23/2002 (VI)

- **Fase 2 de medida.** Banda de frecuencias comprendida entre 9kHz y 3GHz.
  - ✓ **Equipos de medida:** analizadores de espectro o receptores selectivos
    - Antenas con características bien definidas: polarización, ganancia ....
    - Cable cuya atenuación en función de la frecuencia sea conocida.
  - ✓ **Medidas:** determinar todas las componentes espectrales significativas, buscando para cada una de ellas el caso peor.
    - Nivel máximo en función de la orientación y polarización de la antena.
    - Valores RMS promediado en el intervalo de 6 minutos.
  - ✓ **Proceso de medida.**
    - Buscar en el espectro el máximo nivel en orientación y polarización.
    - Variación de cada componente en función de la orientación de la antena.
    - Maximizar la lectura de todas las componentes espectrales (Max Hold).
  - ✓ Magnitud adecuada para su comparación con los límites de exposición.
    - Componentes significativas. > 40dB por debajo de los niveles de referencia.
  - ✓ Sumatorio de los niveles de las componentes espectrales cumplen los límites de exposición, el sistema radioeléctrico o la zona en estudio, adaptados a las exigencias del Reglamento.



## Orden CTE/23/2002 (VII)

- **Fase 3 de medida.** Frecuencias distintas Fase 2, o campo cercano o pulsantes.
  - ✓ **Equipos de medida:** adecuados a cada caso.
    - Utilización de antenas apropiadas para las bandas de frecuencia
  - ✓ Mediciones de las magnitudes necesarias
  - ✓ Verificación de que los niveles de intensidades de campos presenten valores comparables con los niveles de referencia.

### ○ INFORME DE MEDIDAS

- ✓ **Modelo 1** (Aplicable a los estudios y las certificaciones de Estaciones ya instaladas, cuyas ediciones se lleven a cabo en FASE-1).
- ✓ **Modelo 2** (Aplicable a las certificaciones de estaciones ya instaladas, cuyas mediciones se lleven a cabo en FASE-2 o FASE-3).

Antena utilizada:		Nº Total de mediciones:(*)						
Marca:								
Modelo:								
Longitud de cable (m):								
Localización del punto de media respecto del soporte de antenas.	Hora de inicio de cada medición	Nivel de referencia (W/m <sup>2</sup> )	Nivel de referencia (V/m)	Nivel de decisión (W/m <sup>2</sup> )	Nivel de decisión (V/m)	Valor medido promediado	Valor calculado	Diferencia (3)-(5) o (4)-(5)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Distancia (m)	Acimut (°)							
(8)								



## Bibliografía y Enlaces.

- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics Vol. 74, No 4, pp 494-522, 1998.
- Consejo de la Unión Europea. Recomendación del Consejo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) (1999/519/CE). Diario Oficial de las Comunidades Europeas L199/59, 1999
- Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, Recomendación K52, UIT 2001
- Standard Methods for Measuring Electromagnetic Field Strengths of Sinusoidal Continuous Waves, 30 Hz to 30 GHz. IEEE 291.
- **Organización Mundial de la Salud (O.M.S.).** www.who.int
  - ✓ EMF Project. www.who.int/emf
- **ICNIRP** www.icnirp.org
- **European Commission** http://europa.eu.int/comm/index.htm
- **IEEE** www.ieee.org.
- **SETSI** www.setsi.mcyt.es ?
- **Cátedra COITT** http://catedra-coitt.euitt.upm.es

