

Riesgo por exposición a campos electromagnéticos (0Hz a 300GHz) en máquinas

Burjassot, 24 de Abril de 2013.

Juan Carlos Castellanos Alba
Jefe de Sección del **INVASSAT**



- **Introducción.**
- **Normativa de referencia.**
 - **RD 1215/1997.**
 - **RD 1644/2008 (Directiva 2006/42/CE).**
 - **Directiva 2004/40/CE.** Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (CEM`s).
 - **Norma UNE-EN 50499.** Procedimiento para la Evaluación de la exposición a los trabajadores a los campos electromagnéticos.
 - **Norma UNE-EN 12198.** Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas.
- **Selección de equipos de medición.**

El campo eléctrico \vec{E} en un punto del espacio, producido por una o varias cargas eléctricas se define en términos de fuerza que experimenta una unidad de carga situada en dicho punto.

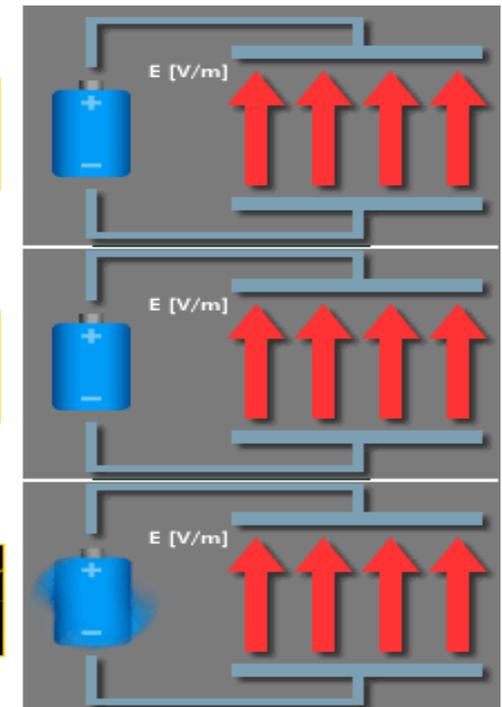
E se expresa en **V/m** ya que:

$$\vec{E} = -\text{grad} (U) \quad \vec{E} = -\partial U/\partial x \vec{i} - \partial U/\partial y \vec{j} - \partial U/\partial z \vec{k}$$

El valor del campo E es función de la tensión que lo ha generado.

El campo E puede ser estático o variable.

El valor de campo disminuye de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.



Los campos magnéticos \vec{H} son producidos por corrientes eléctricas.

\vec{H} se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en un punto determinado.

H se expresa en A/m.

Igualmente, el campo generado por líneas eléctricas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia

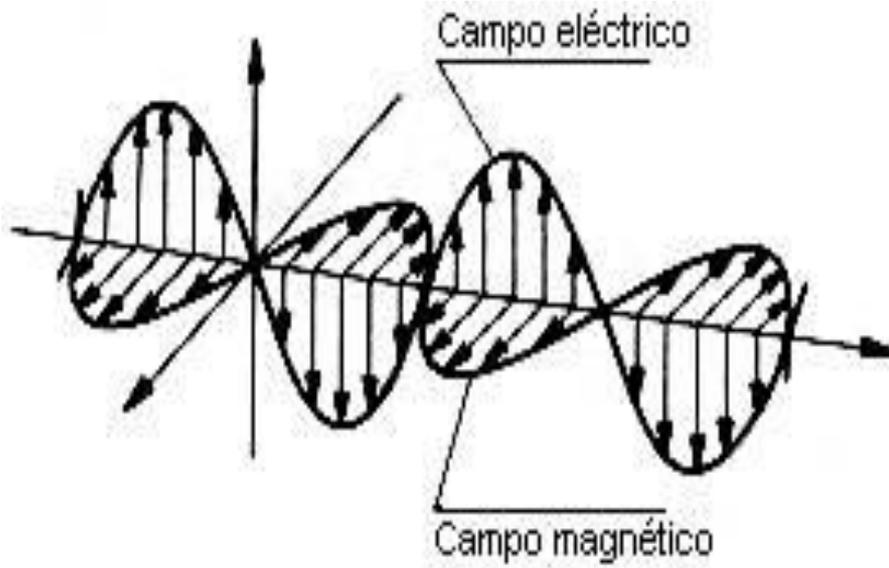
Es más habitual representar el campo magnético por la inducción magnética o densidad de flujo magnético **B**.

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

μ es la permeabilidad magnética en el vacío $4\pi \times 10^{-7}$ Henrios/m.

B se mide en Teslas o Gauss

1 Tesla = 10^4 Gauss



- Una **onda electromagnètica** està formada per una component \vec{H} i otra \vec{E} , perpendiculars entre sí i a la direcció de propagació

Al producto vectorial:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$

se le conoce como **vector de Poynting** y representa a la **densidad de potencia** de la onda en W/m^2

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el aire o en el vacío se deduce de:

$$v = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s, donde:}$$

$$\epsilon_0 = \text{permitividad absoluta del aire} = \\ 1/36\pi \times 10^{-9} \text{ Faradios/m.}$$

$$\mu_0 = \text{permeabilidad absoluta del aire} = \\ 4\pi \times 10^{-7} \text{ Henrios/m.}$$

La **velocidad de propagación** v , la **frecuencia** f y la **longitud de onda** λ se relacionan por la ecuación:

$$\lambda = v/f$$

Introducción

No ionizante						Ionizante			
$hf < 12,4 \text{ eV}$						$hf < 12,4 \text{ eV}$			
Subradio frecuencias	Radio frecuencias	Microondas	Infrarrojos	Luz visible	Ultravioletas no ionizantes	Ultravioletas ionizantes	Rayos X	Rayos γ	Rayos cósmicos
0	30 kHz	1 GHz	300 GHz	385 THz	750 THz	3 Phz	30 PHz	3 EHz	>3000 EHz
30 kHz	1 GHz	300 GHz	385 THz	750 THz	3000 THz	30 PHz	300 EHz	3000 EHz	< 0,1 pm
∞	100 km	300 mm	1 mm	780 nm	400 nm	100 nm	10 nm	100 pm	< 0,1 pm
100 km	300 mm	1 mm	780 nm	400 nm	100 nm	10 nm	1 pm	0,1 pm	

La energía fotónica de las radiaciones NO IONIZANTES es inferior a 12,4 eV.

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Las radiaciones ionizantes comienzan a una frecuencia de $3 \cdot 10^{15}$ Hz., en mitad de la banda del ultravioleta.

La teoría cuántica asocia a cada onda electromagnética un fotón de energía:

$$W = h \cdot f \text{ (Julios)}$$

siendo:

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js (constante de Planck)

f = frecuencia de la onda en Hz.

N	Banda	f	λ	Aplicaciones
11	EHF Extremely high frequencies	300 GHz 30 GHz	1 mm 10 mm	Comunicaciones diversas. Radar de navegación.
10	SHF Super high frequencies	30 GHz 3 GHz	10 mm 100 mm	Radar, radio, satélite. Usos industriales. Fisioterapia.
9	UHF Ultra high frequencies	3 GHz 300 MHz	100 mm 1 m	Horno microondas. Usos industriales y médicos. Fisioterapia. TV.
8	VHF Very high frequencies	300 MHz 30 MHz	1 m 10 m	Radio FM, TV.
7	HF High frequencies	30 MHz 3 MHz	10 m 100 m	Soldadura plásticos. Diatermia. Radio OC.
6	MF Medium frequencies	3 MHz 300 kHz	100 m 1 Km	Radio AM.
5	LF Low frequencies	300 kHz 30 KHz	1 Km 10 Km	Calentamiento por inducción.
—	ELF Extremely low frequencies	30 KHz 0 Hz	10 Km ∞	Ultrasonidos. Técnicas de audio. Transporte energía eléctrica.

N determina la anchura de cada banda entre $0,3 \cdot 10^N - 3 \cdot 10^N$ Hz (Internacional Telecommunication Union - ITU)

En la proximidad de un campo radiante (**Campo cercano o zona de Fresnel**):

- \vec{E} y \vec{H} están desacoplados, no están en fase.
- Se desconoce la relación entre \vec{E} y \vec{H} .

En consecuencia, en campo cercano ($D < 3\lambda$) hay que medir campo eléctrico y magnético por separado

A mayor distancia de la fuente (**Campo lejano o zona de Fraunhofer**):

Los campos E y H están en fase.

Los módulos se relacionan por:

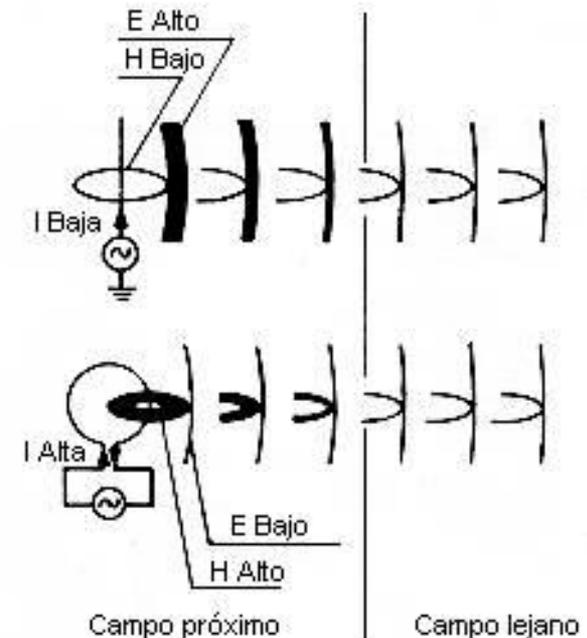
$$Z_0 = E/H = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} = 120\pi \sim 377 \Omega$$

Z_0 es la impedancia espacial.

La densidad de potencia en esta zona es:

$$S = E \times H = E^2 / 377 = 377 H^2$$

En campo lejano basta con medir una sola magnitud de campo



- **Real Decreto 1215/1997.**
- **Real Decreto 1644/2008.**
- **Directiva 2004/40/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 abril de 2004. **Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos).**
- **Norma UNE-EN 50499:** Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos.
- **Norma UNE-EN 12198:2003:** Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas
 - Parte 1: Principios generales.
 - Parte 2: Procedimiento de medición de la radiación emitida.
 - Parte 3: Reducción de radiaciones mediante atenuación o apantallamiento.

- **Anexo I, 1.17:**

*“Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá **disponer de las protecciones o dispositivos adecuados** para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos”*

- **Anexo II, 1.9:**

*“**Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda dar lugar a proyecciones o radiaciones peligrosas, sea durante su funcionamiento normal o en caso de anomalía previsible, deberán adoptarse las medidas de prevención o protección adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores que los utilicen o se encuentren en sus proximidades”.***



GUIA DEL INSHT:

Para equipos nuevos que produzcan radiaciones no ionizantes, distintas de la radiación laser, existe la **Norma EN 12198** “Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos emitidos por las máquinas”

- **Anexo I, 1.5.10:**

*“Las radiaciones no deseadas (las que no son esenciales para el funcionamiento de la máquina) de la máquina **deberán eliminarse o reducirse** a niveles que no afecten perjudicialmente a las personas”*

“Cuando exista un riesgo, se adoptarán las medidas de protección necesarias”

*“Cualquier radiación no ionizante funcional emitida durante la instalación, funcionamiento y limpieza **se limitará a** niveles que no afecten perjudicialmente a las personas”*

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA 2006/42/CE:

La radiación no ionizante incluye la **radiación magnética y electromagnética** en los rangos de frecuencia de radio y de microondas y **radiación óptica** en los rangos de frecuencia ultravioleta, visible e infrarrojos.

La exposición de los trabajadores a la radiación electromagnética está sujeta a la **Directiva 2004/40/CE**.

La **prevención** de riesgos debidos a **radiaciones no deseables** implica:

- **Evitar** las emisiones de radiación **o reducir** su potencia hasta niveles no perjudiciales.
- En los casos en que no puedan eliminarse o su potencia no pueda reducirse suficientemente, **colocar blindajes** para impedir la exposición de los operadores y de otras personas.
- **Informar** a los usuarios sobre los riesgos residuales debidos a la radiación y sobre la necesidad de prever y utilizar EPI's.

Las especificaciones generales para la evaluación, la medición y la protección contra la radiación no ionizante figuran en la **Norma EN 12198**.

Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
de 29 de abril de 2004

sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)

Establece las disposiciones mínimas en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz).

Se refiere al riesgo debido a los **efectos negativos a corto plazo** conocidos en el cuerpo humano causados por la circulación de **corrientes inducidas y por la absorción de energía**, así como por las corrientes de contacto.

La Directiva no aborda los posibles efectos a largo plazo

Se entiende por **“campos electromagnéticos”** los campos magnéticos estáticos y los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, de frecuencias **hasta 300 GHz**.

“Valores límite de exposición”: son los límites de la exposición a campos electromagnéticos **basados directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas**. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a CEM`s estén protegidos contra todo efecto nocivo conocido para la salud. (cuadro I Anexo)

Magnitudes físicas de los valores límite de exposición:

- **Hasta 1 Hz: Densidad de corriente** para prevenir efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central.
- **Entre 1 y 10 MHz: Densidad de corriente** para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso central.
- **Entre 100 KHz y 10 GHz: SAR** (energía que es absorbida por unidad de masa de tejido corporal en W/Kg) para prevenir la fatiga calorífica de cuerpo entero y un calentamiento local excesivo de los tejidos.
- **Entre 10 GHz y 300 GHz: Densidad de potencia**, para prevenir un calentamiento excesivo de los tejidos en la superficie corporal o cerca de ella.

Cuadro 1

Valores límite de exposición (apartado 1 del artículo 3). Han de cumplirse todas las condiciones

■ Valores límite ("biológicos")

Frecuencias	Densidad corriente cabeza y tronco J (mA/m ²)	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 ²)
Hasta 1 Hz	40	--	--	--	--
1-4 Hz	40/f	--	--	--	--
4 – 1000 Hz	10	--	--	--	--
1000 Hz – 100 KHz	f/100	--	--	--	--
100 KHz – 10 MHz	f/100	0,4	10	20	--
10 MHz – 10 GHz	--	0,4	10	20	--
10 – 300 GHz	--	--	--	--	50

“Valores que dan lugar a una acción”: el nivel de los parámetros directamente medibles, expresados en términos de **intensidad de campo eléctrico (E)**, **intensidad de campo magnético (H)**, **densidad de flujo magnético o inducción magnética (B)** y **densidad de potencia (S)**, ante el cual deben tomarse una o más medidas de las especificadas en la Directiva. El respeto de estos valores garantizará la conformidad con los correspondientes valores límite de exposición.

Estos valores se obtienen a partir de los valores límite de exposición conforme al criterio seguido por ICNIRP (Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes)

Cuadro 2

Valores que dan lugar a una acción (apartado 2 del artículo 3) (valores rms imperturbados)

■ Niveles de acción ("medibles")

Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Inducción magnética, B (μT)	Densidad de potencia, S (W/m ²)	Corriente de contacto, IC (mA/m)	Corriente inducida en extremidades IL (mA)
0 - 1 Hz	--	1,63*10 ⁵	2*10 ⁵	--	1	--
1 - 8 Hz	20.000	1,63*10 ⁵ /f ²	2*10 ⁵ /f ²	--	1	--
8 - 25 Hz	20.000	2*10 ⁴ /f	2,5*10 ⁴ /f	--	1	--
0,025 - 0,82 KHz	500/f	20/f	25/f	--	1	--
0,82 KHz - 2,5 KHz	610	24,4	30,7	--	1	--
2,5 - 65 KHz	610	24,4	30,7	--	0,4 f	--
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 ^{1/2}	0,008 f ^{1/2}	0,01 f ^{1/2}	f/40	--	--
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	--	--

Art. 4. *“Determinación de la exposición y evaluación de riesgos”*

El empresario debe evaluar y, en caso necesario, medir y/o calcular los niveles de los campos electromagnéticos a que están expuestos los trabajadores. Según normas armonizadas o, en su defecto normas que posean base científica y, teniendo en cuenta los niveles de emisión comunicados por los fabricantes de equipos cuando éstos estén sujetos a directivas comunitarias.

Cuando se superen los valores que dan lugar a una acción (cuadro 2) el empresario evaluará y, en caso necesario, calculará si se han superado los valores límite de exposición (cuadro 1)

La exposición de los trabajadores no deberá superar en ningún caso los valores límite de exposición

El que se superen los valores que dan lugar a una acción no implica necesariamente que se superen los valores límite de exposición

Art. 4. (cont.)

En la evaluación debe concederse una particular atención a los siguientes aspectos:

- El nivel, espectro de frecuencia, la duración y el tipo de exposición.
- Los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción.
- Los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a riesgos particulares. (p.e trabajadoras embarazadas: Directiva 92/85/CEE y COM (2000) 466 final)
- Los posibles efectos indirectos tales como:
 - Interferencias con equipos y dispositivos médicos electrónicos.
 - El riesgo de proyección de objetos ferromagnéticos en campos magnéticos estáticos de $B > 3$ mT.
 - La activación de dispositivos electro-explosivos.
 - Los incendios y las explosiones debidos a chispas causadas por campos inducidos, corrientes de contacto o descargas de chispas.
- La existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a CEM`s.
- La información pertinente obtenida de la vigilancia a la salud.
- Las fuentes de exposición múltiples y la exposición simultánea a campos de múltiples frecuencias

Art. 5. “Disposiciones encaminadas a evitar o reducir los riesgos”

En general, los riesgos por exposición a CEM`s deberán eliminarse o reducirse al mínimo técnicamente posible.

A partir de la evaluación de riesgos, cuando se superen los valores que dan lugar a una acción (a no ser que se demuestre que no se superan los valores límite de exposición), el empresario elaborará y aplicará un **Plan de Actuación** que incluirá medidas técnicas y/u organizativas destinadas a evitar que la exposición supere los valores límite de exposición.

Art. 5. (cont.)

En la elaboración y aplicación del Plan de Actuación se tendrá en cuenta:

- Otros métodos de trabajo que conlleven una menor exposición a CEM`s.
- La elección de equipos que generen menos campos electromagnéticos o de menor intensidad.
- Las medidas técnicas para reducir la emisión de CEM`s, incluido, el uso de sistemas de bloqueo, el blindaje o mecanismos similares de protección de la salud.
- Programas adecuados de mantenimiento del equipo, lugares y sistemas de puestos de trabajo.
- La concepción y disposición de lugares y puestos de trabajo.
- La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- La disponibilidad de equipo adecuado de protección personal.

norma española

UNE-EN 50499

Noviembre 2009

TÍTULO

Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos

Proporciona un procedimiento general para evaluar la exposición de los trabajadores a CEM's (**0 Hz a 300GHz**) en el lugar de trabajo, a fin de demostrar la conformidad con la Directiva 2004/40/CE.

Los criterios de referencia que se utilizan son:

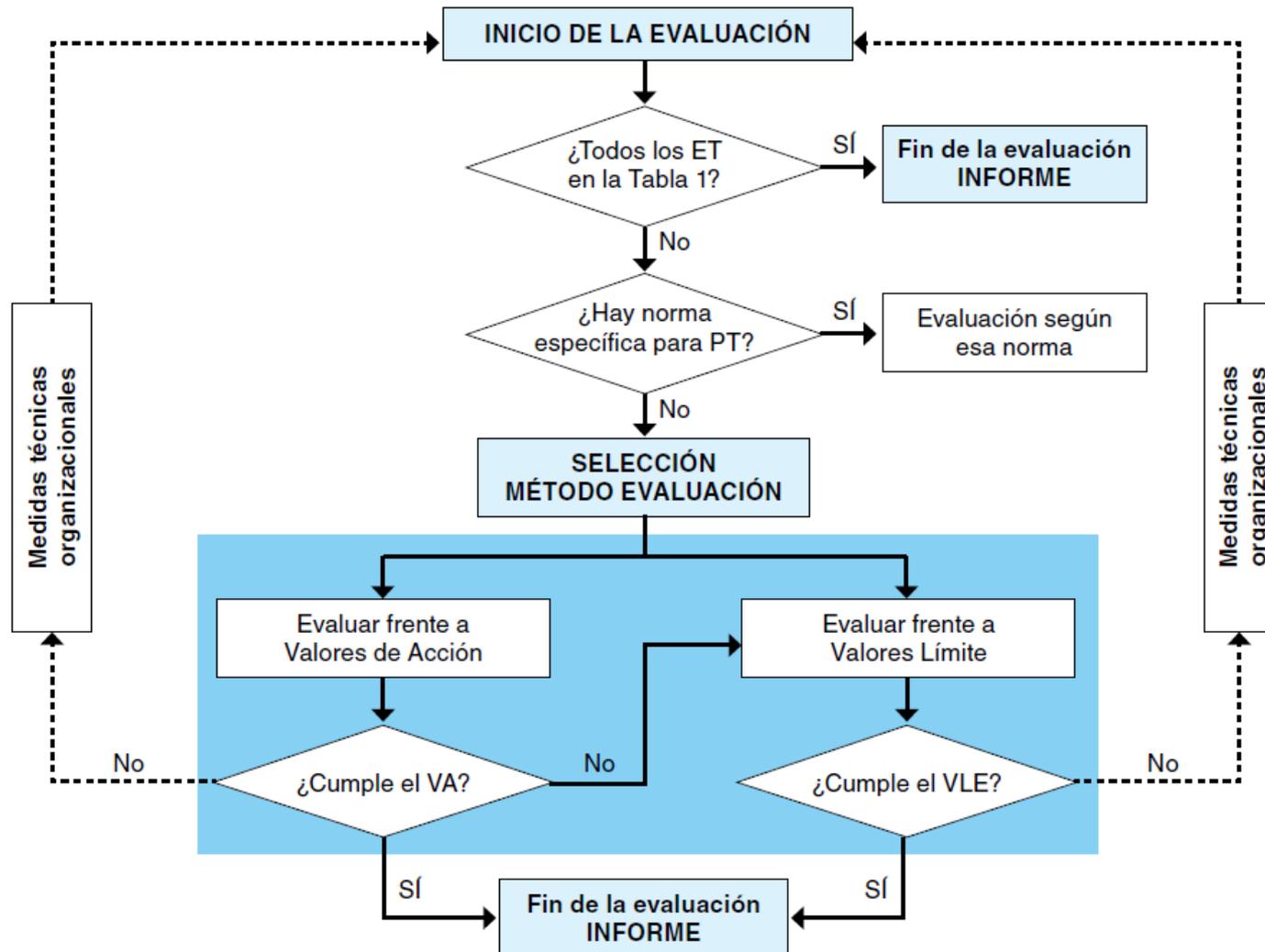
- La Directiva 2004/40/CE
- Recomendación 1999/519/CE, relativa a la protección del público en general, incorporada a nuestro derecho a través del Real Decreto 1066/2001.

Norma UNE-EN 50499

Evaluación de la exposición de los trabajadores

INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball



El proceso de evaluación debe complementarse o extenderse a los riesgos indirectos y para trabajadores especialmente sensibles (ver **Anexo A de la norma**). Así lo exige la **Directiva 2004/40/CE**

El primer paso es reunir información sobre el puesto de trabajo.

Identificación de todas las fuentes de emisión a las que puede estar expuesto el trabajador.

La norma establece (tabla 1) una relación de equipos y lugares de trabajo que cumplen con los criterios de exposición a CEM`s para público en general

ALGUNOS LUGARES DE TRABAJO Y EQUIPOS CONFORMES A PRIORI	
Lugares de trabajo abiertos al público general. (artículo 4.3 de la Directiva 2004/40/CE)	➔ Se consideran conformes los lugares de trabajo abiertos al público y conformes con la Recomendación 1999/519/CE.
Equipo con marcado CE evaluado utilizando las normas EMF armonizadas.	➔ El equipo tiene que estar instalado y utilizado de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes
Equipo puesto en el mercado europeo de conformidad con la Rec. 1999/519/CE, /.../, en particular de conformidad con sus normas armonizadas listadas en el DOUE.	➔ Algunos equipos puestos en el mercado también pueden ser conformes con la Rec.1999/519/CE a pesar de que no llevar el marcado CE, p.ej. si son una parte de una instalación.
Estaciones base para telefonía inalámbrica (por ejemplo WIFI)	➔ Limitado al equipo destinado a su utilización por público general
Ordenadores y equipos informáticos	
Teléfonos móviles e inalámbricos	

Cuando todos los equipos están en la tabla 1 y se utilizan según las instrucciones del fabricante el lugar de trabajo cumple con la Directiva 2004/40/CE y puede redactarse el informe de conformidad según modelo B.1 de la Norma

B.1 Formulario 1: Lugar de trabajo que contiene sólo equipo de la tabla 1

Información General

- Nombre y dirección de la empresa
- Fecha de la evaluación
- Equipo de evaluación (nombre de los participantes que toman parte en la evaluación)
- Dirección o localización del lugar de trabajo (es decir, diferentes emplazamientos de la empresa, número de la sala, ...)
- Breve descripción del lugar de trabajo y del equipo.

Evaluación

El lugar de trabajo contiene sólo equipo de la tabla 1

Especificar (por ejemplo, equipo de oficina): _____

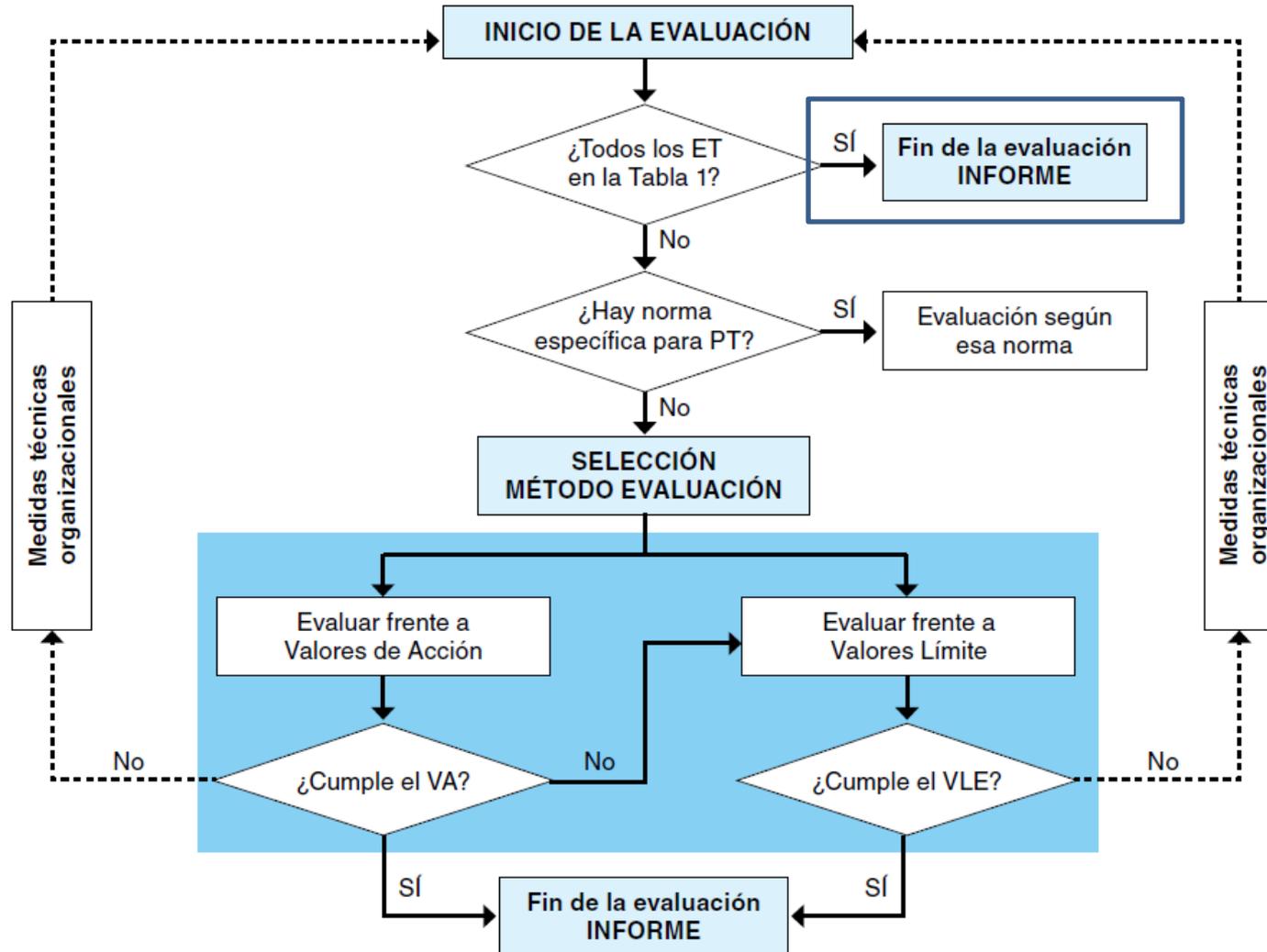
Conclusión

Lugar de trabajo conforme

Firmas del equipo de evaluación

Norma UNE-EN 50499

Evaluación de la exposición de los trabajadores



Si algún equipo no está en la tabla 1:

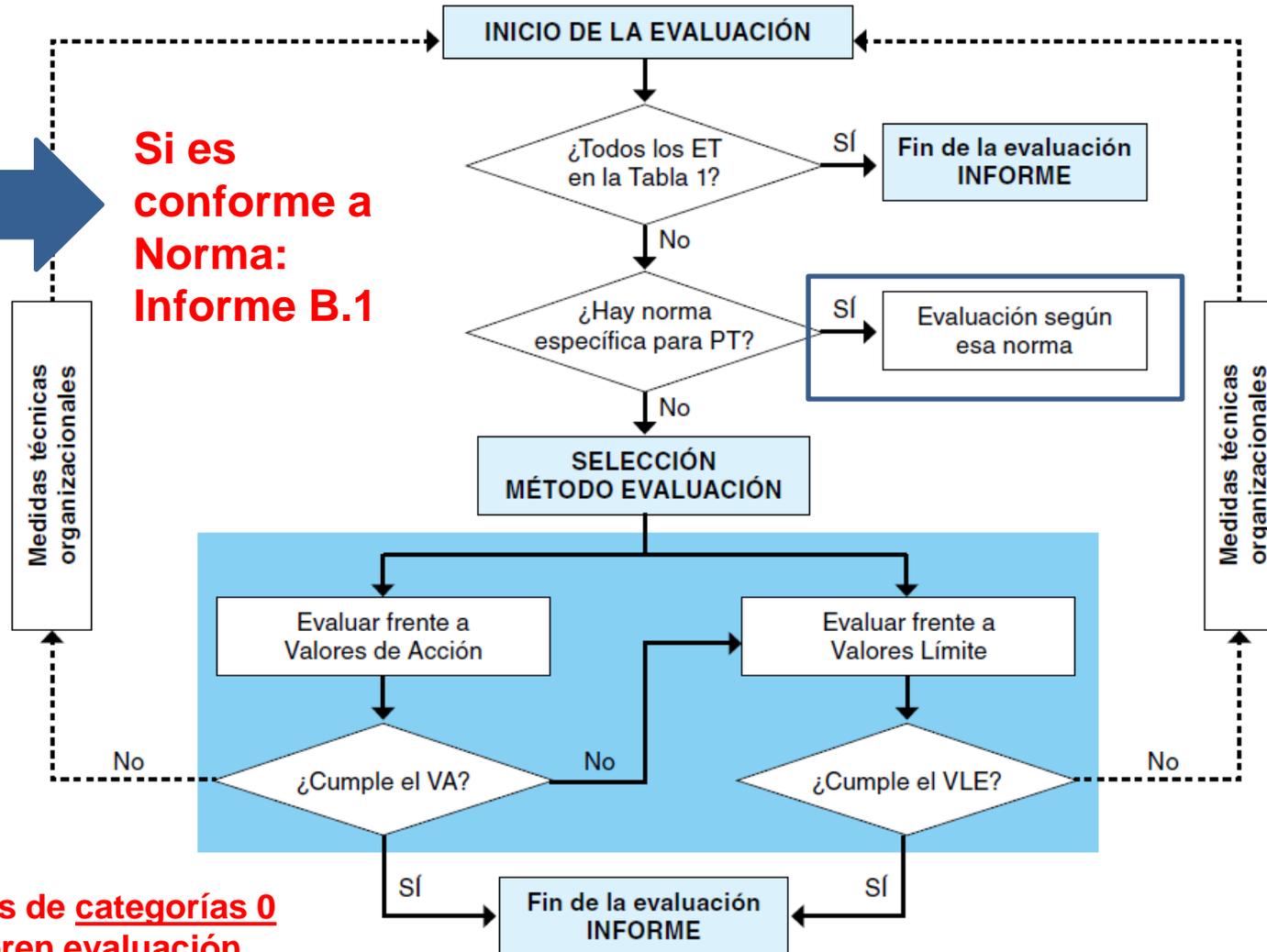
- Verificamos si hay **norma específica**. (**UNE-EN 215002 IN**)
- **Norma in situ**: especificación técnica que define los procedimientos de evaluación de un lugar determinado. Ejemplos:
 - **UNE-EN 50496:2009** “Determinación de la exposición de los trabajadores a CEM`s y evaluación de riesgos en un emplazamiento de radiodifusión”.
 - **EN 50527-1: 2010** “Evaluación de la exposición humana a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en los lugares de trabajo dentro de la gama de frecuencias de 0Hz a 300GHz, aplicable a personas que lleven dispositivo médico implantable activo (AIMD)”.
 - **EN 62110: 2009** “Procedimientos para medir los niveles de los campos eléctrico y magnético generados por sistemas de potencia en corriente alterna con relación a la exposición humana”.
- **Norma de puesta en servicio** de un producto en el sitio en el que se va a utilizar (todavía hay muy pocas). Ejemplos:
 - **UNE-EN 50360:2001** “Norma de producto para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (300 MHz-3GHz)”.
 - **EN 50519: 2010** “Evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos eléctricos y magnéticos emitidos por los equipos industriales de calentamiento por inducción”.
 - **UNE-EN 12198:2001** “Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas”

Norma UNE-EN 50499

Evaluación de la exposición de los trabajadores

INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball



Si es conforme a Norma: Informe B.1

Las máquinas de categorías 0 o 1 no requieren evaluación específica: son conformes

Cuando los equipos no son de la tabla 1 y no existe una norma específica de puesto de trabajo debe realizarse una evaluación más detallada mediante mediciones y/o cálculos de la exposición.

La UNE-EN 50499 proporciona una relación no exhaustiva en la tabla 2 que, probablemente requieran evaluaciones de riesgo específicas

Las **máquinas de categoría 2** también requieren una evaluación específica

ALGUNOS EQUIPOS DE TRABAJO QUE PUEDEN PRECISAR UNA EVALUACIÓN ESPECÍFICA	
Electrolisis Industrial	Ambos tipos, corriente continua y c. alterna.
Antenas de estaciones base	Solo si los trabajadores tienen acceso al interior del perímetro de seguridad definido con relación a los límites de público en general.
Diatermia	Todo equipo de tratamiento sanitario que utilice radiofrecuencias de la alta potencia promediadas en el tiempo. (>100 mW)
Radars	Típicamente el control de tráfico aéreo, militar, radares metereológicos y radares de larga distancia. (> 100 mW en RMS ó 20 W pico)
Transportes de tracción eléctrica: trenes y tranvías.	
Soldadura y fusión eléctricas.	
Calentamiento por inducción y Calentamiento dieléctrico.	

Figura 3. Extracto de la Tabla 2 de la UNE EN 50499

La evaluación más detallada de la exposición a CEM`s puede llevarse a cabo utilizando un método general de medición o cálculo basado en **normas genéricas** (las que deben cumplir los equipos para poder instalarse en los puestos de trabajo) o **básicas** (definen métodos de ensayo y son herramientas en las que se basan las demás normas) y en las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante.
(**UNE-EN 215002 IN**)

Ejemplos de normas genéricas:

- **UNE-EN 62311:2008** “Evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto de las restricciones relativas a la exposición de personas a los campos electromagnéticos (0Hz-300GHz)”.
- **EN 62493:2010** “Evaluación de los equipos de iluminación en relación a la exposición humana a los campos electromagnéticos”.

Ejemplos de normas básicas:

- **EN 50413:2008** “Norma básica para procedimientos de medición y cálculo de la exposición humana a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300GHz)”.
- **UNE-EN 50383:2005** “Norma básica para el cálculo y la medición de los campos electromagnéticos y de la SAR relativos a la exposición humana procedentes de las estaciones base de radio y de las estaciones fijas para sistemas de telecomunicación inalámbricos (110MHz-40GHz)”.

Los valores de exposición laboral medidos o calculados deben compararse:

- Bien frente a los valores que dan lugar a una acción (VA),
- Bien frente a los valores límite de exposición (VLE).

La conformidad con los VA garantiza el cumplimiento con los VLE. En este caso se redacta el informe B.2 de la norma.

La superación de los VA no implica necesariamente la superación de los VLE. Es preciso continuar la evaluación:

- Medidas de control para disminuir los niveles de exposición y volver a medir y comparar ó
- Evaluar otra vez comparando con los VLE

B.2 Formulario 2: Lugar de trabajo que requiere una evaluación detallada del riesgo

Información general

- Nombre y dirección de la empresa
- Fecha de la evaluación
- Equipo de evaluación (nombre de los participantes que toman parte en la evaluación)
- Dirección o localización del lugar de trabajo (es decir, diferentes localizaciones de la empresa, número de la sala, ...)

Evaluación

- Descripción detallada del lugar de trabajo/equipo (tipo, fabricante ...)
- Descripción detallada de las condiciones de trabajo (procesos de trabajo y tiempo de exposición, reglajes / ajustes de los equipos, localización del trabajador con relación al equipo, por ejemplo con un plano, ...)
- Normas en relación con el equipo (lista de normas utilizadas _____)
- Demostración de la conformidad:
 - Referencia al informe de cálculo y/o medición (conteniendo el tipo de equipo de medida, programa de cálculo, condiciones de medida, por ejemplo con planos)
 - Resultado de la medición o cálculo: _____
 - Incertidumbre: _____
 - Valores de exposición que dan lugar a una acción o valores límite de exposición utilizados: _____
 - Los niveles de exposición de los trabajadores medidos: _____
 - Descripción detallada de las medidas tomadas a fin de obtener la conformidad, si procede:

- ¿Hay medidas de protección particulares necesarias para los trabajadores con implantes sanitarios?

Conclusión

Lugar de trabajo conforme



Firmas del equipo de evaluación

norma española

UNE-EN 12198-1:2001+A1

Diciembre 2008

TÍTULO

Seguridad de las máquinas

Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones
emitidas por las máquinas

Parte 1: Principios generales

La norma da orientaciones a los fabricantes y a los que elaboran normas de tipo C, sobre cómo identificar las radiaciones emitidas por las máquinas, cómo determinar su magnitud, cómo estimar los riesgos y qué medidas se pueden utilizar para evitar o reducir las radiaciones emitidas por las máquinas.

La norma trata de la emisión de todos los tipos de radiaciones electromagnéticas no ionizantes. **Excluye las emisiones de radiación láser.**

La norma exige que el fabricante clasifique sus máquinas en una categoría (0, 1 y 2) de emisión de radiación.

Norma UNE-EN 12198

Evaluación y reducción de riesgos por las rad. de las máquinas

INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Categorías 0 o 1: Puede redactarse informe de conformidad B.1 UNE-EN 50499. En categ. 1 puede utilizarse alguna restricción y se debe informar a los trabajadores. **CUMPLEN CON LA DIRECTIVA 2004/40/CE.**

Categoría 2: Serán necesarias restricciones, medidas de seguridad, formación e información y evaluar de nuevo **antes de elaborar el informe de conformidad B.2** UNE-EN 50499.

Categoría	Restricciones y medidas de seguridad	Información y formación
0	Ninguna restricción	No es necesaria ninguna información
1	Restricciones: limitación de acceso, pueden ser necesarias medidas de seguridad	Información sobre los peligros, los riesgos y los efectos secundarios
2	Restricciones especiales y medidas de seguridad indispensables	Información sobre los peligros, los riesgos y los efectos secundarios; puede ser necesaria formación

Requisitos de la norma:

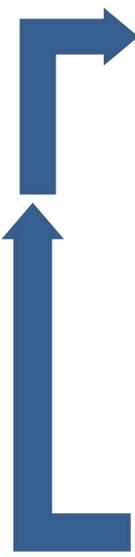
Emisión de radiación de tipo funcional: la emitida por una máquina, necesaria para su funcionamiento en la zona de trabajo (p.e., los haces utilizados para la medición de espesores). Se deben **limitar al nivel más bajo** para el buen funcionamiento de la máquina.

Emisión de radiación indeseable: cualquier emisión de radiación, distinta de la de tipo funcional, emitida en cualquier dirección fuera de la zona de trabajo. (p.e. las fugas de radiación de una máquina de imprenta en la que las tintas de impresión se polimerizan mediante radiaciones ultravioletas)

Deberían evitarse las radiaciones indeseables, **de no ser posible**, el nivel de emisión se debería **reducir a valores** correspondientes a la **CATEGORÍA 0**. Si se superan los valores de esta categoría, se deben aplicar medidas de seguridad apropiadas.

Actuación prevista en la norma:

De forma general, el proceso consiste en:

- 
- Una **evaluación inicial de los riesgos** debidos a la emisión de todo tipo de radiaciones.
 - La **aplicación de medidas apropiadas para eliminar o reducir** las emisiones de radiación, con el fin de satisfacer los requisitos de **emisión de la norma**. **El fabricante debe tomar las medidas de protección adecuadas para satisfacer los requisitos**. Si éstas no son suficientes, el usuario de la máquina aplicará medidas de protección adicionales según la información que le aporte el fabricante
 - La **verificación del cumplimiento** de los **requisitos** de anteriores.

Evaluación de riesgos:

– La evaluación consiste en:

- **Identificación de las emisiones de radiación** (fuentes, tipo de radiación, nivel de emisión aproximado, etc.).
- **Medición o estudio predictivo detallado de los niveles de emisión** en todos los puntos en los que pueden estar expuestos los trabajadores durante la utilización normal.
- **Identificación de los niveles de emisión más elevados** para cada tipo de radiación, durante todas las fases de utilización de la máquina. También debe tenerse en cuenta el mal uso razonablemente previsible durante estas fases.

Como conclusión, se asigna a la máquina una categoría de emisión global.

La categoría global asignada es la más alta de las categorías asignadas a todos los diferentes tipos de emisión durante las fases de reglaje, funcionamiento y limpieza de la máquina

Asignación de categorías: (campos y ondas eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz))

Si los valores de campo medidos no sobrepasan los valores de la siguiente tabla, la categoría de la emisión es 0.

(Valores eficaces, campos no perturbados)

Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E [V·m ⁻¹]	Intensidad de campo magnético H [A·m ⁻¹]	Inducción magnética B [μT]	Densidad de potencia equivalente P_{eq} [W·m ⁻²]
1 a 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	–
8 a 25 Hz	10 000	$4 000/f$	$5 000/f$	–
0,025 a 0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	–
0,8 a 1 kHz	$50/f$	5	6,25	–
3 a 150 kHz	87	5	6,25	–
0,15 a 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	–
1 a 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	–
10 a 400 MHz	27,5	0,073	0,092	2
400 a 2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,003 7 f^{1/2}$	$0,004 6 f^{1/2}$	$f/200$
2 a 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Coincide con los valores de referencia del RD 1066/2001 para la protección del público en general

Para calcular los valores que dependen de la frecuencia, tomar f de la primera columna.

Norma UNE-EN 12198

Evaluación y reducción de riesgos por las rad. de las máquinas

Si los valores de campo medidos están comprendidos entre la tabla anterior y la siguiente, la categoría de la emisión de radiación es **1**.

(Valores eficaces, campos no perturbados)

Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E [V·m ⁻¹]	Intensidad de campo magnético H [A·m ⁻¹]	Inducción magnética B [μT]	Densidad de potencia equivalente P_{eq} [W·m ⁻²]
1 a 8 Hz	20 000	$1,63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	–
8 a 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^4/f$	–
0,025 a 0,82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	–
0,82 a 65 kHz	610	24,4	30,7	–
0,065 a 1 MHz	610	$1,6/f$	$2,0/f$	–
1 a 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	$2,0/f$	–
10 a 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 a 2 000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	$f/40$
2 a 300 GHz	137	0,36	0,45	50

Coincide con los VA de la Directiva 2004/40/CE

Para calcular los valores que dependen de la frecuencia, tomar f de la primera columna.

Norma UNE-EN 12198

Evaluación y reducción de riesgos por las rad. de las máquinas

Si los valores de campo medidos son superiores a los de la tabla anterior, la categoría de la emisión de radiación es 2.

(Valores eficaces, campos no perturbados)

Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E [V·m ⁻¹]	Intensidad de campo magnético H [A·m ⁻¹]	Inducción magnética B [μT]	Densidad de potencia equivalente P_{eq} [W·m ⁻²]
1 a 8 Hz	20 000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	–
8 a 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	–
0,025 a 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	–
0,82 a 65 kHz	610	24,4	30,7	–
0,065 a 1 MHz	610	$1,6 / f$	$2,0 / f$	–
1 a 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	$2,0 / f$	–
10 a 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 a 2 000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	$f / 40$
2 a 300 GHz	137	0,36	0,45	50

Para calcular los valores que dependen de la frecuencia, tomar f de la primera columna.

Medidas de protección para eliminar o reducir los riesgos:

El fabricante debe tomar las medidas de protección adecuadas para satisfacer los requisitos. Si éstas no son suficientes, el usuario de la máquina aplicará medidas de protección adicionales según la información que le aporte el fabricante

- **Categoría 0:** No es necesario aplicar medidas de protección particulares.
- **Categoría 1:** El fabricante debe especificar en la información para la utilización las **medidas de protección apropiadas que se deben aplicar**, conforme al expediente técnico de la máquina y la información sobre los **niveles de emisión de radiación residuales** en diferentes zonas alrededor de la máquina.
- **Categoría 2:** Son **necesarias medidas de protección** que dependen del nivel de emisión, de la manera de utilizar la máquina y de otros factores. Se debe suministrar **información sobre los peligros, los riesgos y los efectos secundarios. Puede ser necesaria formación.**

Al seleccionar el fabricante las medidas apropiadas, se seguirá el siguiente orden:

- **Eliminar o evitar** los riesgos por diseño.
- **Reducción de la emisión** (reducción de la potencia radiada).
- **Reducción por apantallamiento** u otros medios técnicos.
- **Reducción de la exposición** mediante separación entre la unidad de tratamiento y la unidad de mando.
- **Informar a los usuarios de los riesgos residuales** e indicar las medidas suplementarias necesarias.

El **Anexo C de la UNE-EN 12198-1** recoge una lista de posibles medidas.

La **UNE-EN 12198-3** trata la reducción de radiaciones mediante atenuación o apantallamiento

norma
española

UNE-EN 12198-3:2003+A1

Diciembre 2008

TÍTULO

Seguridad de las máquinas

Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas

Parte 3: Reducción de radiaciones mediante atenuación o apantallamiento

Eliminación de la exposición:

- Eliminar las fuentes de radiación.
- Encerrar totalmente los procesos y los sistemas de manipulación.

Reducción de la emisión de radiación:

- Sistemas cerrados de manipulación de materiales.
- Prevención de fugas y de emisiones de radiación incontroladas.
- Apantallamiento, separación, filtrado. (resguardos de apantallamiento fijos o asociados a dispositivos de enclavamiento)
- Puesta a tierra. (para evitar corrientes de contacto)
- Control del proceso, por ejemplo, utilizando dispositivos de medida de la radiación asociados a sistemas de enclavamiento.

Reducción de la exposición mediante gestión del personal o mediante separación del material:

- Prohibición de acceso a las zonas sometidas a la radiación, si este acceso no es rigurosamente necesario.
- Separación de operaciones peligrosas y no peligrosas, por ejemplo, envolventes parciales, particiones o edificios separados.
- Procesos controlados a distancia o automáticos.
- Reducción del tiempo de exposición.
- Aumento de la distancia entre la máquina y el operador.

Información sobre los riesgos residuales y otras medidas:

- Información sobre el **tipo y nivel de la emisión de radiación residual**.
- Información sobre los equipos de protección individual apropiados.
- Información adecuada sobre la **formación y adiestramiento del personal apropiado**.
- Información sobre los posibles **peligros debidos a efectos secundarios** de las radiaciones, por ejemplo:
 - **Perturbación de estimuladores cardíacos y de otros implantes médicos electrónicos activos.**
 - **Producción de ozono o de otras sustancias peligrosas.**
 - **Peligros debidos a interferencias electromagnéticas con otros equipos electrónicos próximos.**

Verificación del cumplimiento de los requisitos:

La verificación del cumplimiento de requisitos consta de:

- Medición conforme a UNE-EN 12198-2.
- Comparación de resultados con los requisitos previstos en la norma.
- Establecimiento de la categoría final de emisión global.

Información para la utilización y mantenimiento:

- El fabricante debe precisar el uso previsto de la máquina, categoría de emisión de radiación y **procedimientos operativos. Nivel de competencia** a adquirir mediante formación.
- De acuerdo con la categoría de emisión, la información debe contener una de las declaraciones siguientes:
 - **Categoría 0:** *“No se necesitan medidas de protección adicionales cuando la máquina se utiliza sola. En los demás casos (si dos o más máquinas irradian sobre el mismo punto) pueden ser necesarias restricciones y/o medidas de protección adicionales”.*
 - **Categoría 1:** *“No son necesarias restricciones si la máquina se utiliza sola en el puesto de trabajo. En los demás casos pueden ser necesarias restricciones y/o medidas de protección adicionales”.*
 - **Categoría 2:** *“Se deben adoptar medidas de seguridad apropiadas”.*
- Si la máquina está provista de los medios para reducir las emisiones, el fabricante debe suministrar información sobre su correcta utilización y los factores que pueden afectar adversamente a sus prestaciones.

Información para la utilización y mantenimiento (cont.):

- Si la máquina no está provista de los medios para reducir las emisiones, el fabricante debe especificar los métodos de reducción apropiados y de eficacia probada.
- El fabricante debe proporcionar información sobre la necesidad de utilizar equipos de protección individual. En caso necesario, el fabricante debe dar detalles sobre el tipo de equipos.
- Debe proporcionar instrucciones apropiadas para realizar el mantenimiento sin riesgo para la salud.
- Especialmente, cuando durante el mantenimiento haya que retirar elementos de protección incorporados a la máquina (pantallas, resguardos, etc.) se deben dar instrucciones sobre las medidas de protección alternativas apropiadas.
- El fabricante debe indicar si es necesario medir los niveles de emisión de radiación antes de volver al funcionamiento normal de la máquina.

Marcado:

Las máquinas clasificadas en las categorías 1 y 2 deben estar marcadas:



Emisión de campo magnético
Categoría 1
(EN 12198)

Figura 1 – Señal de seguridad para las emisiones de campo magnético de categoría 1



Emisión electromagnética
Categoría 2
(EN 12198)

Figura 2 – Señal de seguridad para las emisiones electromagnéticas de categoría 2

Medición de radiaciones:

Puntos de medición : (UNE-EN12198-2 “Procedimientos de medición”)

- Se deben especificar **suficientes puntos (en número y posición)** en los que hay que realizar la medición alrededor de la máquina. Se deben especificar todos los puntos de medición de manera que estén unívocamente identificados.
- La densidad de potencia de las radiaciones de radiofrecuencia o la intensidad de los campos eléctricos y/o magnéticos se deben **medir a una distancia de 0,25 metros** de la superficie accesible de la máquina.
- Si la posición de la emisión de radiación máxima está a una distancia superior a 0,25 metros, entonces la medición se realizará en el punto en el que se produce la máxima emisión.
- Si existen aberturas en la estructura de protección, en las que los operadores puedan introducir partes del cuerpo, las mediciones se realizarán en el interior de la zona accesible.
- Si los operadores deben mirar en el interior de la estructura de protección a través de ventanas o de dispositivos ópticos instalados, se deben hacer mediciones en la posición del ojo.

Puntos de medición de radiaciones: **(UNE-EN12198-2)**

Si resulta pertinente, se deben realizar mediciones complementarias en los puntos siguientes:

- En las posiciones de trabajo del operador o en las posiciones en las que puede haber personas en el campo de radiación alrededor de la máquina.
- En los puntos en los que se puede producir una fuga de radiación p.e., penetraciones a través de pantallas, juntas, etc.
- Sobre la superficie de la estructura de protección de la máquina.

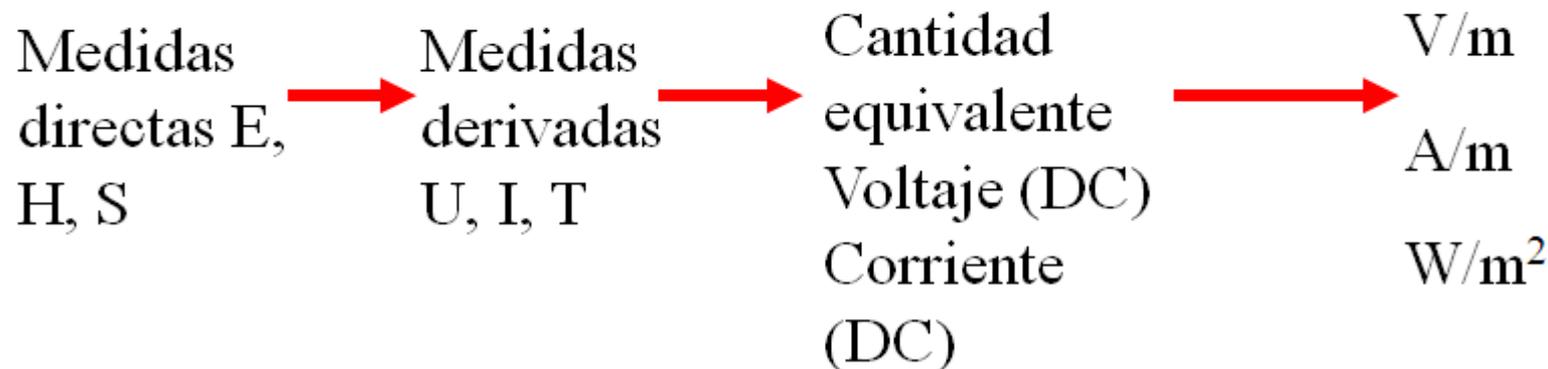
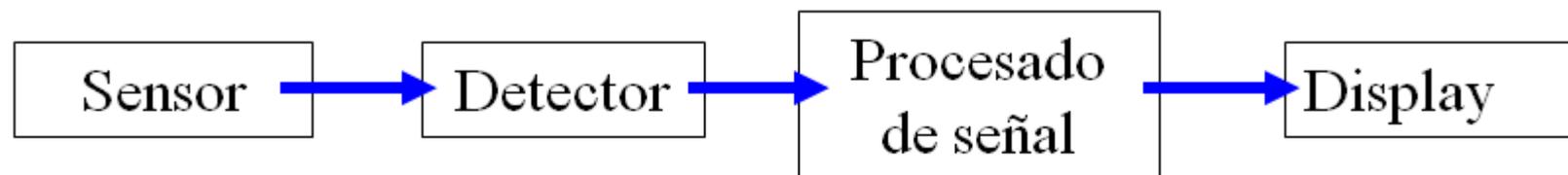
Los resultados de las mediciones se deben registrar en un informe.

2 tipos de medidas de campos electromagnéticos:

- **Medidas dosimétricas**: útiles para establecer la energía absorbida por el cuerpo humano al estar expuesto a la radiación. Los efectos biológicos de los CEM están ligados a la cantidad de energía absorbida por el sistema biológico durante la exposición (se miden en términos de SAR o de densidad de corriente, en función de la frecuencia de la radiación).
- **Medidas de exposición**: útiles para caracterizar el campo electromagnético al que el cuerpo está expuesto. Se miden en términos de V/m, A/m, T, mW/cm², W/m². Normalmente la intensidad de los CEM`s se mide indirectamente empleando las magnitudes anteriores.

Selección de equipos de medida de la exposición a CEM`s

Diseño básico:



Tipos: Los Campos Electromagnéticos se pueden medir de dos formas diferentes:

- **Banda ancha**: con equipos que, dentro de un determinado margen, tienen una respuesta independiente de la frecuencia. Estos equipos no facilitan información de la frecuencia de una o más fuentes.
 - **Equipos de banda ancha**: miden en un rango de frecuencia.
- **Banda estrecha**: con equipos que dan una indicación precisa de la frecuencia de la fuente.
 - **Equipos selectivos**: miden en una frecuencia determinada.

Utilizaremos equipos de banda ancha cuando:

- Midamos frecuencias individuales.
- Aún existiendo diferentes frecuencias (ambiente multifrecuencia) éstas actúan de forma individual.
- Se deban realizar medidas de los campos emitidos por más de una fuente de características desconocidas.

Normalmente estos equipos suelen ser isotrópicos, es decir, el valor RMS de la intensidad de campo se obtiene a partir del módulo del vector campo:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad \text{AVG} = \frac{1}{T} \int_0^T |E(t)| dt \quad \text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T |E(t)|^2 dt}$$

No es necesario medir en cada una de las tres direcciones.

Si se quiere hacer una medición distinguiendo frecuencias debe utilizarse un equipo que permita la medición en banda estrecha

Selección de equipos de medida de la exposición a CEM`s

Antes de proceder a la medida, es necesario definir la extensión de la región: de campo cercano y campo lejano de la fuente.

La Norma UNE-EN 12198-1 (anexo B) indica que: *“En condiciones de campo próximo ($f < 300$ MHz), la intensidad de campo eléctrico E y la intensidad de campo magnético H (correspondiente a la inducción magnética B), se deben medir por separado y ambas deben satisfacer los requisitos de la norma.*

En campo lejano bastaría con medir E ó H ó S , ya que en esta región todas ellas se relacionan según:

$$S = E \times H = E^2 / 377 = 377 H^2$$

Medidor portátil PMM8053

INVASSAT

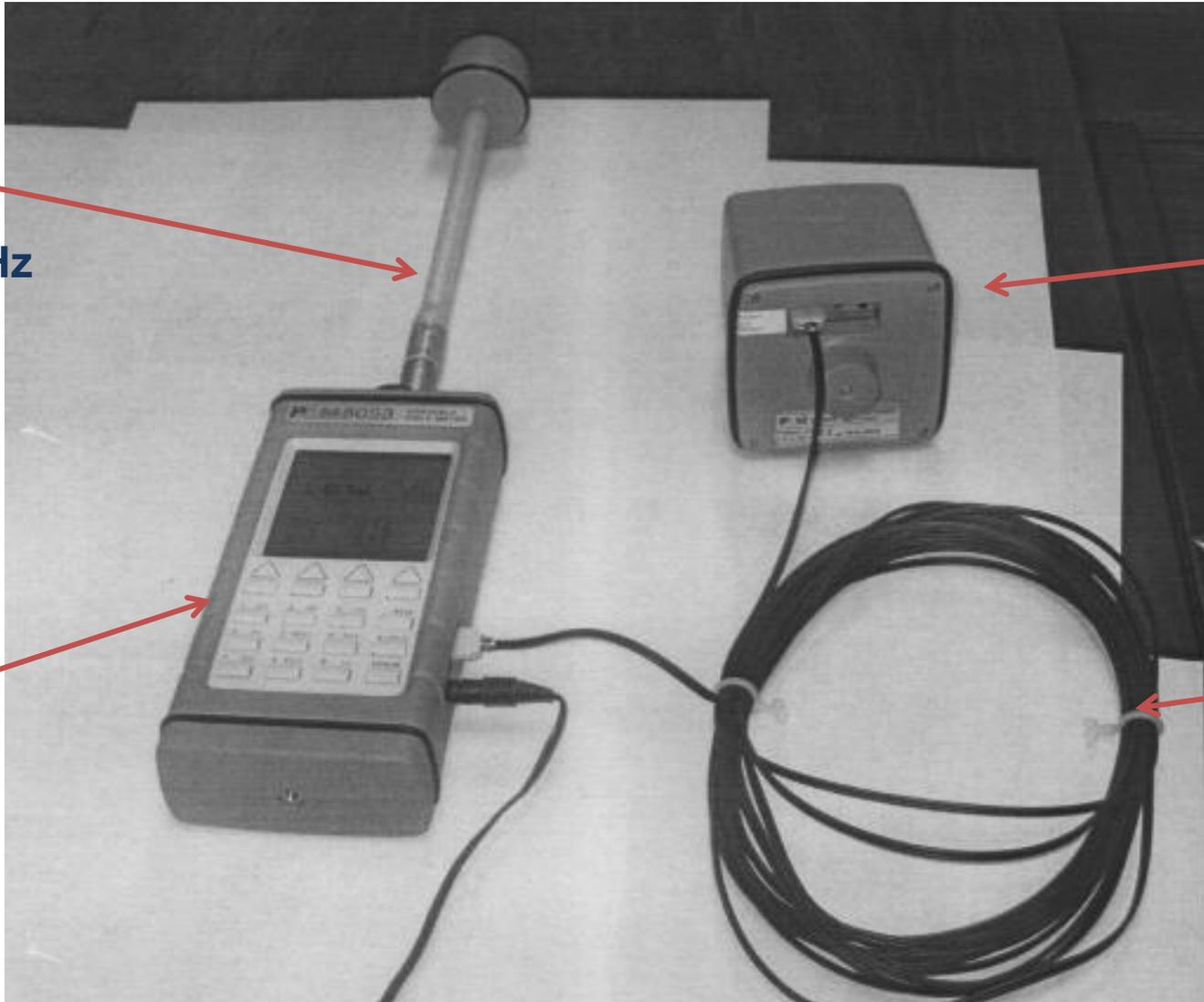
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Sonda de
campo
eléctrico
100KHz-3GHz

Sonda de
E y H de
5Hz a
100KHz

Medidor
portátil de
campos

Cable
de fibra
óptica



Medidor portátil PMM8053

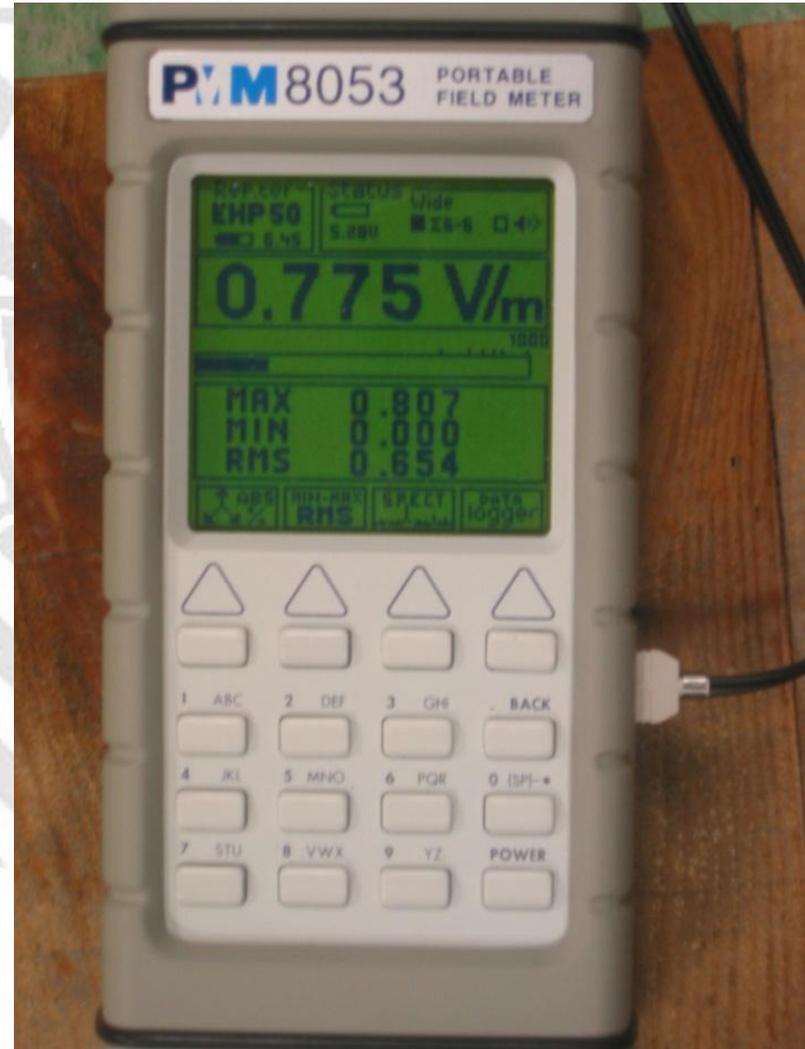
INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

El equipo PMM8053 es un sistema de medida ampliable para medidas de campo eléctrico y magnético

Compuesto por:

- **Sondas de campo eléctrico y magnético.**
- **Unidad de medida portátil.**

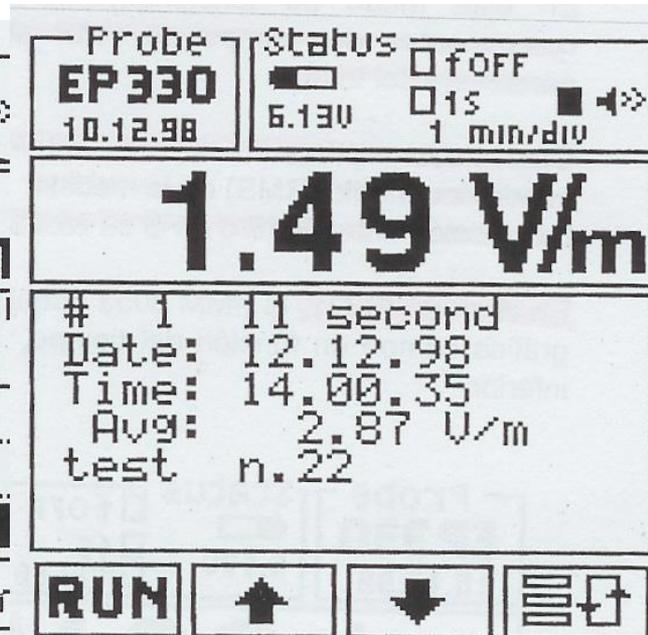
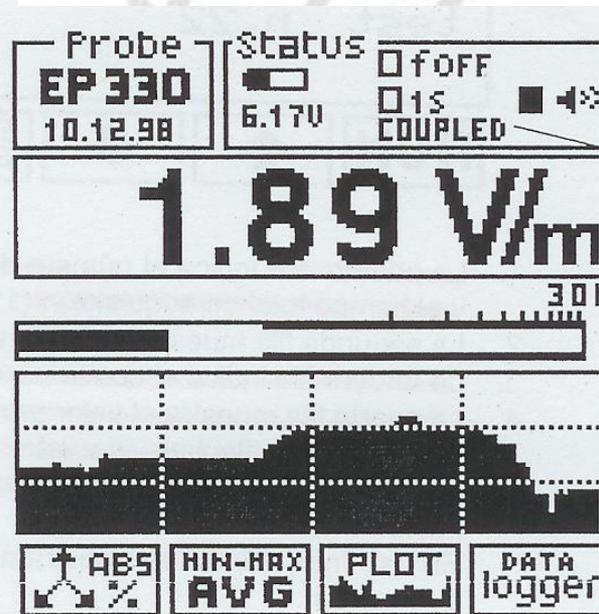
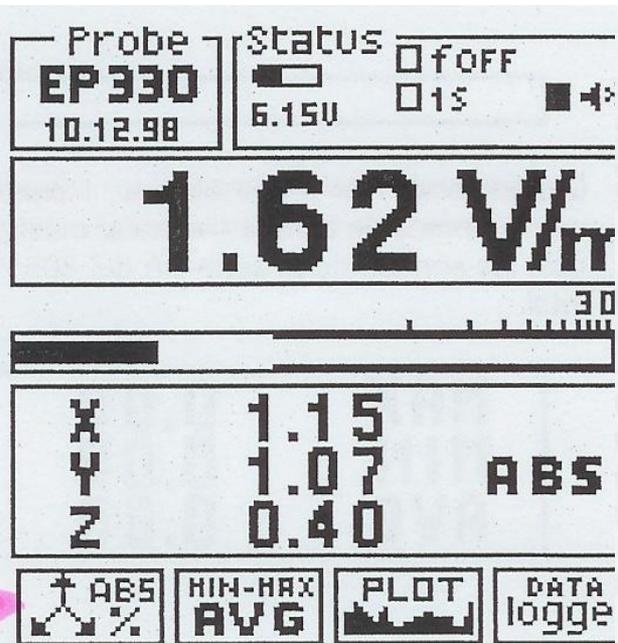


Medidor portátil PMM8053

INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

TECLA MODE



Medidor portátil PMM8053

INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Sondas de campo:

• Sonda de campo eléctrico EP-330:

- 100KHz – 3GHz.
- 0,3 V/m – 300 V/m.

• Analizador de campo eléctrico y magnético

EHP50A:

- 5Hz – 100KHz
- 0,1 V/m – 100 KV/m.
- 10 nT – 10 mT



Analizador EHP50-A

El analizador lleva a cabo dos modos principales de medida:

- **Wideband:** mide todas las componentes del espectro (Span) seleccionado: 100Hz, 200Hz, 500 Hz, 1KHz, 2KHz, 10KHz o 100KHz.
- **Highest:** mide únicamente el nivel más alto dentro del span seleccionado (la frecuencia se indica en el campo Status).

La selección entre ambos modos se realiza entrando en **SET: Freq: Wideband o Highest.**

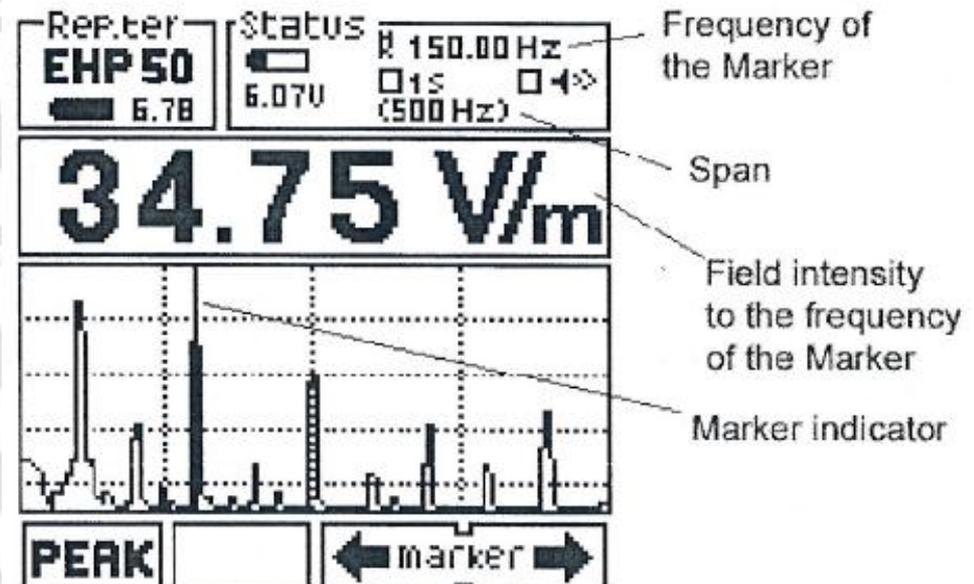
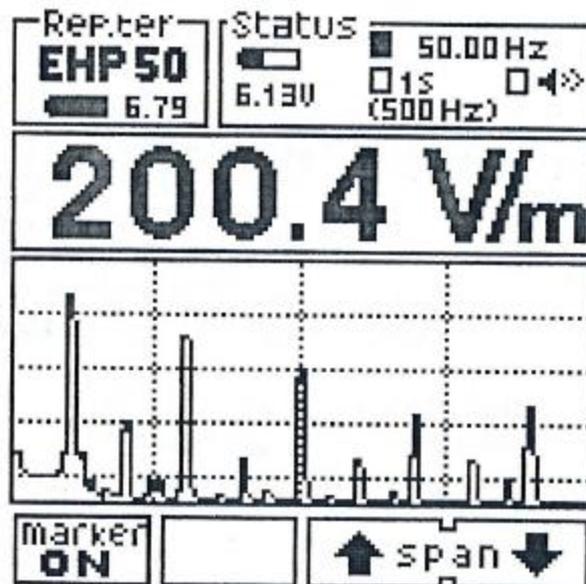
Permite 4 modos de funcionamiento:

- **ABS %.**
- **Min-Máx AVG, Min-Máx RMS.**
- **SPECT.**
- **Data Logger**



MODO ESPECT

SPECT



INVASSAT

Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Muchas gracias
por su atención

www.invassat.gva.es

SEDE CASTELLÓN



SEDE ALICANTE



SEDE VALENCIA / SERVICIOS CENTRALES



GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'ECONOMIA, INDÚSTRIA, TURISME I OCUPACIÓ