

Selección básica de Normas CEM

Artículo cedido por Cemdal



www.cemdal.com



Autor: Francesc Daura Luna, Ingeniero Industrial. Director de la Consultoría CEMDAL. Representante de CFC para España y Portugal. www.cemdal.com
fdaura@cemdal.com
www.cfcele.com

Cuando decidimos desarrollar un nuevo producto el primer paso es escribir sus especificaciones. En estas especificaciones se definen las funciones que va a tener. Esto es lo primero que se especifica. Luego se redacta todo el conjunto de características técnicas que debe cumplir para poder funcionar correctamente. Bastantes empresas se quedan este punto sin darse cuenta que las especificaciones del nuevo producto están incompletas. Cualquier producto electrónico que deba ser vendido en la UE, deberá llevar el Marcado CE. Para insertar la etiqueta del Marcado CE, el producto debe ser conforme con varias Directivas europeas de obligado cumplimiento. Recordar que una Directiva es una ley europea. Un producto electrónico genérico, que no sea considerado una máquina debe ser conforme como mínimo con cuatro directivas:

- Directiva de compatibilidad electromagnética (EMC: "Electromagnetic Compatibility") 2014/30/UE
- Directiva de baja tensión (LVD: "Low Voltage Directive") 2014/35/UE
- Directiva de sustancias prohibidas (RoHS: "Restriction of Hazardous Substances directive") 2011/65/UE
- Directiva de reciclado (WEEE: "Waste Electrical & Electronic Equipment") 2012/19/UE

Se debe averiguar si se debe aplicar alguna Directiva adicional específica de producto. Por ejemplo, los equipos médicos están cubiertos por una de sus tres Directivas específicas de producto:

- Directiva de productos sanitarios (MDD: "Medical Devices Directive") 93/42 / CEE.
- Directiva de productos sanitarios implantables activos (AIMD: "Active Implantable Medical Devices") 90/385 / CEE.
- Directiva de productos sanitarios para diagnóstico in vitro (IVDD: "In Vitro Diagnostic medical Devices") 98/79 / CE.

Otro ejemplo: las máquinas deben ser conformes con la Directiva de se-

guridad de máquinas 2006/42/CE. Se debe saber, para cada tipo de producto, qué Directivas debe aplicar para ser conforme para poder obtener correctamente la etiqueta del Marcado CE. Si el nuevo producto incorpora algún módulo de RF (radiofrecuencia) se debería analizar si aplica o no la nueva directiva de equipos radioeléctricos (RED: "Radio Equipment Directive") 2014/53/UE. En esta web se encuentran todas las Directivas de la UE: <http://bit.ly/2ouMB7b>

Cabe reseñar que otros sectores tienen sus propias regulaciones. La automoción se rige por la Regulación 10 (Marca-e) de la UNECE ("United Nations Economic Commission for Europe") que deroga la antigua Directiva de CEM para automoción 2004/104/CE. Los ferrocarriles, la aviación o la defensa tienen sus normas específicas.

Las normas armonizadas

Para ser conforme con las Directivas, el nuevo producto debe someterse a una serie de pruebas establecidas en unas normas. Es decir, conviene preparar un plan de ensayos para el nuevo producto. De esta forma, el diseñador puede ir mejor orientado para saber los límites que deberá cumplir el nuevo producto. Muchas veces estas normas no se explicitan en las Directivas y el diseñador debe saber seleccionar las normas más adecuadas. Hay varias formas de seleccionar estas normas. Una es seleccionarlas de las listas de normas armonizadas. Una norma armonizada es una especificación técnica, de cumplimiento no obligatorio (salvo que en alguna disposición legal se prescriba el obligado cumplimiento de alguna de ellas), que ha sido aprobada por un Organismo Europeo de Normalización (CEN, CENELEC, etc.), elaborada bajo un mandato de la Comisión Europea y publicado en el D.O.U.E (Diario Oficial de la Unión Europea). Estas normas armonizadas tienen en España, habitualmente la codificación UNE-EN. Las Normas armonizadas ayudaran al fabricante a asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos por las Di-

rectivas. Para que todo sea más fácil es aconsejable evitar las normas no armonizadas, aunque también se pueden usar.

Las normas y publicaciones conexas son directrices voluntarias por las que se establecen especificaciones técnicas aplicables a los productos, servicios y procesos. Las normas las elaboran unas organizaciones privadas de normalización, generalmente por iniciativa de los interesados que ven la necesidad de aplicarlas. Aunque las normas como tales son voluntarias, aplicarlas demuestra que los productos y servicios poseen un cierto nivel de calidad, seguridad y fiabilidad.

En algunos casos, la legislación hace referencia a las normas como medio privilegiado, o incluso obligatorio, para dar cumplimiento a disposiciones específicas (por ejemplo en referencia a la seguridad). Las normas armonizadas referentes a productos eléctricos y electrónicos están referenciadas en la web de Cenelec: www.cenelec.eu. En esta web de la UE se puede encontrar una completa lista de normas de CEM: <http://bit.ly/2p2MvBt>

Todas las normas de CEM

Centrándonos en las normas de compatibilidad electromagnética (CEM), existen 241 normas armonizadas de CEM y 300 normas no armonizadas de CEM. Seleccionar una lista de normas armonizadas de CEM que sean adecuadas para el nuevo producto electrónico puede ser difícil para un diseñador no habituado a usarlas. Por ello tiene tres modos distintos para confeccionar la lista de normas de CEM:

- Ver las normas que cumple el producto más similar de la competencia y analizar si aplican a nuestro nuevo producto
- Solicitar una oferta de Mercado CE a un laboratorio de CEM, acordando juntos la lista de normas a cumplir
- Solicitar ayuda a un consultor experto en CEM para acordar juntos la lista de normas a cumplir

La confección de la lista de normas de CEM se debe realizar con criterio propio, analizando sus consecuencias y no es aconsejable seguir a ciegas lo que determine la lista pública del Mercado CE del producto de la competencia. Puede ser incorrecta, ya que la competencia puede estar equivocada.

El objetivo del buen diseño de CEM es evitar o minimizar la influencia de los fenómenos electromagnéticos en un dispositivo, equipo o sistema. Para ello, los métodos de medición, así como los límites y niveles de emisión electromagnética y de inmunidad electromagnética, se definen en las normas correspondientes. En consecuencia, antes de empezar el diseño es necesario conocer la lista de normas que deberá cumplir el nuevo producto. Conociendo la lista de normas de CEM sabremos los objetivos electromagnéticos a los que deberá llegar el nuevo producto. Es decir, deberemos entender el nivel de exigencia de los límites de las normas. Sin saber estos límites difícilmente realizaremos un buen diseño para evitar problemas de CEM. Las Publicaciones y normas de CEM, desarrolladas por la IEC y otros organismos de normalización, se pueden dividir en cuatro categorías generales:

- Normas genéricas de CEM
- Publicaciones básicas de CEM
- Normas de CEM para familia de productos
- Normas de CEM de producto

Publicaciones básicas de CEM

Las publicaciones básicas de CEM especifican las condiciones generales y fundamentales, así como las reglas y técnicas de medición y de prueba para la verificación de la CEM y sirven como documentos de referencia para los comités de normalización de productos. Las Publicaciones básicas de CEM se refieren a la información general, a los fenómenos perturbadores y a las mediciones o técnicas de prueba. Son normas generales o informes técnicos y no están dedicados a familias de producto o a productos. No deben incluir los límites prescritos y las prestaciones relacionadas, al estar cubiertos por las normas genéricas, las normas para familia de productos o las normas de producto.

Normas genéricas de CEM

Las normas genéricas de CEM especifican los requisitos para los productos y sistemas que operan en entornos residenciales o industriales. Se aplican a productos para los que no hay normas de CEM para su familia de productos o normas de CEM de producto dedicadas. Las normas de CEM para familia de productos tienen prioridad sobre las normas genéricas de CEM y las normas de CEM de producto tienen prioridad sobre las normas de CEM para familia de productos.

Las normas genéricas de CEM pueden considerarse normas generales de producto, en las que se especifican un número limitado de pruebas esenciales de emisión y de inmunidad, niveles máximos de emisiones y niveles mínimos de inmunidad con un criterio de rendimiento asignado.

Pero es aconsejable consultar las normas básicas de CEM para la medición detallada y los métodos de prueba. Más adelante veremos más detalles. La figura 1 muestra un resumen de las normas genéricas de emisión y la figura 2 muestra un resumen de las normas genéricas de inmunidad.

	EN 61000-6-3 / EN 50081-1: CEM - Normas genéricas - Norma de emisiones para entornos residenciales, comerciales y entornos industriales ligeros	EN 61000-6-4 / EN 50082-2: CEM - Normas genéricas - Norma de emisiones para entornos industriales		
Puerto	Norma básica referenciada	Rango frecuencial y criterio de desempeño requerido	Norma básica referenciada	Rango frecuencial y criterio de desempeño requerido
Envoltura (radiadas)	CISPR 22 / EN 55022	30 ... 1000 MHz, clase B	CISPR 11 / EN 55011	30 ... 1000 MHz, grupo 1, clase A
		0,15 ... 30 MHz, clase B		0,15 ... 30 MHz, grupo 1, clase A
red CA (conducidas)	EN 61000-3-2 / EN 60555-2	0 ... 2 KHz		
	EN 61000-3-3 / EN 60555-3	0 ... 2 KHz		

Figura 1. Resumen de las normas genéricas de emisión. El grupo 1 reúne a todos los equipos que no son equipos del grupo 2. El grupo 2 son los equipos ICM de frecuencia radioeléctrica en los que la energía de frecuencia radioeléctrica en el rango de frecuencias de 9 kHz a 400 GHz se genera y utiliza intencionadamente.

Normas para familia de productos y normas de producto

Una familia de productos es un grupo de productos similares para los que se pueden aplicar las mismas normas. Las normas de CEM para familia de productos definen requisitos electromagnéticos (EM) específicos y procedimientos de prueba dedicados a familias de productos concretos.

Norma básica de referencia	Puerto	Requerimientos de la norma genérica EN 61000-6-1 / EN 50082-1: CEM - norma genérica de inmunidad para entornos residenciales, comerciales e industriales ligeros	Requerimientos de norma genérica EN 61000-6-2 / EN 50082-2: CEM - norma genérica de inmunidad para entornos industriales	Criterio de prestaciones, clase:
EN 61000-4-2: Descarga electrostática	Envoltura (caja)	± 4 kV descarga por contacto ± 8 kV descarga al aire	± 4 kV descarga por contacto ± 8 kV descarga al aire	B
EN 61000-4-3/ ENV 50204: campo electromagnético	Envoltura (caja)	3 V/m, 80 ... 1000 MHz, AM 80%, 1 kHz, 900 MHz, PM 200 Hz	10 V/m, 80 ... 1000 MHz, AM 80%, 1 kHz, 900 MHz, PM 200 Hz	A
EN 61000-4-4: Transitorios rápidos (ráfagas)	Señal y control	± 0,5 kV, 5 kHz, pinza capacitiva (solo si los cables miden más de 3 metros)	± 1 kV, 5 kHz, pinza capacitiva (solo si los cables miden más de 3 metros), ± 2 kV, 5 kHz, pinza capacitiva (solo para control de procesos)	B
	Entrada CC / salida	± 0,5 kV, 5 kHz, con inyección directa (solo si los cables miden más de 10 metros)	± 2 kV, 5 kHz, inyección directa	
	Entrada CA / salida	± 1 kV, 5 kHz		
EN 61000-4-5: Sobretensiones	Entrada CC / salida	± 0,5 kV, entre fase y tierra ± 0,5 kV, entre fases	± 0,5 kV, entre fase y tierra ± 0,5 kV, entre fases	A
	Entrada CA	± 2 kV, entre fase y tierra ± 1 kV, entre fases	± 4 kV, entre fase y tierra ± 2 kV, entre fases	
EN 61000-4-6: Perturbaciones conducidas en modo común	Líneas de señal y control	3 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz, (solo si los cables miden más de 3 metros)	10 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz, (solo si los cables miden más de 3 metros)	A
	Entrada CC / salida	3 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz	10 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz	
	Entrada CA / salida	3 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz	10 V, 0,15 ... 80 MHz, AM 80%, 1 kHz	
EN 61000-4-11: Caídas de tensión	Entrada CA	30 %, 10 ms 60 %, 100 ms	30 %, 0,5 periodos 60 %, 5 y 50 periodos	B
EN 61000-4-11: Interrupciones de tensión		> 95 %, 5000 ms	> 95 %, 250 periodos	C

Figura 2. Resumen de las normas genéricas de inmunidad.

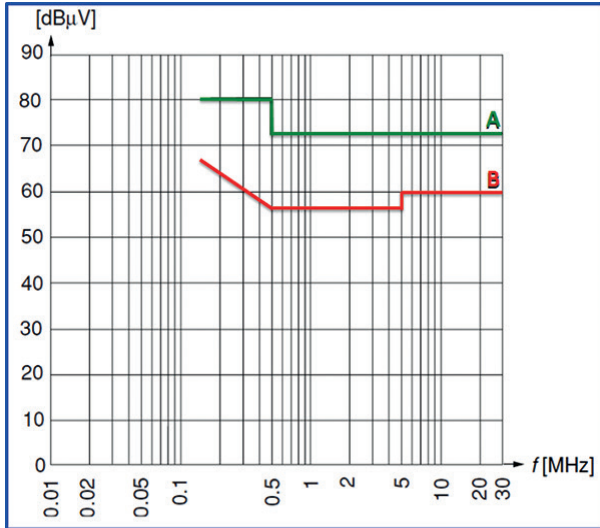


Figura 3. Límites de emisiones conducidas de quasi-pico según la CISPR 11 / EN55011 y la CISPR 22 / EN55022. A y B : Clase A y clase B.

Cuando es factible, también proporcionan criterios de prestaciones, teniendo en cuenta la finalidad del producto. Aplican las normas básicas y se coordinan con las normas genéricas en la medida de lo posible. Las normas de CEM para familia de productos tienen prioridad sobre las normas genéricas. Como ejemplos de normas de CEM para familia de productos podemos citar las siguientes normas: EN50091-2 para fuentes de alimentación ininterrumpibles (SAI), EN55103-2 para equipos audiovisuales e iluminación profesionales.

Las normas de CEM de producto se refieren a un tipo particular de pro-

ducto para el que se debe considerar sus requisitos específicos. Las normas de CEM de producto tienen prioridad sobre las normas genéricas y las normas de CEM para familias de productos. Como ejemplos de normas de producto remarcables podemos citar: CISPR 14 para herramientas eléctricas, EN55015 para equipos de iluminación, CISPR 20 para equipos domésticos de radio y TV y CISPR 32 aplicable a equipos multimedia.

Normas básicas de CEM

Como normas básicas de CEM podemos citar las normas: CISPR16, enfocada a como realizar las medidas de emisiones y de inmunidad en el laboratorio, CISPR17 para los métodos de medición de las características de supresión de los dispositivos pasivos de filtrado de CEM. En IEC las normas básicas son la EN 61000-4-20 sobre las medidas a realizar en las celdas TEM y la EN 61000-4-21 para las medidas a realizar en las cámaras de reverberación, la norma EN 61000-6-3 de emisiones para ambientes residenciales, comerciales e industriales ligeros, la EN 61000-6-4 de emisiones para ambientes industriales, la IEC61000-6-1 para niveles de inmunidad en ambientes residenciales, comerciales y entornos industriales ligeros y la EN 61000-6-2 para inmunidad en ambientes industriales.

Normas básicas de emisiones

Normas básicas de emisiones conducidas y radiadas

Todos los equipos eléctricos y electrónicos generan emisiones conducidas y radiadas debido a su normal funcionamiento. Para no afectar a otros equipos cercanos es necesario limitar estas perturbaciones. Las normas internacionales básicas de emisiones están preparadas por la agencia CISPR ("Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques") y adoptadas por las autoridades nacionales y multinacionales. Es usual medir perturbaciones desde las bajas frecuencias (usualmente 150 kHz y en algunos productos 9 kHz) hasta aproximadamente los 30 MHz, como tensiones de interferencia (EMI) entre las líneas de la red suministro de CA y la tierra (perturbaciones conducidas).

A frecuencias más altas (por encima de los 30 MHz), se miden las perturbaciones radiadas como intensidad de campo, llegando usualmente hasta 1 GHz, aunque en algunos casos, cuando se incorporan por ejemplo módulos de RF, se llega a medir hasta los 6 GHz. A continuación, los gráficos ofrecen una visión general de los límites en las normas más usuales aplicables tanto a las emisiones conducidas (figura 3) como a las radiadas (figura 4): Las normas

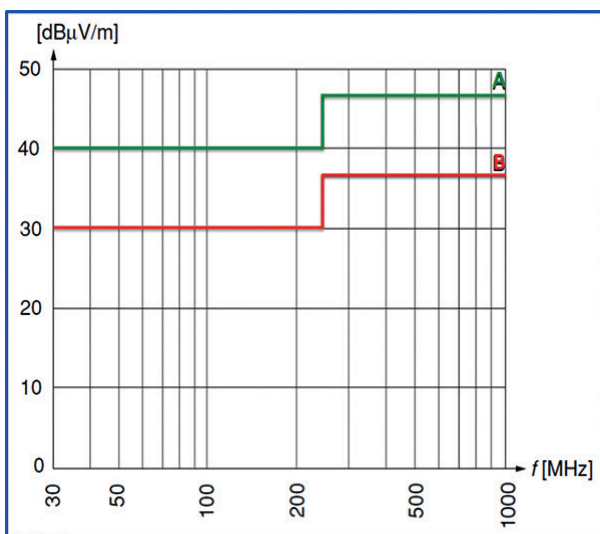


Figura 4. Límites de emisiones radiadas de quasi-pico a 10 m de distancia según la CISPR 11 / EN55011 y la CISPR 22 / EN55022. A y B : Clase A y clase B.

Equipo tipo	Descripción	Límites		Unidades
		número de armónico	Corriente armónica máxima permitida	
A	Equipo trifásico balanceado y cualquier otro equipo, excepto los incluidos en los siguientes tipos B, C y D	2	1,08	Amperios
		3	2,30	
		4	0,43	
		5	1,14	
		6	0,30	
		7 ... 40	0,77 ... 0,046	
B	Herramientas portátiles	Límites de la clase A multiplicados por 1,5		
C	Equipos de iluminación	2	2	% de la corriente de la frecuencia fundamental
		5	10	
		7	7	
		9	5	
		11 ... 39 (solo impares)	3	
		3	30 · cos φ	% ; cos φ = factor de potencia
D	Equipos con entrada de corriente con una "forma de onda especial" (definida en la norma) y una potencia activa entre 75 W y 600 W	3	3,4	mA / W
		5	1,9	
		7	1	
		9	0,5	
		11 ... 39 (solo impares)	0,35 ... 0,1	

Figura 5. Límites de emisiones de las corrientes armónicas.

CISPR 11 / EN 55011: Equipos industriales, científicos y médicos (ISM). Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición. Y las normas CISPR 22 / EN 55022 (corresponde a la americana FCC, parte 15): Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida.

Norma básica de emisión de corrientes armónicas

Los equipos eléctricos y electrónicos inyectan corrientes armónicas hacia la red eléctrica de CA (230 V). Con el fin de garantizar la compatibilidad, se ha definido la máxima perturbación armónica posible. Para cargas no lineales (por ejemplo, un rectificador o una fuente de alimentación conmutada), la forma de onda de la corriente debida a la carga no es sinusoidal. Dado que la potencia activa sólo tiene lugar en la frecuencia fundamental (los 50 Hz de la tensión de red), debe medirse la corriente fundamental y las corrientes armónicas.

La norma más común para la medida de las corrientes armónicas en la red, la norma EN 61000-3-2 determina los límites para las emisiones de corriente armónica inyectada en la red con tensión nominal de 230 VAC (línea a neutro) o más. Es aplicable a equipos con una corriente de entrada de hasta 16 A por fase. La norma define 4 tipos de equipos con diferentes límites de corriente armónica (ver la figura 5): equipos trifásicos equilibrados y cualquier otro equipo excepto los siguientes (tipo A): herramientas portátiles (tipo B), equipos de iluminación (tipo C) y equipos con entrada de corriente con forma de onda especial (tipo D).

Normas básicas de inmunidad (susceptibilidad)

La inmunidad electromagnética es la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar correctamente sin degradación funcional en presencia de perturbaciones electromagnéticas. La susceptibilidad es la falta de inmunidad. El objetivo de las normas básicas de inmunidad es proporcionar los procedimientos

Descarga por contacto			Descarga al aire		
Nivel de prueba	Tensión de prueba kV	Corriente pico A	Nivel de prueba	Tensión de prueba kV	Corriente pico A
1	2	7,5	1	2	7,5
2	4	15	2	4	15
3	6	22,5	3	8	30
4	8	30	4	15	56
X	especial		X	especial	

Figura 6. Valores de ESD por contacto y al aire.

de prueba y determinar los niveles de prueba para verificar la inmunidad electromagnética. Se consideran tanto las perturbaciones conducidas como las radiadas. Los resultados de las pruebas se clasifican en función de la pérdida de funcionalidad o degradación del rendimiento del equipo sometido a ensayo. El criterio de desempeño se clasifica en:

Clase A: funcionamiento normal del producto dentro de los límites especificados por el fabricante, aplicando la perturbación.

Clase B: Pérdida temporal del correcto funcionamiento o degradación de las prestaciones que cesa después de desaparecer la perturbación.

Clase C: Pérdida temporal del correcto funcionamiento o degradación de las prestaciones, cuya corrección requiere la intervención del operador o el reinicio del equipo.

Clase D: Pérdida de la función o degradación del rendimiento no recuperable debido a daños en el hardware o el software o pérdida definitiva de datos.

Norma básica de descargas eléctricas (ESD)

La norma básica más común para la prueba de las descargas electrostáticas (ESD) para todos los productos es la EN 61000-4-2: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas. Las descargas de electricidad estática (ESD) pueden estar presentes en los ambientes con baja humedad relativa, al tocar materiales de baja conductividad (fibra artificial), alfombras, prendas de vinilo, etc. Esta norma especifica los requisitos y las pruebas de inmunidad de equipos eléctricos o electrónicos sometidos a una ESD. Las pruebas se basan en un modelo de cuerpo humano con una capacidad de 150 pF y una resistencia de descarga de 330 Ω. La descarga se aplicará

por contacto directo sobre las partes metálicas accesibles y al aire, a una corta distancia de las partes del dispositivo bajo ensayo que puedan ser tocadas por las personas durante su uso normal. La figura 6 muestra los valores de ESD aplicados al equipo sometido a ensayo.

Norma básica de inmunidad radiada

La prueba de inmunidad radiada es aplicable a todos los productos. Para la prueba de la inmunidad radiada, la norma básica más usual es la norma EN 61000-4-3: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia. La mayoría de los equipos electrónicos se ven afectados por la radiación electromagnética que se genera por los transceptores de radio de mano, transmisores de radio y estaciones fijas de radio / televisión y fuentes electromagnéticas industriales. La prueba de inmunidad radiada es aplicable a todos los productos, en entornos donde estén presentes campos electromagnéticos de radiofrecuencia. La prueba se realiza mediante la aplicación de una intensidad de campo definida mientras se varía la frecuencia en el rango de los 80 MHz a 1 GHz. La figura 7 muestra la intensidad de campo de la señal no modulada. Durante la prueba esta señal se modula en amplitud con un 80% con una onda senoidal de 1 kHz. Esta norma tiene tres niveles de

Nivel de prueba	Nivel de campo V/m
1	1
2	3
3	10
4	30
X	especial

Figura 7. Niveles de intensidad de campo en las pruebas de inmunidad radiada

Nivel de prueba	En los puertos de alimentación CC y		En los puertos señal, control y	
	Tensión pico en circuito abierto kV	Frecuencia de repetición kHz	Tensión pico en circuito abierto kV	Frecuencia de repetición kHz
1	0,5	5	0,25	5
2	1	5	0,5	5
3	2	5	1	5
4	4	2,5	2	5
X	especial	especial	especial	especial

Figura 8. Niveles de ráfagas de impulsos rápidos transitorios (EFT).

intensidad de campo: nivel 1: 1 V/m, nivel 2: 3V/m y 10V/m en su nivel. Para la prueba, la señal también es modulada por impulsos con un ciclo de trabajo del 50% a una frecuencia de repetición de 200 Hz.

Para los radiotéfonos digitales y otros dispositivos de mayor frecuencia, las pruebas deben realizarse en los rangos de frecuencias de 800 MHz a 960 MHz y de 1,4GHz a 6 GHz. Las pruebas en estos rangos no necesitan ser aplicadas continuamente en todo el margen, y los rangos pueden estar limitados a frecuencias concretas para el cumplimiento en bandas específicas de trabajo en el país en el cual el producto será vendido. Si se prevé que el nuevo producto puede estar afectado por la proximidad de teléfonos móviles, se aconseja llegar al nivel 4 con 30 V/m.

Norma básica de inmunidad contra transitorios rápidos (EFT)

La norma básica más usada de inmunidad contra transitorios rápidos (EFT: "Electrical Fast Transients") es la EN 61000-4-4: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas. La prueba de transitorios rápidos es aplicable a todos los productos conectados a sistemas de alimentación de CA o de CC o que tienen cables muy próximos a tales fuentes de alimentación. Está destinado a demostrar la inmunidad a las perturbaciones transitorias debidas a los transitorios de conmutación

(interrupción de cargas, rebote de contactos de relé, etc.). La forma de onda de un transitorio individual se caracteriza por un tiempo de subida de 5 ns, un tiempo hasta la mitad de la tensión del transitorio de 50 ns y un máximo de energía de 4 mJ a 2 kV con una carga de 50 Ω. La impedancia de la fuente transitoria es de 50 Ω. La frecuencia de repetición de los transitorios es una función del nivel de prueba. La duración de la ráfaga es de 15 ms y tiene un periodo de repetición de 300 ms. El acoplamiento se realiza a través de una red de acoplamiento con condensadores de 33 nF para las líneas de la fuente de alimentación y con una abrazadera de acoplamiento con una capacidad de 50 a 200 pF para los puertos de

señales, datos y control. Ver la figura 8 para tener una visión de conjunto de todos los niveles aplicables.

Norma básica de inmunidad contra sobretensiones

La norma básica contra sobretensiones es la EN 61000-4-5: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas de choque es la más conveniente para esta prueba. Las sobretensiones se generan principalmente debido a los transitorios de conmutación o por las tensiones debidas a la inyección de corriente debida a las descargas de rayo, induciendo altas tensiones / corrientes vía campos electromagnéticos. Los transitorios de conmutación pueden ser generados por las conmutaciones en el sistema de alimentación, cambios de carga, y por cortocircuitos o descargas con arco voltaico hacia el sistema de puesta a tierra de la instalación. La prueba de inmunidad de sobretensión es aplicable a equipos conectados a la red principal u otras redes que salgan del edificio. Su intención es demostrar la inmunidad a las tensiones causadas por los efectos de conmutación y por los rayos. No es una prueba para probar la capacidad de aislamiento soportado por el equipo a altas tensiones.

La norma especifica dos formas de onda diferentes en circuito abierto: una con un tiempo de subida de 1,2 μs y un tiempo de 50 μs para llegar al valor medio de la onda, y el otro con un tiempo de subida de 10 μs y un

Nivel de prueba	Tensiones de prueba en circuito abierto , kV
1	0,5
2	1
3	2
4	4
X	especial

Figura 9: Niveles en la prueba de inmunidad contra impulsos de sobretensión.

tiempo de 700 μ s para llegar al valor medio de la onda. La impedancia de la fuente para la onda 1,2 / 50 μ s, es de 2 Ω para el acoplamiento de línea a línea y de 12 Ω para el acoplamiento de línea a tierra. La impedancia de sobretensión de la onda 10 / 700 μ s es de 42 Ω . El acoplamiento para ambas formas de onda se realiza mediante una red de acoplamiento con condensadores de 100 nF, 500 nF, 9 μ F ó 18 μ F, o con limitadores de sobretensión, dependiendo del tipo de líneas a probar. Ver la figura 9 para conocer los niveles de sobretensión a aplicar.

Norma básica de inmunidad conducida

Aquí aplicamos en todos los productos la norma básica EN 61000-4-6: Técnicas de ensayo y de medida. Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia. La fuente de perturbaciones conducidas es básicamente un campo electromagnético, emanado por un transmisor de RF, que puede actuar en toda la longitud de los cables conectados al equipo. Los conductores entrantes y salientes se comportan como redes de antenas pasivas si resuenan con las frecuencias de las señales inyectadas. La prueba de inmunidad conducida es aplicable a los productos en ambientes donde están presentes campos de RF y que estén conectados a la red eléctrica o a fuentes de alimentación u otras redes (líneas de señales o de

control). Esta prueba es un suplemento de la norma EN 61000-4-3 que define los métodos de prueba para la inmunidad radiada. La prueba se realiza aplicando una tensión en el puerto a comprobar mientras se varía la frecuencia en el rango de 150 kHz a 80 MHz. La señal se modula al 80% en amplitud (AM) con una onda senoidal de 1 kHz. La figura 10 muestra los niveles de intensidad de campo de la señal no modulada. La impedancia del generador de prueba es de 50 Ω . La forma de onda está acoplada a cada una de las n líneas del puerto a probar (en modo común) a través de un dispositivo de acoplamiento con una impedancia de (n • 100 Ω) por línea o a través de una pinza de inyección.

Normas básicas de perturbaciones en la red

Para estos ensayos aplicaremos opcionalmente la norma básica EN 61000-4-11: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión. Las variaciones de tensión y las interrupciones cortas son causadas por fallos en la red o por grandes cambios repentinos en las diferentes cargas conectadas a la red. Estas pruebas son aplicables a equipos conectados a la red con corriente nominal de entrada no superior a 16 A por fase. La prueba de inmunidad a las variaciones de tensión y a las interrupciones cortas se realiza mediante un cambio

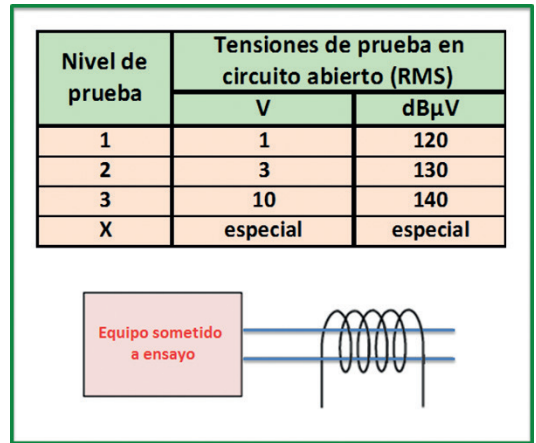


Figura 10. Niveles en el ensayo de inmunidad contra perturbaciones conducidas.

abrupto de la tensión de alimentación en el equipo sometido a ensayo, en cualquier ángulo de fase, con una tensión inferior y superior al margen nominal de tensiones. La prueba de inmunidad a variaciones de tensión es opcional. Ésta especifica una transición definida entre la parte inferior y superior del margen de tensión nominal y la tensión cambiada. Ver las figuras 11 y 12.

También podemos aplicar la norma básica EN 61000-4-12: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a la onda sinusoidal amortiguada. Esta norma especifica pruebas para simular dos fenómenos: la onda de choque (no repetitiva) que aparece en los terminales del equipo a consecuencia de las conmutaciones de maniobra en las líneas de la red eléctrica. También aparece como consecuencia de la descarga de un rayo que provoca ondas viajeras a través de las líneas eléctricas aéreas. Esta prueba ha existido durante mucho tiempo bajo la designación ANSI / IEEE C.62.41-1991. Aunque la onda de choque es única, y se ha definido para aplicarla en los ensayos de laboratorio "obligatorios" en todos los equipos de AT (Alta Tensión), en la práctica tiene formas diferentes porque los rayos generan trenes de ondas repetitivas sucesivas cuya forma de onda real es diferente.

La onda oscilatoria amortiguada (repetitiva) aparece en los terminales de los equipos como consecuencia del re-encendido del arco voltaico provocado por conmutaciones de cargas. Las ondas amortiguadas se generan con las maniobras de inte-

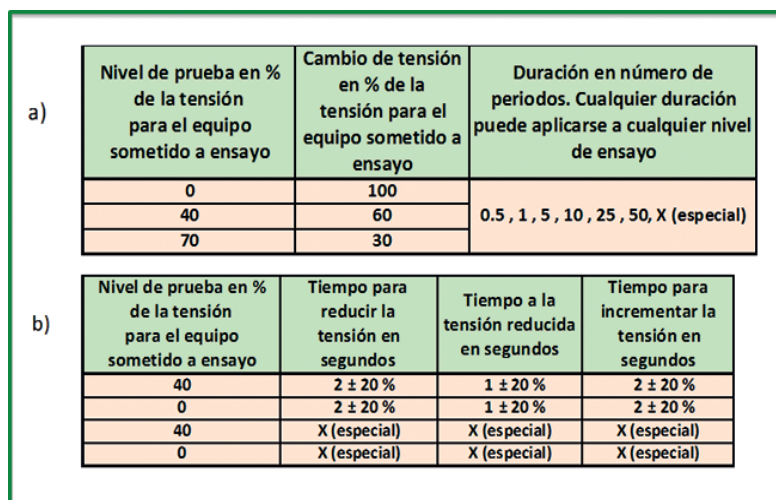


Figura 11. Niveles de ensayo para los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión.

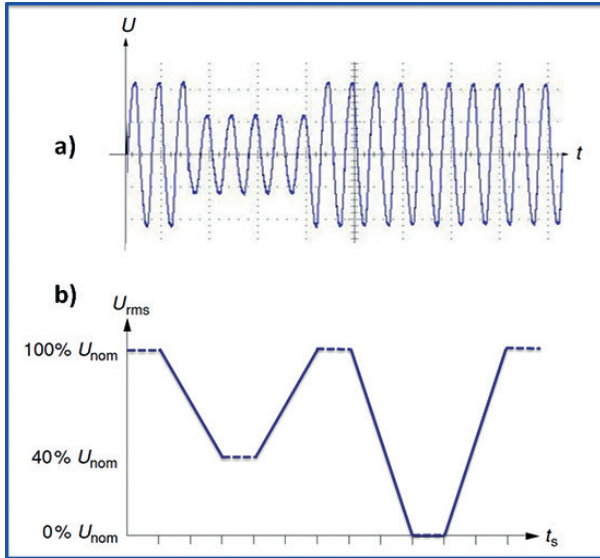


Figura 12. Formas de onda de a) huecos de tensión, interrupciones breves y b) variaciones de tensión.

ruptores, por ejemplo, al extinguir el arco del circuito de una línea que tiene L y C con R de amortiguamiento. Las ondas oscilatorias amortiguadas son de alta frecuencia y por ello se propagan y reflejan como las ondas de choque. La prueba de onda oscilatoria amortiguada es aplicable a los equipos utilizados en las subestaciones de alta tensión (Relés estáticos). Esta prueba, con una frecuencia de 1 MHz, ha existido durante mucho tiempo bajo la norma EN 255-4, apéndice E5: Prueba de perturbación de alta frecuencia. Se ha transferido a la norma EN 60255-22-1: Ensayos de perturbaciones eléctricas para relés

de medida y equipos de protección - Pruebas de perturbación por ráfaga de 1 MHz. Con su inclusión en la norma EN 61000-4-12, se amplió la gama de frecuencias. Ver la figura 13 para más detalles.

Normas básicas de inmunidad a los campos magnéticos

Las siguientes dos normas básicas solo se aplican si los condicionantes del equipo y del entorno lo requieren. Por ello se explican de forma más resumida. Si es necesario, primero aplicamos la norma básica EN 61000-4-8: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los campos magnéticos a frecuencia industrial. El campo magnético se genera principalmente por las corrientes con la frecuencia de red AC (50 Hz) en los conductores. En general, esta prueba se limita a productos que son susceptibles a los campos magnéticos (por ejemplo, equipos que usan detectores de efecto Hall y productos especiales para ser instalados en ambientes con altos niveles de campo magnético).

Seguidamente, se podría considerar la aplicación de la norma básica EN 61000-4-9: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos impulsionales. Los campos magnéticos impulsionales son generados por descargas de rayo en edificios y estructuras metálicas, incluidos los mástiles aéreos, los conductores y las redes de tierra y por los transitorios debidos a fallos en

los sistemas de baja, media y alta tensión. Esta prueba es aplicable principalmente en los productos instalados en centrales eléctricas (por ejemplo, centros de telecontrol próximos a los aparatos de control).

Conclusiones

Antes de empezar el diseño de un nuevo producto es importante tener claros los objetivos electromagnéticos a cumplir para evitar problemas de CEM. Es decir, es necesario confeccionar la lista de normas de CEM que sean adecuadas para ensayar el nuevo producto. Si no se tiene experiencia en la confección de esta lista, hay tres modos para confeccionarla: ver las normas que cumple el producto más similar de la competencia y analizar si aplican a nuestro nuevo producto, solicitar una oferta de Mercado CE a un laboratorio de CEM y acordar juntos la lista de normas a cumplir o solicitar ayuda a un consultor experto en CEM para acordar juntos la lista de normas a ensayar.

Se han presentado resumidamente las normas más comúnmente usadas para ensayar equipos para entornos residenciales e industriales que pueden ayudar al diseñador a confeccionar su lista de normas para su plan de ensayos. [Icono]

a)

Especificación de la forma de onda	Onda de choque	Onda oscilatoria amortiguada
Tensión de pico en circuito abierto	250 a 4000 V	250 a 2500 V
Frecuencia de oscilación	100 kHz	100 kHz y 1 MHz
tasa de decaimiento	60 % del pico anterior	50 % del pico entre el tercer y el sexto periodo
tasa de repetición	1 a 60 minutos	≥ 40 Hz para 100 kHz y ≥ 400 Hz para 1 MHz
Impedancia de salida	12 Ω, 30 Ω y 200 Ω	200 Ω
Modo de acoplo	Modo común y diferencial	Modo común y modo diferencial
Duración de la prueba por puerto y modo de acoplo	transitorios ≥ 5 positivos y ≥ 5 negativos	≥ 2s

b)

Nivel de prueba	Tensión de onda oscilatoria kV (pico)		Tensión de onda oscilatoria amortiguada kV (pico)	
	Modo común	Modo diferencial	Modo común	Modo diferencial
1	0,5	0,25	0,5	0,25
2	1	0,5	1	0,5
3	2	1	2	1
4	4	2	-	-
X	especial	especial	especial	especial

Figura 13. Ensayo de ondas oscilatorias amortiguadas.

REFERENCIAS

- Tim Williams, "EMC for Product Designers", Newnes, 1995
- Tim Williams, "EMC for Systems and Installations", Newnes, 2000
- Technical Information, Directives & Standards, Power-One, Edition 5/6/2000
- David Morgan "A Handbook for EMC Testing and Measurement", IET, 1994
- Electrotechnical Commission, "Guidance for users of the CISPR Standards, International"
- Francesc Daura Luna, "La nueva directiva de compatibilidad electromagnética, (2014/30/CE) entrará en vigor el próximo abril de 2016", Revista Española de Electrónica, Abril 2015
- Todas las normas de CISPR y CENELEC citadas