

**RADIACIONES  
NO IONIZANTES**

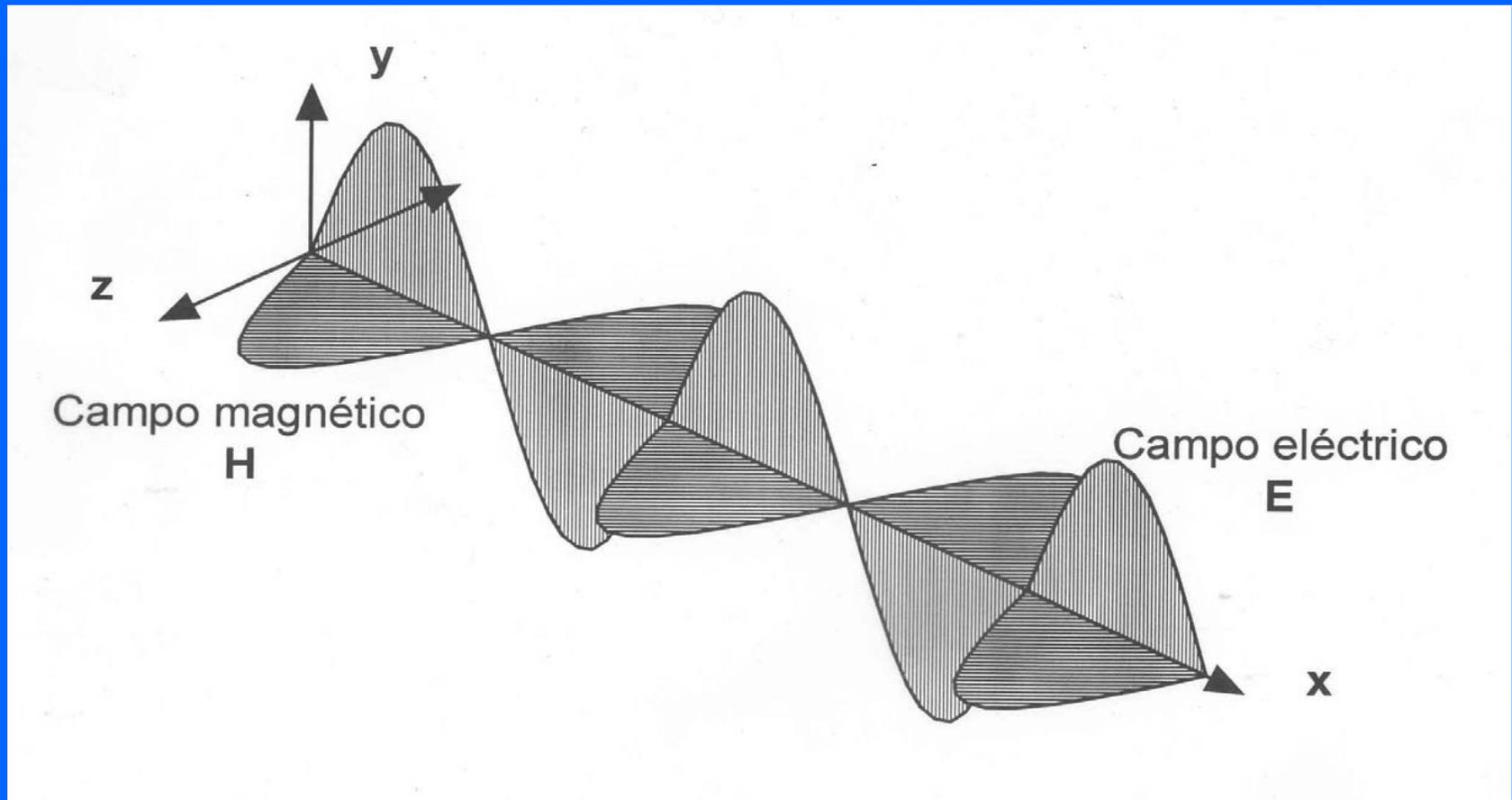
# RADIACIONES



# RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

- Forma de energía de origen atómico o molecular
- No necesitan soporte material para su propagación
- Se propagan a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s)
- Su energía es directamente proporcional a la frecuencia
- La capacidad de alterar la materia depende de la energía de la radiación (ionización)

# ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS



# RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

$$v = c/\lambda$$

$v$ : frecuencia (Hz)

$c$ : velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda$ : longitud de onda (m)

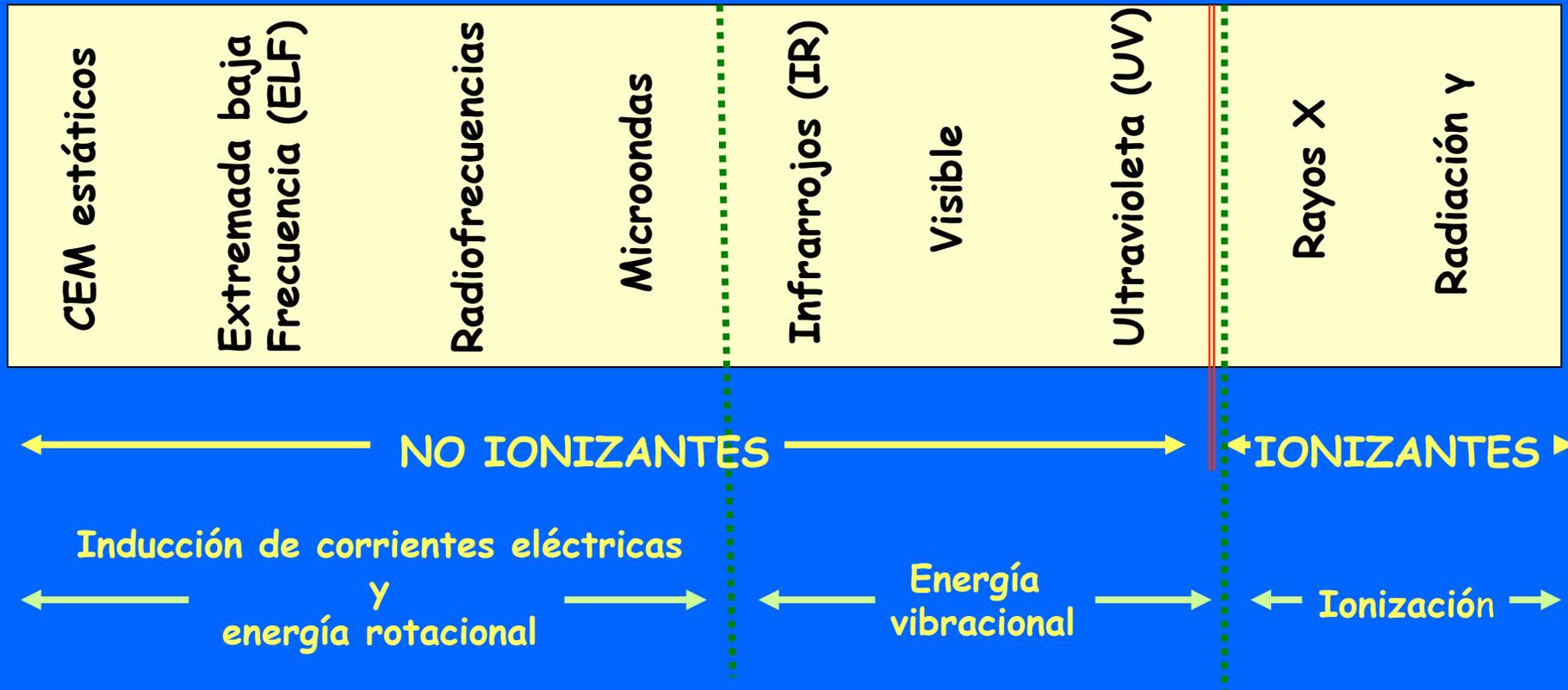
$$E = h \times v$$

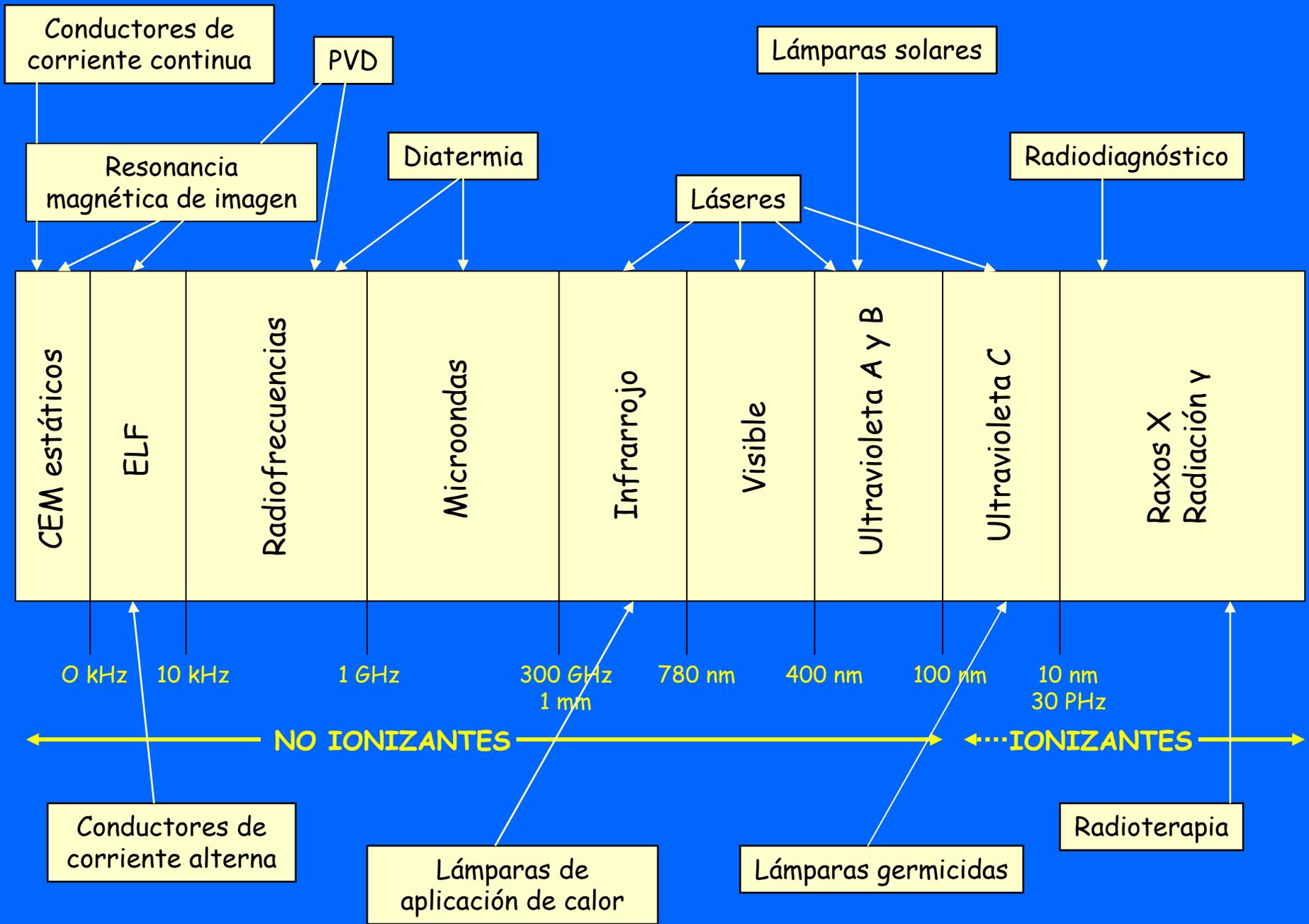
$E$ : energía

$h$ : constante de Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  J/s)

$v$ : frecuencia (Hz)

# ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO





# Radiaciones de extremada baja frecuencia y subradiofrecuencias (0 -10 kHz)

## Efectos comprobados

### Inducción de corrientes eléctricas:

- Efectos sistema cardiovascular
- Efectos sistema nervioso central
- Afectación de marcapasos y prótesis metálicas

# Campos electromagnéticos (CEM) de bajas frecuencias Otros posibles efectos (I)

"...la evidencia experimental publicada hasta el presente sobre la posible influencia de los CEM en el proceso carcinogénico no es concluyente. Los estudios epidemiológicos sobre exposición residencial no han mostrado un aumento de la incidencia de cáncer en los adultos expuestos"

*(Evaluación actualizada de los campos electromagnéticos en relación con la salud pública. Informe técnico elaborado por el Comité de Expertos. Septiembre 2003. M<sup>o</sup>. De Sanidad y Consumo)*

# Campos electromagnéticos (CEM) de bajas frecuencias Otros posibles efectos (II)

"...los CEM de baja frecuencia, a los niveles habituales que se encuentran en la exposición residencial **no causan cáncer**. Sin embargo, algunos estudios epidemiológicos indican un posible ligero incremento del riesgo de leucemia en los niños (frecuencia: 50/60 Hz) a niveles de campo magnético promediados en el tiempo  $\geq 0,4\mu\text{T}$ "

*[Comisión Internacional sobre Protección de la Radiación No-Ionizante (ICNIRP)]*

# Radiofrecuencias y microondas (10 kHz - 300 GHz) Efectos comprobados

Inducción de corrientes eléctricas y absorción como energía rotacional (efecto térmico):

- Efectos funciones del sistema nervioso central
- Síndrome neurasténico (dolor de cabeza, insomnio, excitabilidad nerviosa, etc.)
- Fatiga calorífica de cuerpo entero (hipertermia, descenso en la producción de espermatozoides, etc.)
- Calentamiento local excesivo en tejidos (quemaduras localizadas y cataratas térmicas)

# Radiofrecuencias y Microondas

## Otros posibles efectos (I)

"Para radiofrecuencias y microondas....no se ha obtenido evidencia de efectos cancerígenos en niños o adultos a partir de los estudios epidemiológicos. Otras observaciones, relativamente amplias, tampoco han proporcionado evidencias de citotoxicidad extrapolables a la población humana"

*(Comité Científico de la UE)*

# Radiofrecuencias y Microondas

## Otros posibles efectos (II)

“Ningún estudio permite concluir que la exposición a CEM de radiofrecuencias emitidas por los teléfonos móviles o sus estaciones base tengan algún peligro para la salud”

*[“Champs électromagnétiques et santé publique”.  
Organización Mundial de la Salud (OMS). Comunicado de  
23/1/02]*

# CEM

## MAGNITUDES FÍSICAS (I)

### CAMPO ELÉCTRICO

- Intensidad de campo eléctrico "E" (V/m): cantidad vectorial que corresponde a la fuerza ejercida sobre una partícula cargada independientemente de su movimiento

### CAMPO MAGNÉTICO

- Intensidad de campo magnético "H" (A/m): cantidad vectorial que, junto con la inducción magnética, determina un campo magnético
- Densidad de flujo magnético o inducción magnética "B" (T): cantidad magnética que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento

# CEM

## MAGNITUDES FÍSICAS (II)

Densidad de potencia "S" (W/m<sup>2</sup>):  
potencia radiante que incide  
perpendicular a una superficie, dividida  
por el área de la superficie.

*Cantidad muy adecuada para frecuencias muy altas  
( $f \geq 10$  Mhz), cuya profundidad de penetración en el  
cuerpo es baja.*

# CEM

## MAGNITUDES FÍSICAS (III)

### RESTRICCIONES BÁSICAS

- Corriente de contacto " $I_c$ " (A): corriente entre una persona y un objeto
- Densidad de corriente " $J$ " ( $A/m^2$ ): corriente que fluye por una sección perpendicular a la dirección de la misma
- Índice de absorción específica de energía " $SAR$ " ( $W/kg$ ): índice de energía absorbida por unidad de masa corporal, cuyo promedio se calcula en la totalidad del cuerpo o en partes de éste

# EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN CRITERIOS DE VALORACIÓN (0 Hz a 300 GHz)

**Exposición laboral:** Directiva 2004/40/CE (L 184; DOCE 24/5/2004), sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos).  
(*Límite de transposición: 30/4/2008*) (\*)

**Público en general:**

**España:** RD 1066/01, que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las exposiciones radioeléctricas

**UE:** Recomendación 1999/519/CE, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0Hz a 300 GHz)

*(\*) Prorrogada hasta 2012*

# Directiva 2004/40/CE

Valores límites de exposición (*exposición laboral*)  
(han de cumplirse todas las condiciones)  
(0 Hz - 300 GHz)

## Restricciones básicas

Frecuencia	Densidad de corriente (mA/m <sup>2</sup> )	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (extremidades) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m <sup>2</sup> )
<1 Hz	40	-	-	--	
1-4 Hz	40/f (*)	-	-	--	
0,004-1 kHz	10	-	-	--	
1-100 kHz	f/100 (*)	-	-	--	
0,1-10MHz	f/100	0,4	10	20	
0,01-10 GHz	-	0,4	10	20	
10-300 GHz	-	-	-		50

(\*) f: frecuencia expresada en Hz

# RD 1066/01 y Recomendación 1999/519/CE

## Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz) para público en general

Frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m <sup>2</sup> )	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	40	-	-	-	-	
>0 - 1 Hz	-	8	-	-	-	
1 - 4 Hz	-	8/f <sup>(1)</sup>	-	-	-	
4 - 1000 Hz	-	2	-	-	-	
1000 Hz - 100 kHz	-	f <sup>(1)</sup> /500	-	-	-	
100 kHz - 10 MHz	-	f <sup>(1)</sup> /500	0,08	2	4	
10 MHz - 10 GHz	-	-	0,08	2	4	
10 - 300 GHz	-	-	-	-	-	10

(1) f: frecuencia expresada en Hz

# Directiva 2004/40/CE

## Valores que dan lugar a una acción (0Hz - 300 GHz) Exposición laboral

Rango de frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B ( $\mu$ T)	S ( $W/m^2$ )	IC (mA) (Corriente contacto)	IL (mA) (Corriente inducida)
< 1Hz	-	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-	1,0	-
1-8 Hz	20000	$1,63 \cdot 10^5 / f^2$ (*)	$2 \cdot 10^5 / f^2$ (*)	-	1,0	-
8-25 Hz	20000	$2 \cdot 10^4 / f$ (*)	$2,5 \cdot 10^4 / f$ (*)	-	1,0	-
0,025–0,82 kHz	$500 / f$ (*)	$20 / f$ (*)	$25 / f$ (*)	-	1,0	-
0,82-2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5-65 kHz	610	$1,6 / f$ (*)	$2 / f$ (*)	-	0,4 f	-

(\*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

# Directiva 2004/40/CE

## Valores que dan lugar a una acción (0Hz - 300 GHz) Exposición laboral

Rango de frecuencia	E (V/m)	H (A/m)	B ( $\mu$ T)	S ( $W/m^2$ )	IC (mA) (Corriente contacto)	IL (mA) (Corriente inducida)
65-100 kHz	610	1600/f (*)	2000/f	-	0,4 f	-
0,1-1 MHz	610	1,6/f (*)	2/f (*)	-	40	-
1-10 MHz	610/f	1,6/f (*)	2/f (*)	-	40	-
10-110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110-400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400-2000 MHz	3 f <sup>1/2</sup> (*)	0,008 f <sup>1/2</sup> (*)	0,01 f <sup>1/2</sup> (*)	f/40	-	-
2-300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

(\*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

Para **f** entre 100 kHz y 10 GHz son valores promedio para periodos de **6 minutos**

Para **f > 10 GHz** son valores promedio para periodos de **68/f<sup>1.05</sup> minutos** (f en GHz)

# RD 1066/01, Recomendación 1999/519/CE e ICNIRP (1998)

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 3 kHz) para **público en general**

Frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)
0 - 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$
1 - 8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$ (*)	$4 \times 10^4/f^2$ (*)
8 - 25 Hz	10000	$4000/f$ (*)	$5000/f$ (*)
0,025 - 0,8 kHz	$250/f$ (*)	$4/f$ (*)	$5/f$ (*)
0,8 - 3 kHz	$250/f$ (*)	5	6,25

(\*) f: frecuencia según se indica en la columna de gama de frecuencias

# RD 1066/01, Recomendación 1999/519/CE e ICNIRP (1998)

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (3 kHz - 300 GHz) para **público en general**

Frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)	Densidad de potencia (W/m)
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73/f (*)	0,92/f (*)	-
1 - 10 MHz	87/f <sup>1/2</sup> (*)	0,73/f (*)	0,92/f (*)	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup> (*)	0,0037 f <sup>1/2</sup> (*)	0,0046 f <sup>1/2</sup> (*)	f/200 (*)
2 - -300 GHz	61	0,16	0,20	10

(\*) f: según se indica en la columna de gama de frecuencia

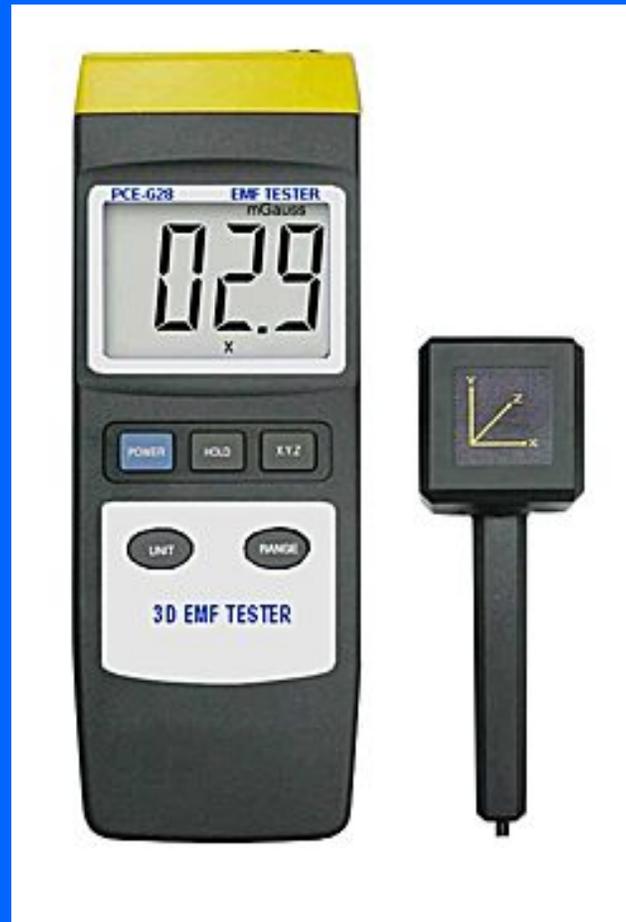
**Para f entre 100 kHz y 10 GHz son valores promedio para periodos de 6 minutos**

Para f > 10 GHz son valores promedio para periodos de **68/f<sup>1,05</sup> minutos** (f en GHz)

# Medidor de ELF



# Medidor de CEM



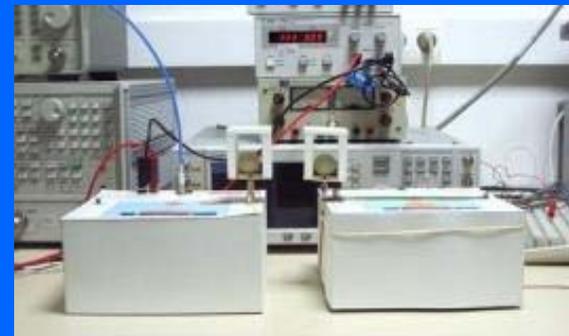
# Medidas de CEM



# Medidor de RF y MW



# Fuentes de RF y MW



# EXPOSICIÓN A CAMPOS ELCTROMAGNÉTICOS

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN

➤ Reducción de la densidad de potencia recibida:

- Elección de la potencia de funcionamiento más baja posible
- Aumento de la distancia
- Blindaje

➤ Reducción del tiempo de exposición

➤ Señalización

➤ Formación e Información

# RADIACIONES ÓPTICAS (INCOHERENTES)

Son radiaciones electromagnéticas con las características siguientes:

- Longitudes de onda ( $\lambda$ ) comprendidas entre 1mm y 10nm, y frecuencias entre ( $\nu$ ) 300 GHz y 3PHz
- Energía por fotón mucho mayor que las radiofrecuencias y microondas
- Capacidad de penetración muy pequeña

*INCOHERENTE: radiación óptica distinta de una radiación láser*

# RADIACIONES ÓPTICAS

## REGIONES ESPECTRALES

Radiación	Longitud de onda ( $\lambda$ )
IR-C	3000 – 1000000 nm
IR-B	1400 – 3000 nm
IR-A	780 – 1400 nm
Visible	400 – 780 nm
UV-A	315 – 400 nm
UV-B	280 – 315 nm
UV-C	< 280 nm

# RADIACIONES ÓPTICAS

## EFFECTOS

- Los efectos son en ojos y piel
- Mecanismo de interacción:
  - Para  $\lambda \geq 400\text{nm}$ : principalmente térmico
  - Para  $\lambda \leq 400\text{nm}$ : principalmente fotoquímico

# EFFECTOS DE LAS RADIACIONES ÓPTICAS EN OJOS Y PIEL

Región espectral	Ojo	Piel
<b>Ultravioleta C</b> $\lambda = 180 - 280 \text{ nm}$	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel. Aumento de la pigmentación de la piel
<b>Ultravioleta B</b> $\lambda: = 280 - 315 \text{ nm}$	Fotoqueratitis (córnea)	Eritema. Envejecimiento acelerado de la piel Aumento de la pigmentación de la piel
<b>Ultravioleta A</b> $\lambda: = 315 - 400 \text{ nm}$	Catarata fotoquímica (cristalino)	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
<b>Visible</b> $\lambda: = 400 - 780 \text{ nm}$	Lesiones fotoquímicas y térmicas en la retina	Oscurecimiento de los pigmentos. Reacciones de fotosensibilización. Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos A</b> $\lambda: = 780 - 1400 \text{ nm}$	Cataratas, quemaduras retinianas	Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos B</b> $\lambda: = 1400 - 3000 \text{ nm}$	Catarata, quemadura corneal	Quemaduras de la piel
<b>Infrarrojos C</b> $\lambda: 3 \mu\text{m} - 1\text{mm}$	Quemadura corneal	Quemaduras de la piel

# Fuentes de exposición laboral a R.O.

- a. Lámparas de descarga de una cierta intensidad (de alta y baja presión)
- b. Soldadura al arco
- c. Fuentes incandescentes (no lámparas)
- d. Láseres de clases 3B y 4 de camino óptico abierto
- e. Sol (en trabajos al aire libre)

# RADIACIÓN INFRARROJA Y VISIBLE

## Evaluación de la exposición:

Los criterios disponibles (ACGIH) están en función de la frecuencia y se basan en (\*):

- La protección de la retina frente a lesiones térmicas y reacciones fotoquímicas
- La protección frente a efectos retardados sobre el cristalino

## Control de la exposición:

- Señalización
- Apantallamientos
- EPI (piel y ojos)

(\*) Directiva 2006/25/CE (radiaciones ópticas artificiales). L 114, DOCE 27.4.2006.  
*Plazo transposición: 27.5.2010*

# RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV)

- Son las radiaciones ópticas más peligrosas por:
  - No ser visibles ni detectables
  - Ser las más energéticas
- Se dividen en:
  - UVA: 315-400nm
  - UVB: 280-315nm
  - UVC: 180-280nm
- Mayor sensibilidad de la piel: 295nm
- Mayor sensibilidad del ojo: 270nm
- Ultravioleta actínico: 200 - 315nm (más peligroso)

# RADIACIÓN UV

## Efectos biológicos

### Efectos no estocásticos:

- Oscurecimiento de la piel
- Eritema (ampollas y edemas por aumento de al permeabilidad) ( $\lambda > 300\text{nm}$ )
- Daños en la córnea ( $270\text{nm} < \lambda \leq 260\text{nm}$ )

### Efectos estocásticos:

- Cáncer de piel

# RADIACIONES UV

## Criterios de valoración

Los criterios existentes, establecen valores de exposición radiante ( $J/m^2$ ) en función de la longitud de onda ( $\lambda$ ) (\*).

$$H (J/m^2) = E (W/m^2) \times t (s)$$

Exposición radiante

Irradiancia

Tiempo de exposición

*Los radiómetros miden, normalmente, la irradiancia (E)*

(\* ) Directiva 2006/25/CE (radiaciones ópticas artificiales). L 114, DOCE 27.4.2006.  
Plazo transposición: 27.5.2010

**Directiva 2006/25/CE del  
Parlamento Europeo y del Consejo sobre  
las disposiciones mínimas de seguridad y  
salud relativas a la exposición de los  
trabajadores a riesgos derivados de los  
agentes físicos (radiaciones ópticas  
artificiales)**

# Metodología de evaluación INSHT



# RADIACIONES UV

## Medidas de protección

### FOCO

- Diseño de la instalación
- Encerramiento
- Apantallamiento
- Dispositivos de desconexión

### MEDIO

- Recubrimiento de paredes
- Señalización (limitación de acceso)
- Ventilación (ozono)

### RECEPTOR

- Tiempo de exposición
- Información y formación
- EPI (oculares y piel)



# LÁSER

Radiación electromagnética, en la zona de frecuencias de las radiaciones ópticas:

- Monocromática (una longitud de onda)
- Coherente (ondas coincidentes en fase)
- Direccional (no dispersa)

# EMISIÓN LASER

## Características

- Longitud de onda (nm)
- Tiempo de emisión
- Potencia o energía
- Divergencia

# CLASIFICACIÓN DE LÁSERES UNE-EN-60825/A2:2002 (I)

## CLASE 1

- Intrínsecamente seguros, incluyendo instrumentos ópticos de visión directa

## CLASE 1M

- Seguros para longitudes de onda ( $\lambda$ ): 302,5 -4000 nm
- Peligrosos con instrumentos ópticos de visión directa

## CLASE 2

- Longitud de onda ( $\lambda$ ): 400 -700 (visible)
- Protección ocular por respuestas de aversión (incluso con instrumentos ópticos)

## CLASE 2M

- Longitud de onda ( $\lambda$ ): 400 -700 (visible)
- Visión peligrosa del haz con instrumentos ópticos

# CLASIFICACIÓN DE LÁSERES

## UNE-EN-60825-1/A2: 2002 (II)

### CLASE 3R

- Longitud de onda ( $\lambda$ ): 302,5 - 10<sup>6</sup> nm
- Visión directa del haz potencialmente peligrosa (<3B)
- Límite de emisión accesible (LEA) < 5 veces LEA de láseres de Clase 2 ( $\lambda$ :400 -700 nm) y < 5 veces LEA de láseres de Clase 1 (otras  $\lambda$ )

### CLASE 3B

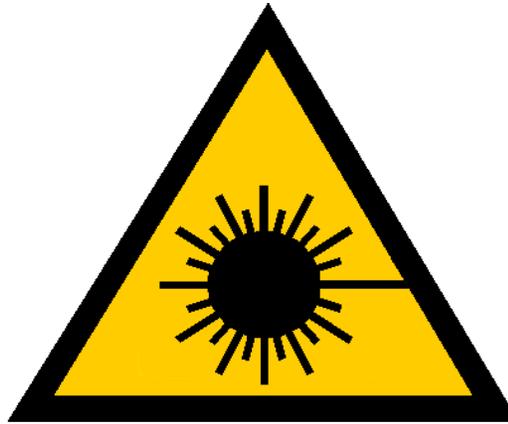
- Visión directa del haz siempre peligrosa
- Visión de reflexiones difusas normalmente segura

### CLASE 4

- Reflexiones difusas peligrosas
- Pueden causar daños sobre la piel
- Peligro de incendio

- Utilización con máxima precaución -

# UNE-EN-60825-1/A2: 2002 ETIQUETADO



Radiación Láser

**CLASE 3B**

**PRODUCTO LASER 3B  
RADIACIÓN LASER. EVITE LA EXPOSICIÓN AL HAZ**



