



CONTACTO:  
**Francesc Daura**  
[fdaura@cemdal.com](mailto:fdaura@cemdal.com)  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290, Cerdanyola del Vallès  
T: 93 582 0205

[www.cemdal.com](http://www.cemdal.com)



En **CEMDAL** ofrecemos servicios de consultoría de diseño en **Compatibilidad Electromagnética (CEM)**, óptimo en prestaciones, calidad y costes para todos los sectores de la industria electrónica, aplicable en cualquier momento del ciclo de desarrollo de sus productos.

Nuestra experiencia en diseño, desarrollo y solución a problemas de Compatibilidad Electromagnética en sistemas electrónicos, nos permite ofrecer nuestros servicios a empresas que necesitan ayuda con **flexibilidad, diligencia y fiabilidad** en los resultados.

### SERVICIOS Y SOLUCIONES A PROBLEMAS DE CEM



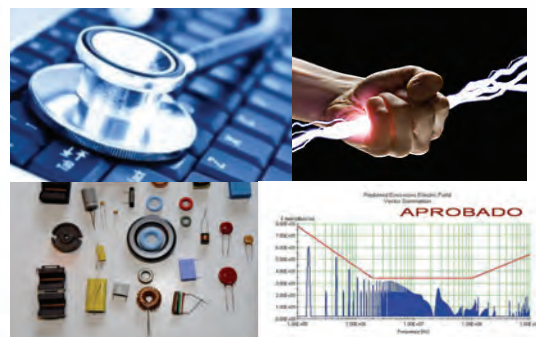
**SERVICIO  
PREVENTIVO**



**COMPLETO:  
MARCADO CE**



**EMISIONES E  
INMUNIDAD**



# Marcado CE + Marcado CE $\neq$ Marcado CE: Concepto aplicado a máquinas, sistemas complejos o instalaciones fijas

Artículo cedido por Cemdal



www.cemdal.com

Autor: Francesc Daura Luna, Ingeniero Industrial, experto en compatibilidad electromagnética. Director de CEMDAL

## Introducción

El concepto "**CE+CE=CE**" se trata de una práctica común en el sector de la gran maquinaria, las grandes instalaciones fijas eléctricas y las ingenierías integradoras de grandes sistemas complejos. Se basa en la idea de que si se compra un número de componentes o aparatos destinados a un sistema, todos ellos marcados CE, el sistema completo formado por estos componentes no necesita ningún trabajo adicional para poder tener el marcado CE en el conjunto completo. Así se podría declarar compatible con todas las directivas pertinentes de seguridad, baja tensión y compatibilidad electromagnética (CEM). La figura 1 muestra los bloques de una máquina formada por 9 componentes, todos ellos con el marcado CE.

La práctica "**CE+CE=CE**" podría automáticamente aplicar el marcado CE a la máquina completa. Pero, lo más seguro es que si se realizan las pruebas de CEM, no sea así y la máquina completa no cumpla y no puede marcarse CE (figura 2). Es evidente que si alguno de los componentes incorporados a la máquina no es conforme y no tiene el marcado CE, la máquina completa tampoco será conforme y no podrá llevar el marcado CE (figura 3). Atención, esta práctica es totalmente

incorrecta en todos los sentidos y no se acepta legalmente. Nunca ha habido ninguna justificación jurídica o técnica para esta práctica, pero esto no ha impedido que sea ampliamente utilizada en todos los niveles de muchas industrias de toda Europa, sobre todo para el cumplimiento de la Directiva de compatibilidad 2004/108/CE, además de la Directiva de seguridad 2006/42/CE y la Directiva de baja tensión 2006/95/CE. De aquí en adelante todo lo que se diga de máquinas grandes, sistemas grandes y complejos o instalaciones fijas será aplicable a los tres elementos indistintamente.

Las razones principales por las que se ha seguido incorrectamente esta práctica son:

a) "**CE+CE  $\neq$  CE**": Si las empresas usan directamente la práctica "**CE+CE=CE**" consideran, con falsa confianza, que ya cumplen automáticamente la Directiva de CEM.

b) *Desconocimiento y falta de profesionalidad*: muchas empresas fabricantes de maquinaria o grandes sistemas, por desconocimiento o por falta de profesionalidad no saben que están obligadas a cumplir también con la Directiva de CEM, además de las Directivas de baja tensión y de seguridad.

c) *Irresponsabilidad y costes altos*: muchas empresas fabricantes de maqui-

naria o grandes sistemas, a pesar de saber que están obligadas a cumplir también con la Directiva de CEM, solo cumplen las Directivas de baja tensión y de seguridad porque consideran, irresponsablemente, que el cumplimiento de la CEM es demasiado costoso y no les afecta.

d) *Complejidad*: muchas empresas fabricantes de maquinaria o grandes sistemas, a pesar de saber que están obligadas a cumplir también con la Directiva de CEM, consideran que asegurar su cumplimiento es complejo, no saben como hacerlo, no lo intentan y tampoco piden asesoramiento externo.

e) *Consecuencias graves*: muchas empresas fabricantes de maquinaria o grandes sistemas piensan que el no cumplimiento de la Directiva de CEM no les va a provocar consecuencias graves.

f) *Menor calidad*: El cumplimiento de las Directivas es un factor de mayor calidad para el producto. Si no se cumple la Directiva se provoca una menor calidad en las máquinas o grandes sistemas.

g) *Posibles accidentes*: Nadie todavía ha muerto como resultado directo del no cumplimiento de la Directiva de CEM. Muchas empresas solo están preocupadas por la seguridad por las posibles consecuencias de accidente en la manipulación de sus máquinas o sistemas.



Figura 1: Bloques de una máquina formada por 9 componentes, todos con el marcado CE. La práctica "**CE+CE=CE**" podría automáticamente adjudicar el marcado CE a la máquina completa: no es correcto.



Figura 2: Si se realizan las pruebas de CEM a la máquina completa casi seguro no cumplirá, a pesar de tener todos los componentes marcados CE



Figura 3: Si alguno de los componentes incorporados a la máquina no es conforme y no tiene el marcado CE, la máquina completa tampoco será conforme y no podrá llevar el marcado CE

Erróneamente no consideran que la CEM puede ser también un aspecto que puede afectar a la seguridad personal. A veces, por desconocimiento, estos problemas de seguridad debidos a la CEM quedan encubiertos por otros efectos.

**h) Engaños:** A veces los proveedores de aparatos engañan cuando declaran la conformidad de CEM de sus productos.

**i) Poca profesionalidad de los proveedores:** Algunos proveedores no someten sus productos a las pruebas de CEM de forma suficientemente seria con el nivel de exigencia adecuado.

**j) Errores:** Algunos proveedores se esfuerzan en el cumplimiento de las normas, pero pueden cometer errores. También en algunos casos los laboratorios pueden cometer errores inconsistentes.

**k) Pruebas sin sentido real:** Algunas configuraciones de las pruebas de CEM en el laboratorio no se corresponden a la instalación real del producto y pierden el sentido de obtener resultados realistas para su aplicación real. Es difícil considerar en las normas todos los tipos de instalaciones reales.

**l) Normas incorrectas:** Los proveedores de componentes destinados a ser incorporados en una máquina final, a veces, aplican las normas más fáciles para obtener el marcado CE y no las normas más estrictas que sus clientes deben aplicar a su máquina o instalación final.

**m) Sin control de CEM en producción:** Sin un proceso que garantice la calidad que controle la CEM en la fabricación en serie, las pruebas iniciales de los primeros prototipos pueden dar resultados sin sentido al ser mejores que los de la producción. Ello provoca que la producción no sea conforme.

El concepto **"CE+CE=CE"** es jurídicamente solo aceptable para los usuarios finales que no diseñan o fabrican a nivel profesional sus equipos, sistemas o instalaciones. Un ejemplo sería cuando, como consumidores, compramos un nuevo elemento del equipo de audio/video o un ordenador y lo conectamos a nuestro sistema de Hi-Fi+TV de casa.

Sin embargo, para las empresas manufactureras, el concepto **"CE+CE=CE"** no es una práctica aceptable, para lograr el cumplimiento de las Directivas de la UE, cuando se utiliza por sí solo. Si debido a una inspección se comprueba que la máquina o instalación no cumple con alguna Directiva de la UE, la empresa responsable puede ser multada e incluso sus direc-

tivos incurrir en responsabilidades penales. La idea "la compra de buena fe" que ofrece un fabricante, con pruebas suficientes de que se ha cumplido con el deber legal de conformidad de las Directivas, es insuficiente. La guía oficial de la CE de la Directiva de 2004/108/CE, incluye la siguiente declaración:

"Debe tenerse en cuenta que la combinación de dos o más aparatos terminados con marcado CE no genera automáticamente un "cumplimiento" del sistema, por ejemplo: una combinación de autómatas programables e inversores (VSD o VFD) de motores, marcados CE puede no cumplir con los requisitos de protección".

Así, en promedio, cualquier máquina o instalación que incorpora tres o más componentes comprados con el marcado CE y ha sido construida solo con el concepto **"CE+CE=CE"** tiene casi asegurado su incumplimiento en CEM. Por cuestiones de seguridad y por el cumplimiento de la Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE, es fácil ver que un sistema de control que incorpora una serie de aparatos marcados CE, alimentados con la red eléctrica, puede superar fácilmente la corriente de fuga a tierra permisible en las normas de seguridad. Cada uno de los aparatos adquiridos puede tener las fugas a tierra en el nivel máximo permitido, por lo que sólo conectando dos de ellos a la vez haría que el sistema de control sobrepasara los límites y sería peligroso para los usuarios del sistema. Un ejemplo similar en la CEM se da en el caso de las emisiones EM. Los límites de emisiones EM para un componente industrial como un autómata programable, una fuente de alimentación o un inversor de motor son los mismos que los límites para una máquina. Por ejemplo, simplemente siguiendo el enfoque **"CE+CE=CE"** puede dar lugar fácilmente a que las máquinas causen interferencias electromagnéticas (EMI) cercanas a las frecuencias de radio o de TV. Esto podría provocar denuncias a Telecomunicaciones y atraer el interés de los inspectores, que tienen el poder de cerrar las instalaciones que comprueban que no cumplen con los límites. También podrían poner multas o, en casos más graves, imputar responsabilidades penales. Los laboratorios de pruebas nunca prueban una máquina o sistema utilizando el enfoque **"CE+CE=CE"** para pasar las pruebas que se deben aplicar.

Dejando a un lado las cuestiones del cumplimiento legal, la experiencia demuestra que pueden aparecer muchos problemas de EMI. Las EMI pueden ser internas en el sistema o externas entre sistemas. Los productos funcionan bien hasta que se instalan en el lugar definitivo de uso y es cuando empiezan a tener errores y pierden fiabilidad. Los costos para solucionar estos problemas pueden ser muy elevados. Esto puede ser especialmente grave cuando un contrato incluye recargos por retrasos de entrega. También puede provocar unos gastos altísimos por responsabilidades a consecuencia de las EMI. El cumplimiento de la CEM y de la seguridad de una máquina, es responsabilidad de la empresa fabricante o de la importadora que vende el producto con su propio nombre en la UE.

## Alternativas

La única manera de estar seguro que una máquina es conforme con la Directiva de CEM es hacer las pruebas correspondientes. Esto debe estar claro. Pero pueden surgir varias dificultades. La empresa tiene tres alternativas:

1. No hacer nada con el riesgo correspondiente.
2. Hacer todas las pruebas de CEM.
3. Tratar de cumplir la Directiva de CEM con un bajo perfil técnico y de gastos, generando un documento técnico de construcción (Technical Construction File, TCF).

La alternativa 1 no es aceptable legalmente y debemos olvidarla. La alternativa 2 puede ser inviable debido a varias dificultades. Se puede tratar de maquinaria muy grande y difícil de medir por falta de espacio físico. El entorno industrial es ruidoso y es difícil hacer medidas EM, al no estar la máquina dentro de una cámara de Faraday. El presupuesto del laboratorio para las medidas puede ser muy elevado. Si no es posible aplicar la alternativa 2 por cualquier razón, debemos aplicar la alternativa 3 tomando muchas precauciones y asumiendo un mayor riesgo. Para ello se debe seguir las recomendaciones de análisis EM de los componentes que componen la máquina final que seguidamente se exponen. El resultado final es un documento técnico de construcción (Technical Construction File, TCF). Se debe recalcar que la alternativa 3 no asegura el cumplimiento de la Directiva de CEM al 100%.

## Integración de componentes

Muchos sistemas contienen componentes eléctricos y electrónicos complejos que han sido comprados a otros proveedores, por ejemplo:

- Las máquinas pueden contener subconjuntos comprados tales como fuentes de alimentación, autómatas, ordenadores, inversores para motores, medidores de panel, módulos de instrumentación y control, etc. (algunos de estos productos se venden como producto final por derecho propio).
- Las grandes instalaciones generalmente se construyen con productos comprados terminados, tales como computadoras, maquinaria, equipos de telecomunicaciones, instrumentación y equipos de control, etc.

El correcto funcionamiento de un equipo final depende de las emisiones electromagnéticas (EM) y de la inmunidad de los componentes comprados. El enfoque **"CE+CE=CE"** en realidad no da ninguna confianza en el logro de la conformidad debida y da lugar a riesgos sin control (aunque en algunas circunstancias, se puede lograr una presunción de conformidad). La única ocasión en que el concepto **"CE+CE=CE"** puede tener alguna posibilidad de ser correcto es cuando los componentes marcados CE son realmente conformes y cuando se instalan a cada cierta distancia el uno del otro (por lo general unos metros). Pero muchas veces estos componentes se instalan muy cercanos (menos de 2 metros) y la probabilidad de fallar en las pruebas de CEM es muy alta. Al final **MARCADO CE + MARCADO CE ≠ MARCADO CE.**

La responsabilidad por el incumplimiento no puede ser fácilmente traspasada al proveedor de un componente no conforme. Por ello, forma muy radical y burda, considerar que en el peor de los casos, el marcado CE significa que el fabricante del componente tenía un rollo de etiquetas "Marca CE" y no ha hecho prueba alguna (ha sucedido). Considerar, los costes de retirada del producto y de pérdida de imagen ante el cliente, etc, pueden resultar imposibles de recuperar. Cuando una máquina o instalación fija no cumple debido a la falta de conformidad de un elemento incorporado, los organismos oficiales son propensos a tomar medidas tanto contra el fabricante final del sistema como contra el proveedor del compo-

nente. La forma correcta para garantizar que los componentes incorporados no ponen en peligro el cumplimiento del equipo final es no confiar en su marcado CE. Es mejor garantizar que su diseño y rendimiento electromagnético es el adecuado. Las siguientes recomendaciones son fáciles de adoptar, de forma similar al proceso de asegurar que el rendimiento funcional es el adecuado. Estas recomendaciones hacen que sea muy fácil lograr la debida conformidad para el sistema definitivo, mientras que también minimizan los costes y los plazos de desarrollo y fabricación, reduciendo al mismo tiempo los riesgos económicos.

Si no se tiene el tiempo para poner en práctica todas estas recomendaciones, por lo menos se debe ser consciente de la situación y sus limitaciones. La ingeniería tiene que ver con el compromiso, pero es imposible aceptar el compromiso correcto sin que se sepa lo que se está comprometiendo. En general, el tiempo empleado para seguir estas recomendaciones se compensará gracias a la reducción de las consecuencias negativas en garantías y otros costos económicos debidos a los productos poco fiables.

Un componente con marcado CE que ha sido colocado con toda legalidad en una partida destinada a la incorporación en una máquina por un proveedor profesional, sólo sobre la base de su conformidad de la Directiva de baja tensión o la Directiva de seguridad de máquinas, sin la CEM no tiene relevancia para el cumplimiento con la Directiva de CEM y puede generar problemas de CEM.

## Emisiones Aditivas

Las emisiones electromagnéticas se suman, Por ejemplo, un sistema inversor/motor conforme, a menudo tiene emisiones justo un poco por debajo de los límites de la norma de prueba correspondiente. Cuando dos o más sistemas inversor/motores se montan en una máquina, sus emisiones combinadas superan a menudo los límites en la máquina final. Podemos imaginar un perro ladrando. Puede ser molesto. Ahora imaginemos cinco perros ladrando a la vez. Cada uno ladra a su manera con diferentes frecuencias de audio y el efecto molesto de la suma de todas las frecuencias es mucho peor. Todos los circuitos digitales, circuitos de poten-

cia con conmutaciones de tensión o corriente y circuitos de RF emiten ruido pero lo hacen en el espectro electromagnético. También aquí cinco "ladrones" electromagnéticos ruidosos es mucho peor que uno solo. Las normas de emisiones tienen límites para los componentes de una máquina y ésta tiene los mismos límites de emisión aplicados igual como en los componentes individuales con los que es construida. Así, cuando debemos elegir los componentes a utilizar, debe considerarse la posibilidad de la acumulación de emisiones. Por ejemplo, la instalación de 100 o 150 lámparas con LED con sus convertidores AC/DC conmutados ("transformadores electrónicos") puede ser problemática porque los límites obligatorios son los mismos que para una sola lámpara. Si cada lámpara no está muy bien filtrada, la generación de EMI es inaceptable. Las emisiones de los armónicos combinados de los "transformadores electrónicos" son debidos a la distorsión de la forma de onda de la corriente en la red donde se conectan.

Los armónicos no solo son un problema de CEM. Los armónicos también tienen implicaciones potencialmente peligrosas como el sobrecalentamiento, humos tóxicos y fuego, sobre todo en instalaciones antiguas donde la superficie del cable del neutro es demasiado pequeña. El sobrecalentamiento de los cables y de los motores es un efecto típico de los armónicos. Las recomendaciones actuales son que el neutro debería siempre ser al menos de la misma superficie que la de los conductores de fase. Sería mucho mejor instalar el doble de superficie en el neutro que en las fases, para hacer frente a las corrientes armónicas típicas de los equipos electrónicos actuales con fuentes de alimentación conmutadas. Muchas empresas que fabrican luces con LEDs y "transformadores electrónicos" no se preocupan por la posibilidad de la acumulación de emisiones, a pesar de saber que sus productos pueden ser utilizados en grandes cantidades en una sola gran instalación. Los instaladores tampoco lo tienen en cuenta, sobre todo por desconocimiento. Aquí el problema menor es la alta generación de EMI que puede afectar a los equipos electrónicos en el edificio. Lo peor es que puede provocar incendios debido al sobrecalentamiento de los cables.

Para tener confianza en el cumplimiento del equipo final, es necesario

acercarse al cumplimiento de sus elementos incorporados desde el punto de vista del rendimiento de su diseño EM y hacer caso omiso de lo relacionado con el mercado CE. Veamos cómo establecer las especificaciones de CEM para un producto comprado para nuestra máquina.

### Determinación de las especificaciones de un componente a incorporar

El proceso de marcado se muestra en la figura 4. Para empezar, es necesario decidir qué Directivas, normas y niveles de CEM debe cumplir la máquina final, teniendo en cuenta el entorno electromagnético donde deberá operar. Luego se debe identificar los requerimientos aplicables de las Directivas. El siguiente paso es decidir el procedimiento de conformidad más adecuado. Después se obtiene el informe de conformidad de la máquina sea a través de pruebas de laboratorio o bien elaborando un documento técnico. Al final del proceso, si todo es correcto, se puede preparar la declaración y estampar la Marca CE.

La figura 5 muestra el flujo para determinar las especificaciones electromagnéticas de una máquina o sistema. Esto puede no ser tan sencillo como elegir las normas armonizadas de una lista, porque las normas armonizadas pueden no cubrir adecuadamente el entorno EM real. Puede que sea necesario aplicar otras normas, para garantizar que la máquina final cumpla con los requisitos de protección esenciales de la



Figura 4

Directiva de CEM. Evaluar el entorno EM por lo general implica como mínimo una evaluación de las amenazas EM a las que la máquina final estará expuesta. Esto a menudo se basa en una revisión visual o en el conocimiento del lugar donde deberá operar. La norma IEC 61000-2-5 (Descripción y clasificación de entornos electromagnéticos) es una guía muy útil para este propósito. La inspección del lugar de instalación puede llegar a ser necesaria en caso de que las amenazas EM sean desconocidas o no cuantificables. Puede ser más difícil cuantificar los eventos poco frecuentes, como las descargas atmosféricas. Como ejemplo de la posible insuficiencia de las normas de inmunidad, considerar un operador usando un teléfono móvil mientras controla una máquina. Incluso la severa norma genérica de inmunidad industrial EN 61000-6-4 no es suficientemente exigente como para cubrir el nivel de exposición del campo EM del teléfono sobre la máquina.

### Extremos previsible

Para el desempeño de las funciones no críticas a nivel EM es suficiente considerar el funcionamiento normal del entorno del aparato. Sin embargo, para todas las funciones críticas (ya sean críticas para la seguridad o para la CEM) es necesario tener en cuenta todas las situaciones razonablemente previsible, incluso si tienen una baja probabilidad de suceder. Esto incluye considerar el previsible mal uso: como la probabilidad de que un operador o un visitante use un teléfono móvil o un walkie-talkie en las zonas donde está prohibido su uso y pueden afectar a la máquina. Cuando las EMI pueden ser un peligro para la seguridad o simplemente el aumento del riesgo, quedan cubiertas por la Directiva de seguridad y no por la Directiva de CEM, por lo que deben figurar en todos los análisis de riesgos previstos en las Directivas de Baja Tensión y de Seguridad de Maquinas. Un ejemplo aquí es la posibilidad de tener EMI con un autómata de control de un robot industrial, haciendo que se vuelva "loco" y opere fuera de su programa funcional. Algunos fabricantes de maquinaria no consideran este riesgo de seguridad por incompatibilidad electromagnética al crear la documentación técnica requerida por la Directiva de maquinas. Es incorrecto y arriesgado.

### CEM en componentes de máquinas

Después de elegir los niveles de emisiones EM en la máquina final, se pueden determinar las especificaciones de inmunidad para los componentes de compra. A veces, los componentes incorporados en una máquina están

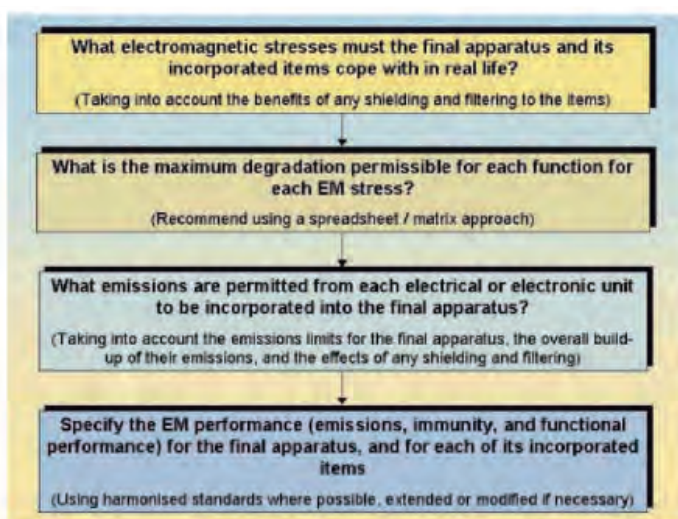


Figura 5: Flujo para determinar las especificaciones electromagnéticas

protegidos de los entornos externos hasta un cierto grado. Por ejemplo, un componente sensible montado cerca de un controlador de velocidad variable de un motor puede tener una intensa exposición local a los campos EM y al encerrar a ambos en un armario metálico puede tener problemas de inmunidad EM. Se pueden utilizar blindajes y filtros para reducir las amenazas externas en un componente incorporado a niveles aceptables.

Las especificaciones técnicas resultantes para el componente comprado serán idealmente una lista de normas armonizadas de CEM, pero pueden tener que incluir modificaciones. Por ejemplo, un aumento de intensidad de campo a 30 V/m para hacer frente a los 4 vatios en VHF de los walkie-talkies a no menos de 50 cm en las frecuencias correspondientes. La figura 6 muestra las distancias a las que diversos tipos de transmisores de RF podrían provocar problemas de inmunidad.

Otro cambio también puede necesitar añadir normas, por ejemplo, pruebas de picos de sobretensión según la EN 61000-4-5 (Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas de choque), la EN 61000-4-8 (Ensayos de inmunidad a los campos magnéticos a frecuencia industrial), la EN 61000-4-11 (Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión) y la EN 61000-4-12 (Ensayos de inmunidad a las ondas oscilatorias (transitorios)). A veces también puede ser necesario el uso de normas no armonizadas EN, CISPR, IEC, ISO, IEEE, VDE, BS o AENOR o incluso el uso de normas especiales para especificar el rendimiento de la inmunidad requerida en una máquina.

Para completar las especificaciones técnicas de inmunidad de un componente comprado, se deben analizar las funciones que el componente desempeña (o que dependen de su correcto funcionamiento) para determinar su criticidad. Las funciones críticas de seguridad (por ejemplo, sistemas de paro de emergencia), no permiten ninguna degradación significativa de su rendimiento en todo el conjunto de amenazas electromagnéticas, incluidas las causadas por errores razonablemente previsibles, por uso indebido, sobrecarga, falta de otro componente, fallo de suministro, fusibles, etc.

Cuando la degradación de una función no relacionada con la seguridad

puede causar importantes pérdidas económicas (por ejemplo, pérdida de producción), o problemas de imagen por un proyecto (tal como el retraso en la puesta en marcha de una instalación importante), puede decidirse tratarla como si fuera de seguridad crítica. A las funciones menos importantes se les puede permitir una degradación temporal de su rendimiento ante transitorios. Funciones de vigilancia, informes de datos y alarma a menudo caen en esta categoría, siempre y cuando se recuperen automáticamente después del transitorio sin acción del usuario.

Este ejercicio debe dar como resultado una matriz en una hoja de cálculo con todas las funciones contra todas las amenazas EM, con el máximo permitido de degradación funcional para cada función cuando se expone a cada amenaza EM. El análisis de esta matriz es importante para decidir la criticidad de las funciones. Algunas fuentes de alimentación (DC) realmente cambian su tensión de salida cuando están afectadas por sobretensiones transitorias en su entrada, mientras que otras filtran esos transitorios sin desviación significativa de su salida. Los dos tipos de fuentes pueden decir que cumplen con la norma genérica correspondiente de inmunidad, ya que éstas permiten cualquier cantidad de degradación temporal del rendimiento durante las pruebas de transitorios (criterio nivel B). Cuando una fuente de alimentación alimenta unos indicadores luminosos puede ser

aceptable que durante un transitorio pueda tener fluctuaciones molestas. Pero cuando una fuente de alimentación alimenta un circuito con funciones críticas (por ejemplo, un autómatas, relés, contactores, solenoides neumáticos, el control de las operaciones de la máquina, etc) es obviamente importante elegir una fuente de alimentación que filtre correctamente los transitorios, especialmente cuando estos transitorios son frecuentes en el entorno de trabajo de la máquina.

**Las emisiones pueden ser demasiado altas**

Las normas armonizadas de emisiones permiten que se produzcan emisiones hasta un cierto nivel. Estas emisiones mínimas pueden ser demasiado altas en situaciones en las que un aparato sensible puede estar cerca. Esto es especialmente importante en algunos equipos científicos o médicos, sobre todo cuando se trata de mediciones sensibles. ¿Cuántos fabricantes de maquinaria, cuando se les pide que instalen una máquina piden automáticamente qué hay en el entorno cercano donde tal vez otras unidades podrían tener problemas de EMI con la nueva máquina?

El total de las emisiones EM de una serie de componentes incorporados a una máquina sobrepasarán sus emisiones individuales. En algunos casos, esto dará lugar a un espectro más

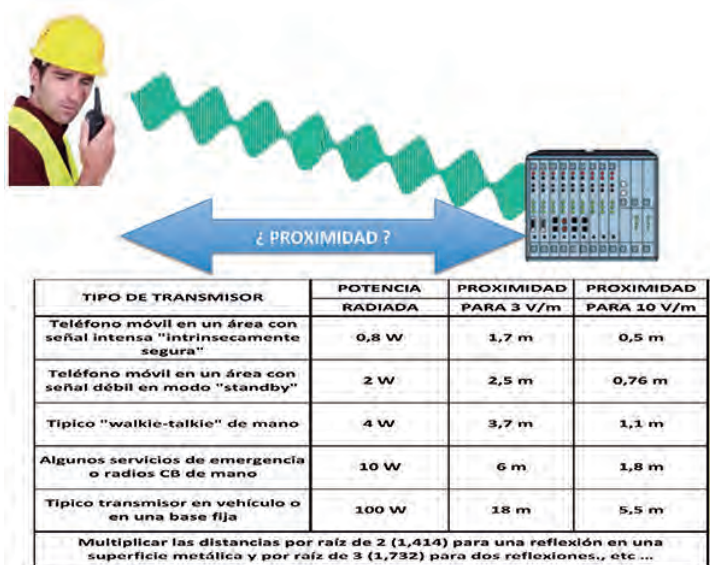


Figura 6: Distancias a las que diversos tipos de transmisores de RF podrían provocar problemas de inmunidad en la máquina.

ocupado, sin ningún aumento en los niveles emitidos, pero en otros casos, las emisiones de las distintas unidades estarán tan juntas en el espectro que se medirán niveles de emisiones más altos. Sin embargo, los niveles de las emisiones estándar que se aplican a una máquina final, que incorpora un número de componentes en un recinto con un solo cable de alimentación, frecuentemente difieren muy poco de los niveles máximos de emisión aplicables a los componentes incorporados.

Una forma aproximada, pero eficaz, para determinar si las emisiones de los componentes incorporados son propensas a crear un espectro ocupado, o si se sumarán, es la obtención de sus gráficos de emisión y dividirlos en segmentos de frecuencia, determinando el nivel máximo alcanzado en cada década. Luego convertimos la medición máxima de cada década de  $\text{dB}\mu\text{V}$  (o, para las emisiones radiadas,  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ) a microvoltios (o  $\mu\text{V}/\text{m}$ ). Entonces sumamos todos los niveles máximos de cada segmento de todos los componentes para dar el total de las emisiones máximas para esa década. Cuando las unidades funcionan a partir de un reloj maestro síncrono, hay que añadir las emisiones aritméticamente. Cuando las unidades operan a partir de relojes independientes, incluso si los relojes son nominalmente de la misma frecuencia, deben ser añadidos según la "raíz cuadrada de la suma de los cuadrados". Una vez sumados, el total de cada década se convierte de nuevo a  $\text{dB}\mu\text{V}$  o  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ . Luego comparamos estos valores con los límites máximos exigidos a la máquina final y todos deben ser inferiores.

Se pueden añadir filtros y blindajes para reducir los  $\text{dB}\mu\text{V}$  o  $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  totales, pero en estos casos es muy importante utilizar una selección correcta y buenas técnicas de montaje en su instalación. El aumento en los niveles emitidos es más probable que ocurra cuando se incorporan un número de unidades idénticas en un sistema final. Por ejemplo, en unidades idénticas cuyos relojes no están sincronizados, diez de ellas pueden directamente aumentar las emisiones totales en aproximadamente +10 dB. Pero si 10 unidades idénticas están sincronizadas con un "reloj maestro", se puede esperar tener unas emisiones globales de unos +20 dB con respecto al nivel de una sola unidad. Al conectar filtros de red a una

línea casi sin pérdidas, la impedancia se vuelve loca. El conjunto se puede abordar como una línea de transmisión con dos derivaciones y sus terminaciones finales. Tanto, en la rama principal como en cada extremo de las desviaciones, deben conectarse redes RC ("snubber") para amortiguar las resonancias y estabilizar la impedancia. La sección del cable de la rama principal determinará la impedancia característica principal de la línea. Para las emisiones debidas a los armónicos, la frecuencia de la red actúa como un reloj sincronizado, por lo que estas emisiones deben siempre ser añadidas aritméticamente. 50 'transformadores electrónicos' tendrían emisiones de armónicos 50 veces (+34 dB) más intensas que las de una sola unidad del mismo tipo. Por supuesto, esta es una técnica bastante aproximada, pero funciona bastante bien en la práctica.

### Especificación del componente

Una vez que se hace todo lo anterior, es posible escribir una especificación técnica completa para un componente a incorporar en la máquina. La especificación debe incluir todas las EMI que deberá ser capaz de soportar, la cantidad de degradación de rendimiento funcional permitido para cada función durante la aplicación de cada amenaza electromagnética y la cantidad de emisiones EM que no se deberá exceder. En muchos casos esta especificación podrá simplemente enumerar las normas armonizadas de CEM para describir los requerimientos de emisiones y de inmunidad del componente. Si las funciones críticas no están en juego, las especificaciones de la degradación funcional debido a las EMI pueden ser

menos exigentes para el proveedor del componente. La especificación debe ser enviada a los proveedores de los componentes, señalando que se requerirá la evidencia independiente real de conformidad en el pliego del adjudicatario.

### Conclusiones

Las recomendaciones aquí presentadas por lo general requieren más trabajo a los diseñadores de lo que pueden estar acostumbrados, pero deben ser vistas como un enfoque para mejorar la eficiencia de la empresa, la rentabilidad y reducir los riesgos económicos y de pérdida de imagen.

La adopción de estas recomendaciones, por lo general dan como resultado:

- Ahorro de costos y tiempo en el proyecto
- Una mayor fiabilidad para el usuario final
- Una mejor calidad del producto
- Un nivel más bajo de las reclamaciones de garantías
- Una imagen de la empresa mejorada en el mercado y un mayor nivel de ventas repetitivas.

Desde el punto de vista del riesgo económico, siguiendo estas recomendaciones:

- Se reduce muy significativamente la exposición a las cláusulas de penalización en los contratos
- Se reduce el riesgo de la prohibición de estar en el mercado de la UE, en caso de incumplimiento
- Se reduce significativamente la exposición a las reclamaciones de responsabilidad por productos defectuosos.
- El costo global para el negocio de la adopción de estas recomendaciones debe ser neutro o incluso menor 🍀

### REFERENCIAS

- *Foros de discusión sobre compatibilidad electromagnética en LinkedIn*
- *REO UK, Good Practices in the Design and Construction of Fixed Installation*
- *Tim Williams and Keith Armstrong, "EMC for systems and installations", Newnes, 2000*
- *IEC TS 61000-1-2 Ed.2:2008 - "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 1-2: General – Methodology for the achievement of the functional safety of electrical and electronic equipment with regard to electromagnetic phenomena."*
- *Electromagnetic Compatibility for Functional Safety, The Institution of Engineering and Technology (IET), 2008*
- *Fixed Instalaltions, part 4, Guide for the EMC Directive 2004/108/EC (8th February 2010). [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/documents/emc/guidance/index\\_en.htm#!](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/documents/emc/guidance/index_en.htm#!)*