

Mayo 1997

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 1: Generalidades**

**Sección 1: Aplicación e interpretación de definiciones y términos fundamentales**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 1: General. Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms.*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 1: Généralités. Section 1: Application et interprétation de définitions et termes fondamentaux.*

### CORRESPONDENCIA

Este informe es equivalente al Informe Técnico CEI 1000-1-1:1992.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Este informe ha sido elaborado por el comité técnico AEN/CTN 20-21 *Electrotécnico* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 17588:1997

©AENOR 1997  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Teléfono (91) 432 60 00  
Fax (91) 310 40 32

31 Páginas

**Grupo 16**



**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2 DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Términos básicos</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Términos compuestos</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Términos de relación</b> .....	<b>6</b>
<b>3 APLICACIONES DE LOS TÉRMINOS Y DEFINICIONES DE LA CEM</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Generalidades</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Relación entre los diferentes niveles</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2.1 Niveles y límites de emisión y de inmunidad</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2.2 Niveles de compatibilidad</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3 Aspectos de las probabilidades y márgenes</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3.1 Ensayos normalizados</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3.2 Ensayos <i>in situ</i>, superposición</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3.3 Carencia de datos</b> .....	<b>16</b>
 <b>ANEXOS</b>	
<b>A INTERPRETACIÓN DE LOS TÉRMINOS Y DEFINICIONES DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA</b> .....	<b>18</b>
<b>B ENSAYOS NORMALIZADOS Y ENSAYOS <i>IN SITU</i></b> .....	<b>28</b>
 <b>REFERENCIAS</b> .....	<b>30</b>
 <b>ANEXO NACIONAL</b>	
<b>NORMAS PARA CONSULTA</b> .....	<b>31</b>
<b>CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS</b> .....	<b>31</b>

## INTRODUCCIÓN

Esta norma forma parte de la serie de Normas Internacionales CEI 1000, de acuerdo con la estructura siguiente:

### Parte 1: Generalidades

- Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)
- Definiciones, terminología

### Parte 2: Entorno

- Descripción del entorno
- Clasificación del entorno
- Niveles de compatibilidad

### Parte 3: Límites

- Límites de emisión
- Límites de inmunidad (en la medida en que no corresponden a la responsabilidad de los Comités de productos)

### Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

- Técnicas de medida
- Técnicas de ensayo

### Parte 5: Guías de instalación y de atenuación

- Guías de instalación
- Métodos y dispositivos de atenuación

### Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez dividida en secciones que serán publicadas bien como Normas Internacionales, o como Informes Técnicos.

Estas Normas e Informes serán publicadas en orden cronológico y numeradas consecuentemente.

Esta sección está identificada por la ACEC\* como norma básica de CEM.

---

\* ACEC (Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility) (Comité Consultivo de la Compatibilidad Electromagnética).

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este informe tiene por objeto dar una descripción y una interpretación de diversos términos que se consideran fundamentales por sus conceptos y aplicación práctica en el dominio del diseño y de la evaluación de los sistemas electromagnéticamente compatibles. Además este informe llama la atención sobre la distinción que es conveniente hacer entre los ensayos de compatibilidad electromagnética realizados en una instalación de ensayos normalizada y los realizados en el sitio en el cual un dispositivo (aparato o sistema) está instalado (ensayos *in situ*).

Los términos y sus definiciones se dan en el capítulo 2, y se encuentran en el Capítulo 161 del Vocabulario Electrotécnico Internacional [1]\*. La aplicación de estos términos está expuesta en el capítulo 3, y una interpretación de las definiciones se da en los anexos.

## 2 DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS

Los términos expuestos en el contexto de este informe son definidos más adelante. Cada definición está seguida de su referencia VEI, cuando esta definición y la nota que la acompaña eventualmente son idénticas a las dadas en [1]\*. Si no es éste el caso, la referencia VEI viene seguida de "A", o se indica que el término en cuestión no está definido en la CEI 50(161).

Los términos y definiciones pueden repartirse en tres grupos:

- 1 **Términos básicos**, como compatibilidad electromagnética, emisión, inmunidad y nivel.
- 2 **Términos compuestos**, combinación de términos básicos, por ejemplo nivel de emisión, nivel de compatibilidad y límite de inmunidad.
- 3 **Términos de relación**, poniendo en relación términos compuestos, por ejemplo margen de emisión y margen de compatibilidad.

### 2.1 Términos básicos

**entorno electromagnético** (161-01-01): Conjunto de fenómenos electromagnéticos existentes en un sitio dado.

NOTA/A – En general este conjunto depende del tiempo y su descripción puede exigir una aproximación estadística.

**perturbación electromagnética**; (161-01-05): Fenómeno electromagnético susceptible de crear anomalías en el funcionamiento de un dispositivo, de un aparato o de un sistema, o de afectar desfavorablemente la materia viva o inerte.

NOTA – Una perturbación electromagnética puede ser un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del medio de propagación en sí mismo.

**interferencia electromagnética** (161-01-06): Anomalía aportada al funcionamiento de un dispositivo, de un aparato o de un sistema por una perturbación electromagnética.

NOTA/A – Perturbación e interferencia son respectivamente la causa y el efecto.

#### NOTAS

- 1 En inglés las palabras "interference" y "disturbance" son utilizadas a menudo indistintamente.
- 2 En francés emplea también el término "perturbation électromagnétique" en el sentido de "brouillage électromagnétique".
- 3 En ruso los términos "vozmuscenie" y "pomeha" son a menudo utilizados en el mismo sentido.

---

\* Los números entre corchetes corresponden a la lista de referencias dadas al final de este informe.

**compatibilidad electromagnética; CEM** (abreviatura) (161-01-07): Aptitud de un aparato o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético de manera satisfactoria y sin producir el mismo perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentre en este entorno.

**emisión (electromagnética)** (161-01-08): Proceso por el cual una fuente proporciona una energía electromagnética hacia el exterior.

**degradación** (de funcionamiento) (161-01-19): Desviación no deseada de las características de funcionamiento de un dispositivo, de un aparato o de un sistema en relación a las características deseadas.

NOTA – Una degradación puede ser un defecto de funcionamiento temporal o permanente.

**inmunidad** (a una perturbación) (161-01-20): Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema a funcionar, sin degradación de calidad, en presencia de una perturbación electromagnética.

**susceptibilidad (electromagnética)** (161-01-21): Inaptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema a funcionar, sin degradación, en presencia de una perturbación electromagnética.

NOTA – La susceptibilidad en una falta de inmunidad.

**nivel** (de una cantidad) (no definido en la CEI 50(161)): Valor de una cantidad evaluada de una forma específica.

NOTA – El nivel de una cantidad puede ser expresado en unidades electromagnéticas, por ejemplo en decibelios en relación a un valor de referencia.

## 2.2 Términos compuestos

**nivel de emisión** (de una fuente perturbadora) (161-03-11): Nivel de una perturbación electromagnética de un tipo dado, emitida por un dispositivo, aparato o sistema particular y medida de una manera especificada.

**límite de emisión** (de una fuente perturbadora) (161-03-12/A): Valor máximo admitido de un nivel de emisión.

**nivel de inmunidad** (161-03-14/A): Nivel máximo de una perturbación electromagnética de un tipo dado, incidendo sobre un dispositivo, aparato o sistema de una manera especificada de forma que no genere una degradación de funcionamiento.

**límite de inmunidad** (161-03-15/A): Valor mínimo requerido del nivel de inmunidad.

**nivel de perturbación** (no definido en la CEI 50(161)): Nivel de perturbación electromagnética de una forma dada, medido de manera específica.

**nivel de compatibilidad** (electromagnética) (161-03-10/A): Nivel de perturbación especificada para la que existe una falta y aceptable probabilidad de compatibilidad electromagnética.

## 2.3 Términos de relación

**margen de emisión** (161-03-13/A): Relación de un nivel de compatibilidad electromagnética con el límite de emisión.

**margen de inmunidad** (161-03-16/A): Relación del límite de inmunidad con el nivel de compatibilidad electromagnética.

**margen de compatibilidad (electromagnética)** (161-03-17/A): Relación del límite de inmunidad con el límite de emisión.

NOTA/A – El margen de compatibilidad es consecuencia del margen de emisión y del margen de inmunidad.

NOTA GENERAL – Si los niveles están expresados en dB(...), se debe explicar, en las definiciones relativas al margen citado, "diferencia" en lugar de "relación" y "suma" en lugar de "producto".

### 3 APLICACIONES DE LOS TÉRMINOS Y DEFINICIONES DE LA CEM

#### 3.1 Generalidades

Las definiciones dadas en el capítulo 2 son definiciones fundamentales teóricas. Cuando son aplicadas en un caso particular para atribuir a los niveles de valores específicos, deben tomarse en consideración diversos aspectos. Algunos están expuestos en el este capítulo de modo que los ejemplos permiten comprenderlos mejor. Para la interpretación de los diversos términos empleados, se remite a los anexos A y B.

Los componentes de un sistema de base pueden dividirse en dos grupos.

- 1) los *emisores*, dicho de otra manera, los dispositivos, aparatos o sistemas que producen tensiones, corrientes o campos potencialmente perturbadores, y
- 2) los *dispositivos susceptibles*, dicho de otra manera, los dispositivos, equipos o sistemas cuyo funcionamiento puede ser degradado por el efecto de estas emisiones.

Ciertos dispositivos pueden pertenecer simultáneamente a los dos grupos.

#### 3.2 Relación entre los diferentes niveles

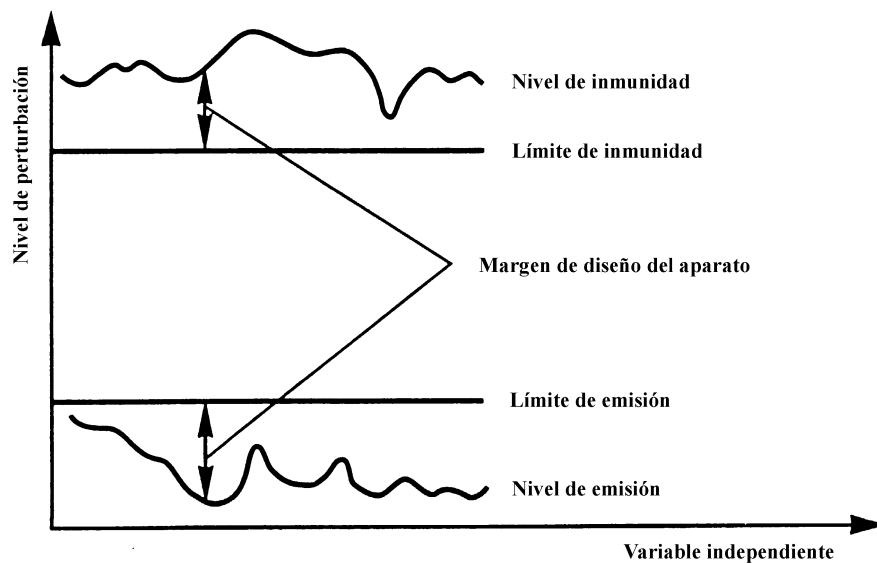
**3.2.1 Niveles y límites de emisión y de inmunidad.** La figura 1 representa una combinación posible de un nivel de emisión y de un nivel de inmunidad y los límites correspondientes, en función de una variable independiente cualquiera, por ejemplo la frecuencia, para un mismo tipo de emisor y un mismo tipo de dispositivo susceptible.

En la figura 1 el nivel de emisión es siempre inferior al nivel máximo admisible, o sea, el límite de emisión, y el nivel de inmunidad es siempre superior al nivel mínimo requerido, dicho de otra manera, el límite de inmunidad. De este modo, el emisor y el dispositivo susceptible están de acuerdo con los límites que le han sido asignado. Además, el límite de inmunidad elegido es superior al límite de emisión, y se ha supuesto que los niveles y los límites son funciones continuas de la variable independiente. Estos niveles y los límites pueden ser también funciones discretas de una variable independiente cualquiera (véase el ejemplo 1 en 3.2.2).

Los siguientes aspectos deben ser tomados en consideración.

##### *Aspecto A*

Representando los niveles de emisión y de inmunidad (y los límites correspondientes) sobre una misma figura, es necesario suponer que sólo se considera una sola perturbación de forma determinada, salvo que esté claramente, indicado que diferentes perturbaciones son examinadas y que la relación entre las diferentes perturbaciones está igualmente indicada.



**Fig. 1 – Límite de los niveles para un emisor y un dispositivo susceptible único en función de una variable independiente cualquiera (por ejemplo la frecuencia)**

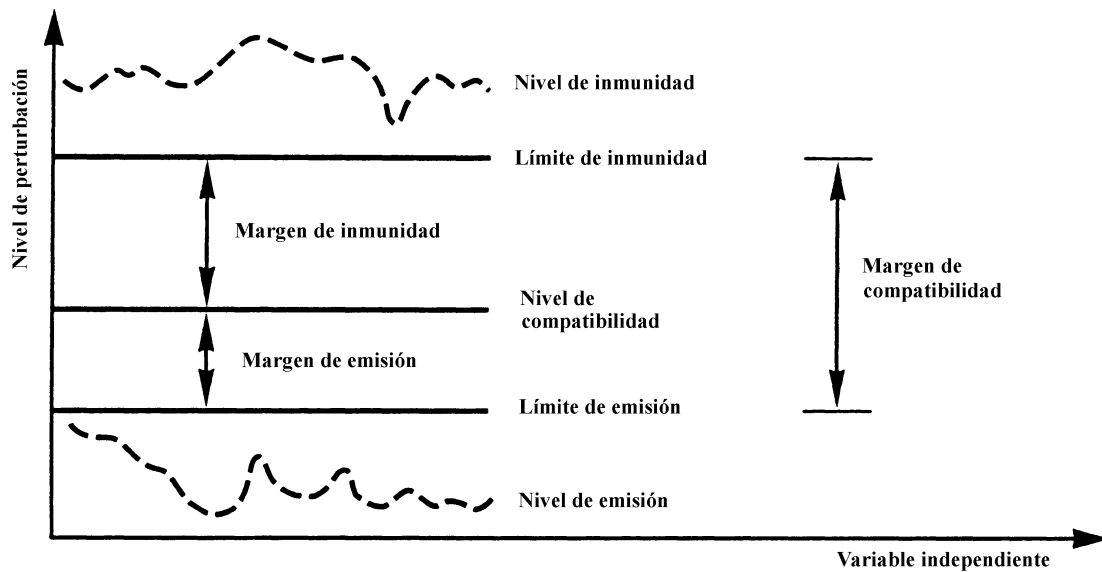
#### *Aspecto B*

La representación de los niveles de emisión y de inmunidad sobre una misma figura sólo está justificada cuando existe una gran similitud entre la manera según la cual el nivel de emisión de la perturbación considerada y la manera según la cual este tipo de perturbación se aplica sobre el aparato examinado están especificadas. La figura 1 indica en este caso una situación de compatibilidad electromagnética.

Sobre la figura 1 se puede ver un cierto margen entre el nivel medido y el límite correspondiente. Este margen puede ser llamado "margen de diseño del aparato". Se trata de un margen suplementario del diseño, con la finalidad de asegurar la conformidad con el límite si se efectúan ensayos de CEM. Despreciando la importancia que esto puede representar para los fabricantes, este margen no ha sido definido en la CEI 50(161) ni en este informe, pues los temas de diseño de los aparato son de responsabilidad exclusiva de los fabricantes.

**3.2.2 Nivel de compatibilidad.** La figura 2 representa el límite de emisión y de inmunidad de la figura 1, de forma que el nivel de compatibilidad está situado entre estos límites. Las líneas de puntos indican un nivel de emisión y de inmunidad posible para un solo emisor y un solo dispositivo susceptible. De nuevo, el aspecto A, de 3.2.1, es aplicable.





**Fig. 2 – Límite de emisión o de inmunidad y nivel de compatibilidad, en un ejemplo con un solo emisor y un solo dispositivo susceptible, en función de una variable independiente cualquiera (por ejemplo, la frecuencia)**

Los aspectos suplementarios siguientes deberán tomarse en consideración:

*Aspecto C*

El nivel de compatibilidad, que es un nivel de perturbación especificado, está expresado en la unidad correspondiente al límite de emisión. Si los límites de emisión y de inmunidad no se refieren a la misma perturbación (véase el ejemplo 2 más adelante), el nivel de compatibilidad puede ser expresado en la unidad correspondiente, ya sea al nivel de emisión, ya sea al nivel de inmunidad.

*Aspecto D*

Si el entorno electromagnético puede ser controlado, se puede elegir previamente un nivel de compatibilidad. A continuación, se deduce de este nivel los límites de emisión y de inmunidad, con el fin de obtener una probabilidad suficientemente elevada de CEM en este entorno.

Este aspecto indica que en un entorno controlable, se puede obtener la CEM de manera económica eligiendo inicialmente el nivel de compatibilidad según criterios financieros y técnicos de manera que se alcancen los límites de emisión y de inmunidad apropiados para los aparatos instalados, o por instalar, en este entorno.

*Aspecto E*

Si el entorno electromagnético no puede ser controlado, el nivel es elegido en función de los niveles de perturbación existentes o esperados. No obstante, quedan por establecer los límites de emisión y de inmunidad para que los niveles existentes o esperados de perturbación no aumenten para la instalación de un nuevo aparato y para que este aparato esté suficientemente inmunizado. Si los cálculos o los ensayos indican que una situación existente debe ser mejorada, por responsabilidad de las consecuencias financieras y técnicas debidas a los límites elegidos, el nivel de compatibilidad debe ser ajustado de modo que, consecuentemente, este acorde con los límites de emisión e inmunidad. A largo plazo, el nivel de compatibilidad ajustado se traducirá por una mejor relación coste-eficacia del conjunto del sistema.

*Aspecto F*

La definición de los límites a partir del nivel de compatibilidad depende de las cuestiones de probabilidad examinadas en 3.3. En general, estos límites no están a distancias iguales de los niveles de compatibilidad, véase también 3.3. En el apartado A.6, el nivel de compatibilidad está determinado en una situación ideal, donde las funciones de densidad de probabilidad son supuestamente conocidas.

Para ilustrar varios aspectos de 3.2.1 y 3.2.2, se dan dos ejemplos.

*Ejemplo 1:*

Supongamos que se debe definir un límite de inmunidad relativo a las perturbaciones en los armónicos de la frecuencia de la red, para un aparato conectado a la red pública de baja tensión. Supongamos por otra parte, que para el aparato considerado, la red sólo sirve como alimentación energética (no como señalización sobre la red, etc.). Como este ejemplo sólo es una ilustración de varios aspectos, se limitará a examinar los armónicos impares.

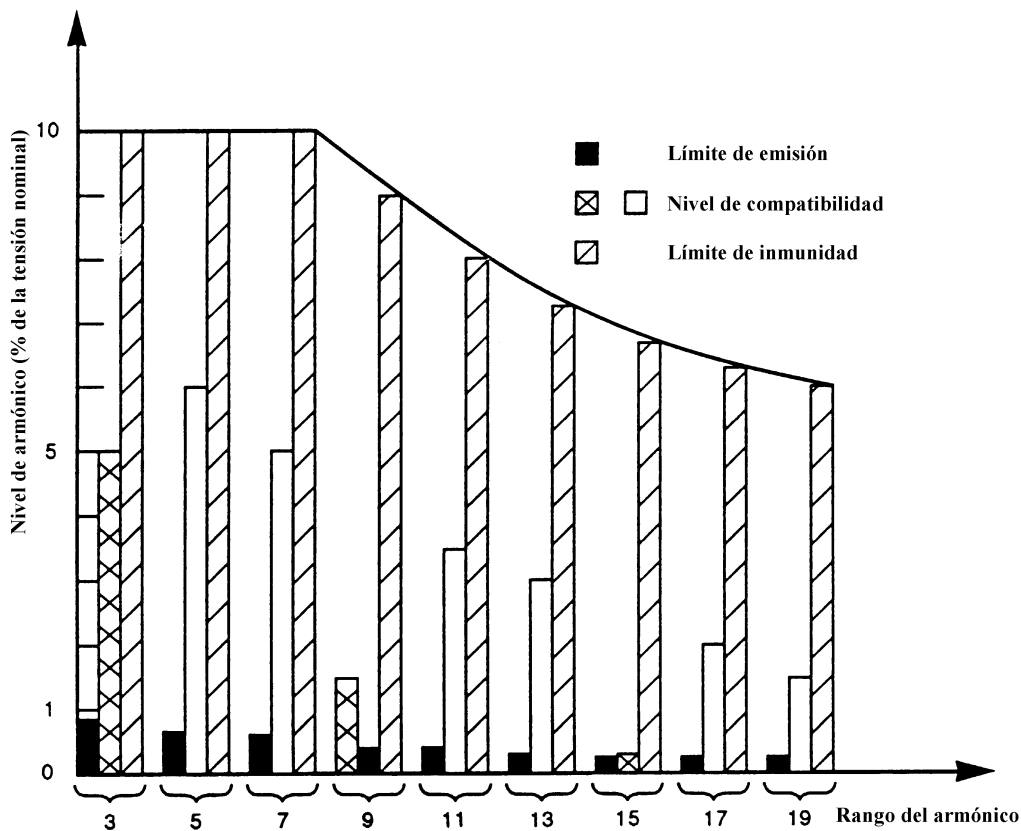
El nivel de las perturbaciones armónicas que aparecen en la red pública es difícil de controlar. Es por lo que se considerará en principio el nivel de compatibilidad  $U_c$  de [2]. En [2], este nivel está expresado en porcentaje de la tensión nominal siendo éste el criterio que se representa aquí (véase figura 3).

Para que la probabilidad de obtención de la CEM sea alta y aceptable, deben cumplirse dos condiciones:

- a) Para cada frecuencia, el nivel de tensión perturbadora  $U_d$  de la red, o sea, la tensión perturbadora producida por todas las fuentes de perturbaciones conectadas a esta red, debe presentar una alta probabilidad de satisfacer la relación  $U_d < U_c$  en los puntos donde  $U_c$  está especificado durante la mayor parte del tiempo.
- b) Para cada frecuencia, debe existir una gran probabilidad de que el nivel de inmunidad  $U_i$  de cada aparato conectado satisfaga la relación  $U_i > U_d$ .

La primera condición se cumple ampliamente si se toma el nivel de compatibilidad de [2].

La figura 3 indica igualmente el límite de emisión de una fuente de perturbaciones única. Si se sabe cuánto contribuyen las fuentes a  $U_d$ , y cómo se suman las perturbaciones armónicas, se pueden dar una estimación de  $U_d$  en esta red. El interés es notable en los casos donde los niveles son controlables, pues esta estimación abre una primera elección de  $U_c$  para una red particular. Por supuesto, la elección última depende también de las exigencias de inmunidad.



**Fig. 3 – Nivel de compatibilidad  $U_c$  para los armónicos impares de una red pública de baja tensión y ejemplos de los límites de emisión y límites de inmunidad correspondientes**

El límite de emisión está igualmente dado para ilustrar un problema. En la tabla 1 de [3], el límite de emisión está indicado como la corriente armónica máxima admisible, expresada en amperios. Sin embargo, la presentación de la figura 3 requiere un límite de emisión expresado en porcentaje de la tensión nominal. Este último límite puede ser deducido del primero cuando se conoce la impedancia de la red. En este ejemplo, se supone simplemente que esta impedancia es igual a la impedancia de referencia indicada en [3]. En consecuencia del razonamiento anterior, las relaciones de tensión armónica máxima, tomados de [3] del anexo A están reproducidos en la figura 3. Es de destacar que en [2], se hace una distinción entre los armónicos impares que son múltiplo de 3 y los que no lo son. En [3], esta distinción no se aplica para el límite de emisión.

El nivel de perturbación efectivo depende en gran medida del número de fuentes de perturbación, es decir del número de aparatos en servicio conectados a la red. En la red pública de baja tensión, el número de fuentes que ejercen una influencia notable, es en general significativamente más importante en las bajas frecuencias que en las altas frecuencias. De aquí que la incertidumbre cuando el nivel de perturbación efectivo sea netamente mayor a las frecuencias inferiores que a las frecuencias superiores. Esto es lo que ilustra la figura 3 donde, en el extremo de las bajas frecuencias, la distancia entre el límite de emisión (para un dispositivo único) y el nivel de compatibilidad (que tiene en cuenta la superposición de las perturbaciones) es netamente superior a esta misma distancia en el extremo de las altas frecuencias. Esta distancia, o dicho de otra manera, el margen de emisión, será examinado en 3.3.

Para cumplir la segunda condición es necesario un límite de inmunidad suficientemente elevado. Se da un ejemplo en la figura 3. Una distancia entre este límite  $U_c$ , es decir un margen de inmunidad (véase 3.3), es necesario pues:

- 1) subsiste una baja probabilidad de que en ciertos lugares y en ciertos intervalos de tiempo, el nivel de la perturbación sea superior al nivel de compatibilidad;
- 2) la impedancia interna  $Z_i$  de la fuente de perturbación empleada en el ensayo de inmunidad no será en general igual a la impedancia interna de la red propiamente dicha. (El examen del valor de  $Z_i$  a emplear en el ensayo de inmunidad está fuera del objeto de este informe).

Es posible especificar un límite continuo para el nivel de inmunidad, como se ilustra en la figura 3. Esto presenta la ventaja de que el límite se aplica igualmente a los armónicos pares, a los interarmónicos intermedios, y a todas las otras perturbaciones del intervalo de frecuencias dado. Se puede elegir una función continua que, al principio de este ejemplo, dado que se ha supuesto que la red no sirve más que de alimentación de energía o dicho de otra manera que sólo existe sobre la red un aparato que utiliza frecuencias diferentes de la frecuencia fundamental de la red. Para las necesidades de los ensayos, puede ser necesario convertir los porcentajes que representan el límite de inmunidad en la figura 3 en valores absolutos.

#### *Ejemplo 2:*

En este ejemplo, se verá que en ciertos casos, los niveles y los límites de emisión, de compatibilidad y de inmunidad pueden ser expresados en unidades diferentes.

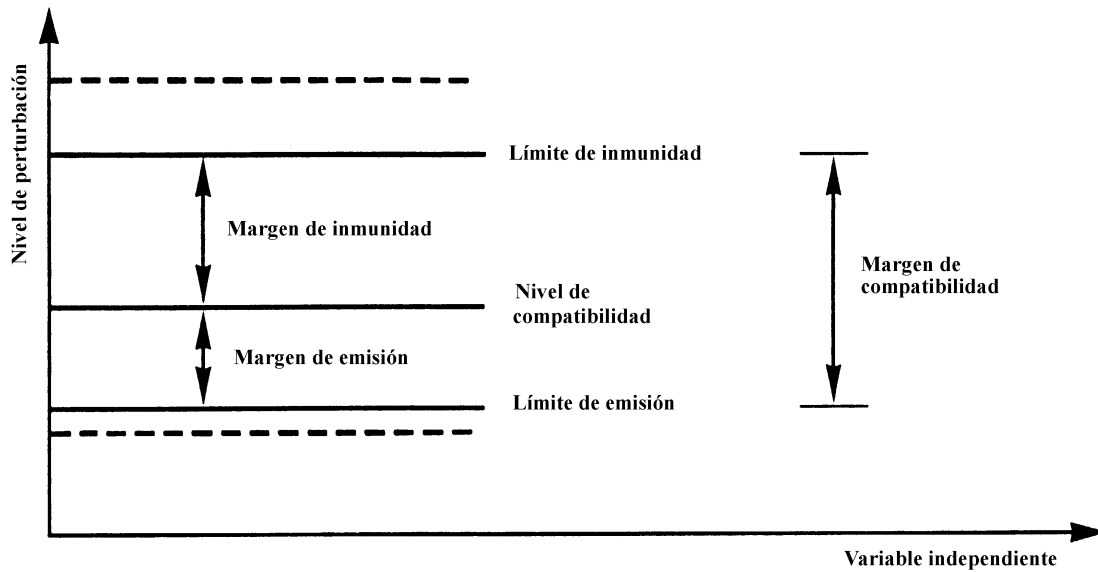
Se considera la inmunidad a los campos radioeléctricos de un aparato cuyas dimensiones son pequeñas en relación a la longitud de onda de este campo radioeléctrico. Es bien conocido que la inmunidad del aparato depende en gran medida de la inmunidad a las corrientes en modo común inducidas en los hilos conectados a este aparato [4]. Esto es por lo que los fenómenos radiados y conducidos, que están unidos deben ser considerados cuando se trata de examinar los medios para conseguir la compatibilidad electromagnética.

En lo que respecta al 3.2.1, dado que estudios complementarios han establecido una relación entre la intensidad del campo eléctrico y la f.e.m., es posible expresar el nivel de emisión indicado en la figura 1 como la intensidad del campo eléctrico (en dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ), por ejemplo) y el nivel de inmunidad como la fuerza electromotriz (en dB ( $\mu\text{V}$ ) por ejemplo) de una fuente de perturbación, por ejemplo un generador utilizado en el ensayo de inmunidad.

En lo que concierne a la figura 2 y los aspectos presentes, el nivel de compatibilidad puede en lo sucesivo expresarse en dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ) o en dB ( $\mu\text{V}$ ). Se comprenderá que el nivel depende de la unidad elegida. Además la elección del nivel de compatibilidad puede estar determinado igualmente por las propiedades de susceptibilidad del dispositivo susceptible considerado. Si los problemas de interferencia electromagnética son producidos sobre la demodulación del campo radioeléctrico, la degradación es (en una aproximación de primer orden) proporcional al cuadrado del nivel de perturbación radioeléctrica. Por tanto, se puede elegir un margen de inmunidad más grande que el margen de emisión (véase 3.3).

### **3.3 Aspectos de las probabilidades y márgenes**

Si los ensayos de emisión y de inmunidad han sido diseñados de tal manera que existe una buena correlación con los fenómenos electromagnéticos existentes, la situación ilustrada en la figura 4 puede representar una situación compatible sobre el plano electromagnético para el emisor único y el aparato susceptible único considerado.



**Fig. 4 – Límites, niveles de compatibilidad y márgenes, en función de una variable independiente cualquiera (por ejemplo, la frecuencia)**

En realidad, la figura 4 indica que el nivel de inmunidad es superior al límite de inmunidad, que a su vez es superior al límite de emisión, el cual a su vez es superior al nivel de emisión. No obstante, la situación descrita en la figura 4 no garantiza que existe una CEM en la situación real, pues subsisten incertidumbres, brevemente abordadas en el primer ejemplo de 3.2.2.

En relación con estas incertidumbres, una vez que se ha escogido un nivel de compatibilidad, los márgenes deben ser fijados entre estos niveles y los límites de emisión y de inmunidad a determinar. En la figura 4, los márgenes definidos en 2.3 están representados bajo la forma de trazos continuos. Las líneas de puntos corresponden al margen de diseño del aparato, a definir por el fabricante y ya abordados en 3.2.1. Cuatro incertidumbres importantes serán examinadas en los apartados siguientes.

**3.3.1 Ensayos normalizados.** En el caso de un ensayo normalizado (véase anexo B), se distinguen dos incertidumbres importantes que influyen en la amplitud de los márgenes entre el nivel de compatibilidad y los límites estipulados:

- 1 la pertinencia del método de ensayo;
- 2 el estado normal de las características de los componentes en el caso de equipos fabricados en serie.

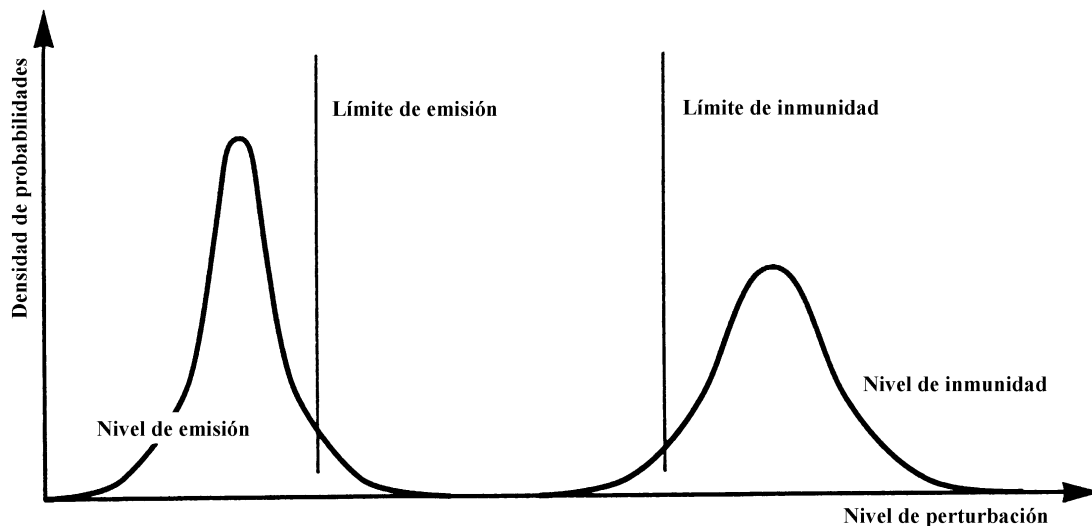
*Incógnita 1:* La pertinencia de los métodos de ensayo

Los métodos de ensayos normalizados, en particular, tienden, a partir de un número muy limitado de situaciones reales de ensayo, a cubrir un número casi ilimitado de situaciones reales en las que los equipos deben funcionar de manera satisfactoria. Así, la pertinencia del método de ensayo depende de la medida en la cual ésta cubra una situación real, lo que no es posible saber más que de una forma limitada.

Un ensayo de emisión normalizado está siempre efectuado en medio de un dispositivo de medida bien definido (sonda de tensión, antena, etc.) conectado a un aparato de medida bien definido, al lado de un dispositivo susceptible real. De forma similar, en los ensayos de inmunidad normalizados, el emisor es generalmente un generador bien definido, asociado a un dispositivo de acoplamiento bien definido, al lado de un emisor real. Sin embargo, los ensayos de emisión e inmunidad se efectúan para conseguir la CEM en los lugares donde los emisores y los dispositivos reales se entremezclan.

En general, los ensayos normalizados sólo toman en consideración un solo fenómeno a la vez, por ejemplo la emisión por conducción o la emisión por radiación. Una observación similar se aplica a los casos de ensayos de inmunidad. No obstante, en la situación real todos los fenómenos se producen simultáneamente lo que reduce la pertinencia de un ensayo normalizado.

En razón de la pertinencia limitada de un ensayo normalizado, son necesarios márgenes entre los niveles de compatibilidad y los límites de emisión e inmunidad.



**Fig. 5 – Ejemplo de las densidades de probabilidad para un nivel de emisión y un nivel de inmunidad, para un solo valor de la variable independiente**

*Incertidumbre 2:* Muestra normal de las características de los componentes

Los dispositivos, aparatos o sistemas no están todos ensayados antes de la instalación, en particular los que son producidos en serie. Si tal es el caso, se encontrarán distribuciones de datos de ensayo de este hecho en la muestra de las características de los componentes. Esto es lo que se ilustra en la figura 5. Por tanto, no se puede tener la certidumbre de que un equipo elegido al azar en un lote producido en serie estará conforme a este límite. Esta incertidumbre es examinada en detalle en el capítulo 9 de [5], en la "regla de la conformidad 80% - 80%". Las distribuciones están también determinadas por la reproducibilidad del método de ensayo.

Es de destacar que curvas similares a las representadas en la figura 5 podían establecerse para cada valor de la variable independiente en el ensayo de CEM estipulado. Por tanto, la figura 5 sólo puede aplicarse a los resultados de ensayos correspondientes a un solo valor de la variable independiente.

Después de la figura 5, se puede concluir que es muy poco probable que un equipo no cumpla el límite, y en razón del margen de compatibilidad elegido, la probabilidad de que ocurra un problema de CEM en este caso sea despreciable. La figura 5 muestra igualmente que el fabricante ha elegido un cierto margen en el diseño del aparato. En ciertos casos (véase por ejemplo [5], [6], la regla de conformidad del 80% - 80% engendra la necesidad de un margen mínimo en el diseño del aparato, cuando este margen depende de la muestra sometida al ensayo de CEM.

**3.3.2 Ensayos *in situ*, superposición.** Además de las dos incertidumbres mencionadas en 3.3.1, la superposición de las perturbaciones producidas por diversas fuentes presentes en la instalación da lugar a una incertidumbre.

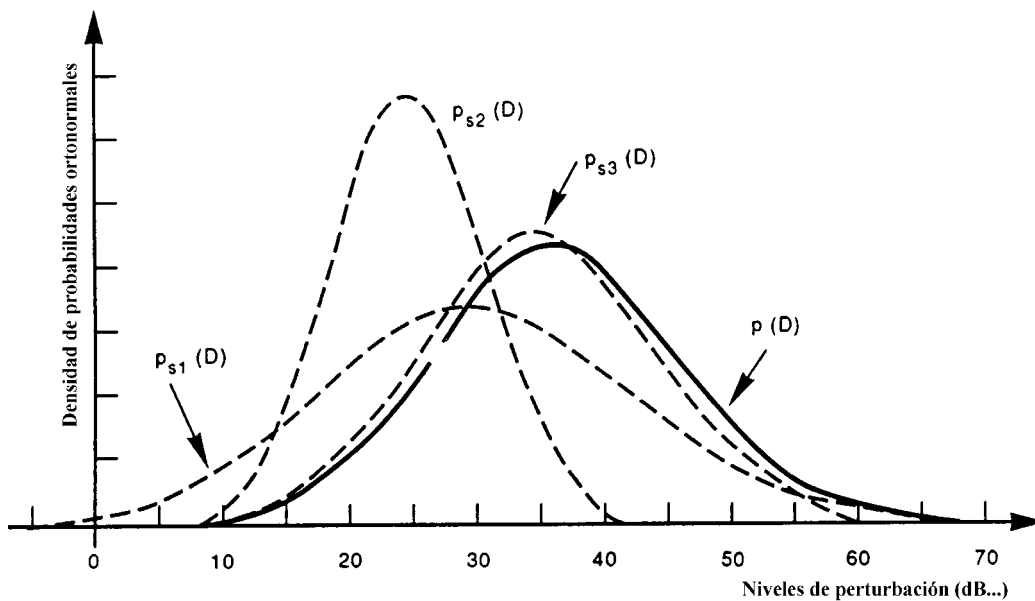
Se trata de la incertidumbre ligada a la perturbación del ensayo y es de señalar que un ensayo "in situ", es decir un ensayo en el lugar donde el aparato ensayado este en servicio, no está tan bien definido como en un ensayo normalizado (véase el anexo B). En particular, la impedancia de carga de un emisor es a menudo desconocida y depende a menudo del tiempo. Por ejemplo, la impedancia del sector en modo diferencial depende, entre otras, de los aparatos (en circuito o fuera de circuito) conectados a la red: Una observación similar es de aplicación cuando se considera la inmunidad. De hecho, los márgenes elegidos en la instalación pueden diferir de los tomados en los ensayos normalizados.

*Incertidumbre 3: Efectos de superposición, criterios multidimensionales*

En el lugar donde se encuentran los dispositivos susceptibles, el entorno electromagnético viene determinado por todos los dispositivos, aparatos o sistemas que emiten una energía electromagnética. Por tanto, numerosos tipos de perturbaciones (por "tipo", es necesario entender también la forma de onda, por ejemplo sinusoidal, impulso) pueden estar presentes simultáneamente. Si se considera una perturbación dada en un lugar dado, el nivel de perturbación viene dado por:

- a) La superposición de las perturbaciones del mismo tipo, donde cada contribución a las perturbaciones depende de las condiciones de carga de su fuente, de las propiedades de propagación electromagnética entre la fuente y el dispositivo susceptible, y del tiempo.
- b) Las contribuciones de otros tipos de perturbaciones, teniendo componentes en la banda de recepción del dispositivo sensible, donde cada una de las contribuciones está sujeta a los aspectos mencionados anteriormente en a).

La incertidumbre en cuanto al valor real del nivel de perturbación última engendra la necesidad de márgenes.



**Fig. 6 – Ejemplo de superposición de perturbaciones. La densidad de probabilidad de la perturbación resultante,  $p(D)$ , depende de las densidades de probabilidad  $p_s(D)$  de diversos tipos de fuentes**

*Ejemplo:*

Un ejemplo de superposición de perturbaciones mencionado en a), está ilustrado en la figura 6. En este ejemplo se ha supuesto que existen tres tipos de emisores produciendo la misma perturbación. Como en el caso de la figura 5, los resultados sólo pueden ser tomados en consideración para un sólo valor a la vez de la variable independiente. Las tres densidades de probabilidad correspondientes están representadas por  $p_{si}(D)$  ( $i = 1,2,3$ ). En este ejemplo, la densidad de probabilidad de la perturbación resultante,  $p(D)$ , depende en gran medida de  $p_{si}(D)$ . Es de resaltar que en general, esta densidad de probabilidad depende del tiempo, pues ella depende del número de fuentes en funcionamiento.

Se utilizan distribuciones gaussianas en los ejemplos de este informe. Son posibles también otros tipos de distribución.

El nivel de perturbación resultante es importante para todos los dispositivos susceptibles posibles en un sitio particular (en un sistema particular) o cada tipo de dispositivo susceptible tendrá propiedades de inmunidad específicas (véase figura 7), igualmente si estos tipos deben estar conformes con los límites de inmunidad. Además, en el lugar donde el dispositivo, aparato o sistema está instalado, diversos tipos de perturbación pueden afectar simultáneamente al dispositivo susceptible; se trata aquí de otro tipo de superposición. El nivel de inmunidad de un tipo de perturbación puede estar afectado por otro tipo de perturbación (véase anexo B). En consecuencia, el aparato tiene necesidad igualmente de márgenes suplementarios.

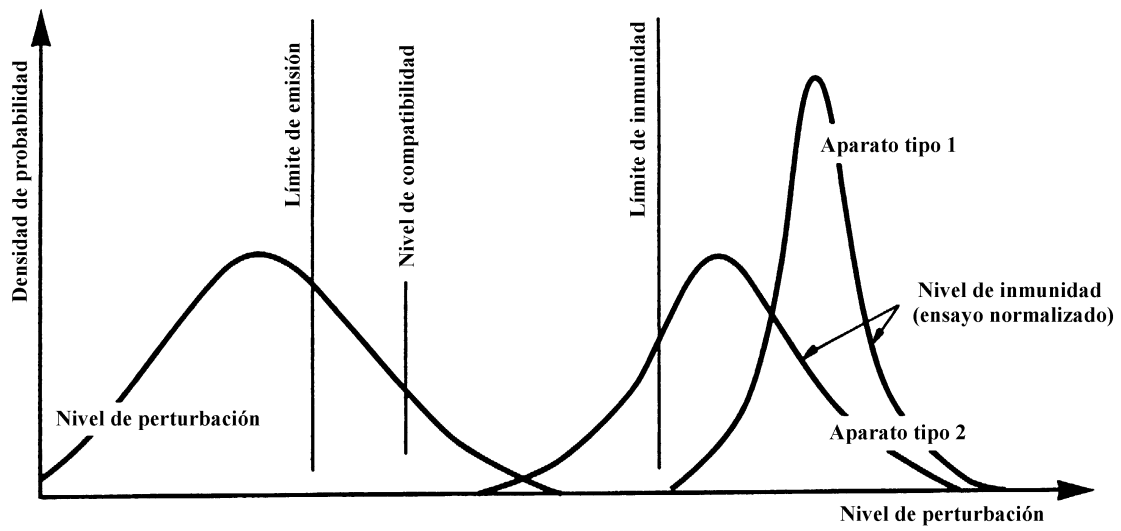
### 3.3.3 Carencia de datos

*Incertidumbre 4: Carencia de datos*

En general, no hay tiempo, o es imposible, medir el nivel de perturbación en todos los sitios posibles donde un dispositivo susceptible puede ser instalado. Consecuentemente, la densidad de la perturbación ilustrada en la figura 7 se conoce difícilmente. Por otra parte, la distribución de los niveles de inmunidad es a menudo desconocida. El último caso es aquel en que un sobrepaso del nivel de inmunidad se traduce en un riesgo (importante) de deterioración del dispositivo susceptible; la inmunidad está entonces sometida a un ensayo "funciona/no funciona", con un nivel de perturbación electromagnética igual al nivel mínimo de inmunidad requerido (o a un nivel superior aprobado), dicho de otra manera, el límite de inmunidad. Esta carencia de datos genera, todavía, una necesidad de márgenes comprendidos entre el nivel de compatibilidad y los límites prescritos.

En ciertos casos, la ausencia de ciertos datos relativos a las fuentes de perturbación puede ser importante si el empleo de los aparatos que funcionan normalmente en los entornos especiales se generaliza. Por ejemplo, se conoce bien la red con su frecuencia fundamental y sus armónicos y las impedancias correspondientes, se trata de perturbaciones conducidas en modo diferencial. Se conocen bastante menos los campos magnéticos inducidos por estas perturbaciones en situaciones concretas. Estos campos que en el futuro tendrán una gran importancia en razón de la creciente utilización de unidades de visualización de video y de microscopios electrónicos (en las industrias de alta tecnología), por ejemplo, pueden influenciar de forma muy importante el haz electrónico de estos aparatos. (Por otra parte, es imposible aislar los campos magnéticos de baja frecuencia con un blindaje económico).





**Fig. 7 – Ejemplo de densidad de probabilidad de la perturbación resultante (la suma de los niveles de perturbación producidos por diversos emisores) y los niveles de inmunidad de dos tipos de dispositivos susceptibles**

**ANEXO A**  
**INTERPRETACIÓN DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES**  
**DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

### **A.1 Generalidades**

Este anexo retoma los términos y definiciones presentes en el capítulo 2, para dar informaciones fundamentales sobre las definiciones adoptadas y sobre las consecuencias de los términos para describir las exigencias en materias de CEM.

### **A.2 Interferencia electromagnética, compatibilidad electromagnética y entorno electromagnético**

El continuamente creciente número de aplicaciones de los aparatos eléctricos y electrónicos se acompaña de un número igualmente creciente de dificultades operacionales. Una de las causas de esta situación es, como se ha constatado, que los componentes utilizados se perturban mutuamente bajo el efecto de las propiedades electromagnéticas de los dispositivos (aparatos o sistemas) presentes. Si todos los dispositivos pueden cohabitar en armonía, la compatibilidad electromagnética estará asegurada en el mundo entero. Desgraciadamente, esta situación no es universal y los problemas de interferencia (electromagnética) quedan por resolver.

En una situación de compatibilidad electromagnética el entorno electromagnético es tal que todos los elementos que lo componen están en armonía.

#### **A.2.1 Interferencia electromagnética**

La existencia de interferencia electromagnética antecede a todo examen de la compatibilidad electromagnética, por lo que esta es la definición que debe ser abordada en primer lugar.

##### *Interferencia electromagnética*

Desorden aportado al funcionamiento de un dispositivo, de un aparato o un sistema por una perturbación electromagnética.

La perturbación electromagnética mencionada en esta definición se define como sigue:

##### *Perturbación electromagnética*

Fenómeno electromagnético susceptible de crear desordenes de funcionamiento de un dispositivo, aparato o sistema, o de afectar desfavorablemente la materia viva o inerte.

Se pueden hacer las siguientes consideraciones:

##### *a) Interferencia/perturbación*

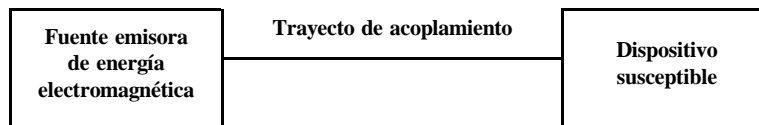
Los términos de "interferencia" y "perturbación" son a menudo utilizados sin distinción. No obstante, es de resaltar que "interferencia" se refiere a la degradación causada y que "perturbación" se refiere al fenómeno electromagnético que es origen de esta degradación.

Por consecuencia, si este fenómeno se describe como cantidad medible, por ejemplo una tensión, se hablará de tensión perturbadora ([1], sección 161-4) y no de tensión de interferencia.

b) *Problema de interferencia electromagnética de forma elemental*

La definición de interferencia electromagnética mencionada "degradación del rendimiento ..... causado por .....". Dicho de otra manera, bajo su forma elemental, un problema de interferencia electromagnética se compone de tres elementos (véase figura A.1), a saber:

- 1 un emisor, o sea una fuente emitiendo la perturbación electromagnética;
- 2 un dispositivo susceptible, o sea un dispositivo, un equipo o un sistema sufriendo una degradación de su funcionamiento;
- 3 un medio situado entre los dos, llamado el trayecto de acoplamiento.



**Fig. A.1 – Aspecto fundamental de un problema de interferencia electromagnética**

En consecuencia, los problemas de interferencia electromagnética contienen dos aspectos fundamentales: emisión y susceptibilidad, y se verá más tarde que la CEM presenta igualmente estos dos aspectos.

c) *Degradación*

La definición de este término es la siguiente:

**degradación:** Desvío no deseado de las características de funcionamiento de un dispositivo, aparato o sistema en relación a las características esperadas.

Es de resaltar que el calificativo "no deseado" se utiliza en lugar de "cualquiera", por ejemplo. Esta matización es muy importante, sobretodo en la especificación de CEM. Este tipo de desvío en relación a las características de funcionamiento operacionales, que se juzga indeseable, debe ser establecido en esta especificación.

*Ejemplo*

Supongamos que un sistema de cálculo debe funcionar sin degradación en presencia de ciertos tipos de interrupciones de la tensión del sector de este sistema. Así, los errores de cálculo causados por estas interrupciones constituyen siempre un desvío indeseable. Si la degradación puede ser evitada gracias a baterías de socorro, se constatará que las interrupciones ocasionan un ligero aumento del tiempo de cálculo pues el sistema debe pasar de la alimentación de la red a la alimentación por batería y a la inversa. En numerosos casos, esta desviación es perfectamente aceptable.

**A.2.2 Compatibilidad electromagnética**

Al principio del capítulo A.2, se puede leer. "Si todos los dispositivos pueden cohabitar en armonía, la compatibilidad electromagnética estaría asegurada en el mundo entero". En una situación de compatibilidad electromagnética, el entorno electromagnético es tal que todos los elementos que lo componen están en armonía. Si se puede añadir un dispositivo a este entorno sin crear interferencia electromagnética, se puede concluir que este dispositivo tendrá la característica de compatibilidad electromagnética. Entonces la definición de CEM:

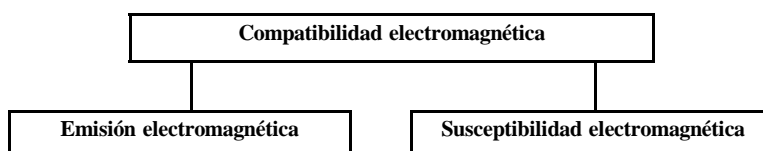
*Compatibilidad electromagnética; CEM*

Aptitud de un aparato o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin producir en el mismo perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier cosa que se encuentre en este entorno.

La armonía buscada se expresa de dos formas importantes que son los dos aspectos fundamentales de la CEM:

- 1 "funcionamiento de forma satisfactoria", significa que el dispositivo (aparato o sistema) "tolera a los otros", dicho de otra manera que este dispositivo (equipo o sistema) no es susceptible a las perturbaciones existentes en su entorno.
- 2 "sin producir perturbaciones intolerables", significa que este dispositivo "no afecte a los otros", dicho de otra manera que la emisión producida por este dispositivo (aparato o sistema) no se traduce por una interferencia electromagnética.

Los aspectos fundamentales de emisión y de susceptibilidad, ya mencionados para la interferencia electromagnética, son también los aspectos fundamentales de la compatibilidad electromagnética. Esto está ilustrado en la figura A.2 que representa el principio de una subdivisión, completado a continuación en la figura A.3.



**Fig. A.2 – Subdivisión de la CEM en dos aspectos fundamentales**

### A.2.3 Entorno electromagnético

En la realidad, se encontrarán normalmente numerosas fuentes (artificiales y naturales) de perturbaciones electromagnéticas, generando un entorno electromagnético en el cual pueden encontrarse dispositivos susceptibles. La diversidad de situaciones es infinita y una descripción completa del entorno electromagnético es pues muy compleja.

En tiempo normal, es posible determinar (estimar) el entorno midiendo separadamente ciertos parámetros de los fenómenos electromagnéticos como las tensiones, las corrientes, los campos, etc., en los puntos involucrados. En la mayor parte de los casos, se constatará que estos valores varían en el tiempo. De aquí que la definición siguiente del entorno electromagnético sea, en el contexto de la CEM:

*Entorno electromagnético:*

Conjunto de fenómenos electromagnéticos existentes en un lugar dado.

NOTA – En general, este conjunto depende del tiempo y su descripción puede exigir una aproximación estadística.

Se pueden sacar las siguientes conclusiones de utilización de entorno electromagnético en la definición de la CEM.

#### a) *Su entorno*

La definición de la compatibilidad electromagnética se refiere a su entorno y no a un entorno o a todos los entornos. Dicho de otra manera, si un dispositivo se caracteriza por la compatibilidad electromagnética en un entorno dado, no resulta forzosamente que se beneficiará de esta CEM en otro entorno dado. En la mayoría de los casos, las propiedades del entorno electromagnético no son jamás previsibles al 100%, pues dependen del tiempo y del lugar. Esto implica que las especificaciones de la CEM pueden ser establecidas únicamente de manera que exista una probabilidad reconocida o aceptable de que este dispositivo se beneficie de la CEM en ciertos entornos.

b) *Todo lo que se encuentra en este entorno*

La definición de la compatibilidad electromagnética menciona "todo lo que se encuentra en este entorno". Por consiguiente, otros dispositivos, aparatos o sistemas, pueden igualmente estar vivos. Este aspecto no es despreciable cuando los límites de emisión son fijados en campos electromagnéticos para asegurar la compatibilidad electromagnética.

*Ejemplo:*

Supongamos el campo electromagnético producido por importantes aparatos de calefacción radioeléctricos, en las situaciones donde se sabe que la distancia entre el aparato radioeléctrico y eventuales dispositivos susceptibles es grande y que el edificio produce una atenuación. Se podrá entonces fijar un límite que sea aceptable para estos dispositivos. No obstante, el operador que trabaja en el interior del edificio a muy corta distancia del aparato radioeléctrico, puede entonces estar expuesto a campos intolerables, como consecuencia de la variación de la intensidad del campo en función de la distancia con relación a la fuente.

### **A.3 Susceptibilidad/inmunidad**

Como la susceptibilidad es uno de los dos aspectos fundamentales de la compatibilidad electromagnética y de la interferencia electromagnética, la definición de este término es vasta y se expresa como sigue:

*Susceptibilidad:* Inaptitud de un dispositivo, aparato o sistema a funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética.

Lo opuesto a la noción de susceptibilidad es la inmunidad. La inmunidad se define como sigue:

*Inmunidad:* Aptitud de un dispositivo, aparato o sistema a funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética.

Se ve pues que las definiciones de la inmunidad y de la susceptibilidad no difieren más que en una sola palabra: donde la "aptitud" se emplea en la definición de inmunidad, es empleada la de "inaptitud" en la de susceptibilidad. Se puede entonces hacer la siguiente pregunta si la definición no difiere más que en una sola palabra, no será pues razonable el suprimir uno de los términos, sin especificar cual. La respuesta es "no", por las siguientes razones:

Como subraya el capítulo A.2, la necesidad de tomar en consideración la CEM de los dispositivos reside en la existencia de interferencia electromagnética, y en la existencia de dispositivos susceptibles. En general, será siempre posible encontrar una perturbación electromagnética que cause una degradación de las características de funcionamiento del dispositivo. Por esto es importante tomar en consideración la CEM, pues la susceptibilidad es una *propiedad de base* de la cuasi totalidad de los dispositivos. Este punto está también mencionado en la CEI 50(161), donde la nota que acompaña la definición de susceptibilidad estipula que la susceptibilidad es una "falta de inmunidad" [1]. Es por tanto necesario el dar un nombre a esta propiedad de base. Bien entendido, se podría hablar de una "falta de inmunidad", pero es más lógico el optar por un término único: susceptibilidad.

Sin embargo, el objetivo último es crear un mundo de compatibilidad electromagnética. De donde surge la necesidad vital de los dispositivos, aparatos y sistemas inmunizados. El término inmunidad es pues el que conviene emplear en las especificaciones de CEM. En general, se obtendrá la inmunidad por medidas preventivas o correctivas. Es de señalar que una exigencia de inmunidad está siempre especificada para un tipo dado de perturbación electromagnética, que incide de una forma específica (véase también el capítulo A.5).

#### A.4 Nivel y límite

Cuando se establezcan especificaciones de CEM, los valores específicos deben ser atribuidos a los niveles de perturbaciones electromagnéticas en casos particulares. La definición de nivel es la siguiente [7]:

*Nivel* (de una cantidad)

Valor de una cantidad evaluado de una forma especificada.

La perturbación electromagnética se define como sigue:

*Perturbación electromagnética*

Fenómeno electromagnético susceptible de crear anomalías de funcionamiento de un dispositivo, aparato o sistema, o de afectar desfavorablemente a la materia viva o inerte.

Si una cantidad debe ser evaluada de una manera específica, importa saber de que cantidad se trata. En consecuencia, la definición de un nivel de perturbación debe reflejar esta exigencia. Esta definición es la siguiente:

*Nivel de perturbación electromagnética*

Nivel de perturbación electromagnética de una forma dada, medida de una forma específica.

El calificativo "de una forma dada" se encuentra igualmente en la definición de otros niveles, como "nivel de emisión", "nivel de susceptibilidad", etc.

Hablando con propiedad, se puede decir que el añadido de "medido de una forma especificada" es superflua, pues la definición de "nivel" se refiere a "evaluado de una forma específica". No obstante, puede que la "forma especificada" no pueda aplicarse más que a un dispositivo de medida y con el instrumento indicador correspondiente. La expresión "medida de una forma especificada" implica la especificación de las condiciones de carga de la fuente de perturbación y una descripción detallada de la configuración del ensayo, que puede resumirse como sigue:

*Evaluado/medido de una forma/manera especificada*

*El dispositivo de medida* estará bien definido y elegido en función del tipo de perturbación a medir y de las propiedades de las señales útiles susceptibles de ser afectadas por la medida de la emisión.

*El aparato de medida* estará bien definido y elegido en función del tipo de perturbación y de las propiedades adjuntas a determinar. Las propiedades de las perturbaciones son por ejemplo las siguientes: amplitud de la cresta, energía, velocidad de subida, frecuencia de repetición, etc.

*Las condiciones de carga* de la fuente de perturbación deberán ser descritas. Una instalación de medida soportará ciertas impedancias de carga o la de las fuentes de perturbación del aparato ensayado. Estas impedancias pueden estar normalizadas, por ejemplo en ensayos de tipo, o pueden depender de las condiciones existentes en el lugar de la instalación, sobretodo en el ensayo "in situ" (véase también el anexo B).

*La configuración del ensayo* deberá ser descrita con detalle. Esta descripción debe tener en cuenta la elección de la referencia (masa), la posición del aparato ensayado y del aparato de medida en relación a la referencia, las uniones a esta referencia, las terminaciones de los bornes que no están unidas al dispositivo de medida y las condiciones de funcionamiento del aparato ensayado durante el ensayo. Además, a veces será necesario describir la disposición de los componentes del sistema y las configuraciones destinadas a optimizar el nivel de emisión, la longitud de los cables, el desacoplamiento de las componentes del sistema.

Una vez que el nivel ha sido determinado, debe emitirse un juicio en cuanto a este nivel: ¿es admisible o no? ¿responde a las exigencias o no? etc. En cuanto al establecimiento de especificaciones de CEM, las partes presentes pueden convenir a un nivel aceptable que entonces se llamará "límite". En el caso de una perturbación electromagnética, la definición del límite de perturbación es la siguiente:

### *Límite de perturbación*

Nivel máximo admisible de perturbación electromagnética.

Es de resaltar que, conociendo que el nivel de perturbación electromagnética está incluido en esta definición, el límite es especificado para una perturbación electromagnética de *forma dada* medida de *una manera especificada*. Es lo mismo para la definición de otros límites, como el "límite de emisión" y el "límite de inmunidad".

### **A.5 Emisión e inmunidad**

Como la emisión es uno de los dos aspectos fundamentales de la CEM y de la interferencia electromagnética, su definición es bastante larga, a saber:

#### *Emisión (electromagnética)*

Proceso por el cual una fuente proporciona energía electromagnética hacia el exterior.

Según esta definición, la fuente es normalmente un dispositivo, aparato o sistema, pero se puede tratar igualmente por ejemplo, de un ser humano o de un mueble. Estas dos últimas "fuentes" no son despreciables cuando se trata de fenómenos de descarga eléctrica estática. El rayo es un ejemplo de fuente natural.

En general la emisión estará determinada para prevenir la interferencia electromagnética. No obstante subsiste una cuestión espinosa: "¿Cual es el parámetro pertinente a determinar de la energía electromagnética y como debe ser determinado?". El problema es que raramente se conocen con exactitud las propiedades de los dispositivos, aparatos y sistemas. En otras palabras: se sabe raramente con precisión como un determinado elemento "mide y detecta" exactamente la emisión y, hablando con propiedad, se ignora lo que debe medir.

La experiencia nos ha enseñado que es necesario medir ciertos tipos de emisión. Pero, de hecho, todas estas medidas no son más que una tentativa de reemplazar dispositivos potencialmente susceptibles por dispositivos de medida definidos. En consecuencia un nivel de emisión puede venir determinado con una gran precisión, pero el resultado sólo puede ser una indicación de la probabilidad de obtención de la compatibilidad electromagnética.

La cantidad de energía electromagnética emitida puede ser expresada en un nivel de emisión (véase la definición en 2.2), si las condiciones relativas en la determinación de un nivel, examinado en el capítulo A.4, se cumplen.

Se necesita en este caso indicar el tipo de perturbación. Dicho de otra manera, es conveniente indicar que parámetro de energía electromagnética emitido se considera. Se pueden citar como ejemplos de parámetros: intensidad de campo magnético, intensidad de campo eléctrico, corriente en modo común, tensión de borne V[1]. Los parámetros representan de esta forma un fenómeno electromagnético determinado (es decir una perturbación, véase A.4), en la cual una parte de la energía electromagnética emitida se manifiesta. El término "parte" se elige aquí como intento, pues, en general, una fuente emite la energía electromagnética simultáneamente por conducción y por radiación.

El examen de las medidas de inmunidad obedece al mismo principio que en caso de las medidas de emisión. La única diferencia es que el aparato de medir definido (dispositivo más instrumento) es sustituido por una fuente de perturbación definida (generador más red de acoplamiento). El papel de esta fuente es el de sustituir todos los tipos posibles de emisores (impedancias desconocidas) por un emisor definido y reproducible.

La figura A.3 da un resumen de diversos aspectos de medidas de emisión y de inmunidad. La subdivisión entre ensayos normalizados y ensayos "in situ" será examinada en el capítulo B.1. Se resaltarán que las flechas más bajas de cada columna de la figura A.3 están dirigidas desde el "límite (de ensayo)" al "nivel (de ensayo)" para indicar que los niveles mínimos y máximos admisibles, por lo tanto los límites (véase 2.2), son cantidades a convenir.

Un nivel de inmunidad sólo puede ser conocido cuando ha sido alcanzado un nivel que origina una degradación, es decir después de una "falta de inmunidad", pues una susceptibilidad ha sido alcanzada. El nivel de inmunidad es a menudo desconocido en el caso en que un sobrepaso de este nivel se traduce en un riesgo (importante) de deterioro del dispositivo. Si este riesgo existe, se efectúa normalmente un ensayo "arranque/parada" justo al nivel de perturbación electromagnética igual (o superior en una proporción convenida) al nivel mínimo de inmunidad requerido, es decir al límite de inmunidad (véase igualmente 2.2).

#### **A.6 Nivel de compatibilidad y margen de compatibilidad**

A la vista de los apartados precedentes, es frecuentemente difícil, a menudo, de hecho, imposible, de garantizar una compatibilidad electromagnética total, simplemente por que la definición de la CEM está ligada a "su entorno electromagnético" como la totalidad (dependiente del tiempo) de los fenómenos electromagnéticos que surgen en el lugar donde se encuentra el dispositivo. Como explica el capítulo 3, es necesario aplicar el concepto de probabilidad (distribución estadística) para obtener una probabilidad suficientemente elevada de que existirá una compatibilidad electromagnética para ciertos tipos de perturbación electromagnética).

El nivel de compatibilidad y su margen, definidos en 2.2 y 2.3, y ya examinados en 3.2.2, pueden ser determinados según los principios (ideales) siguientes.



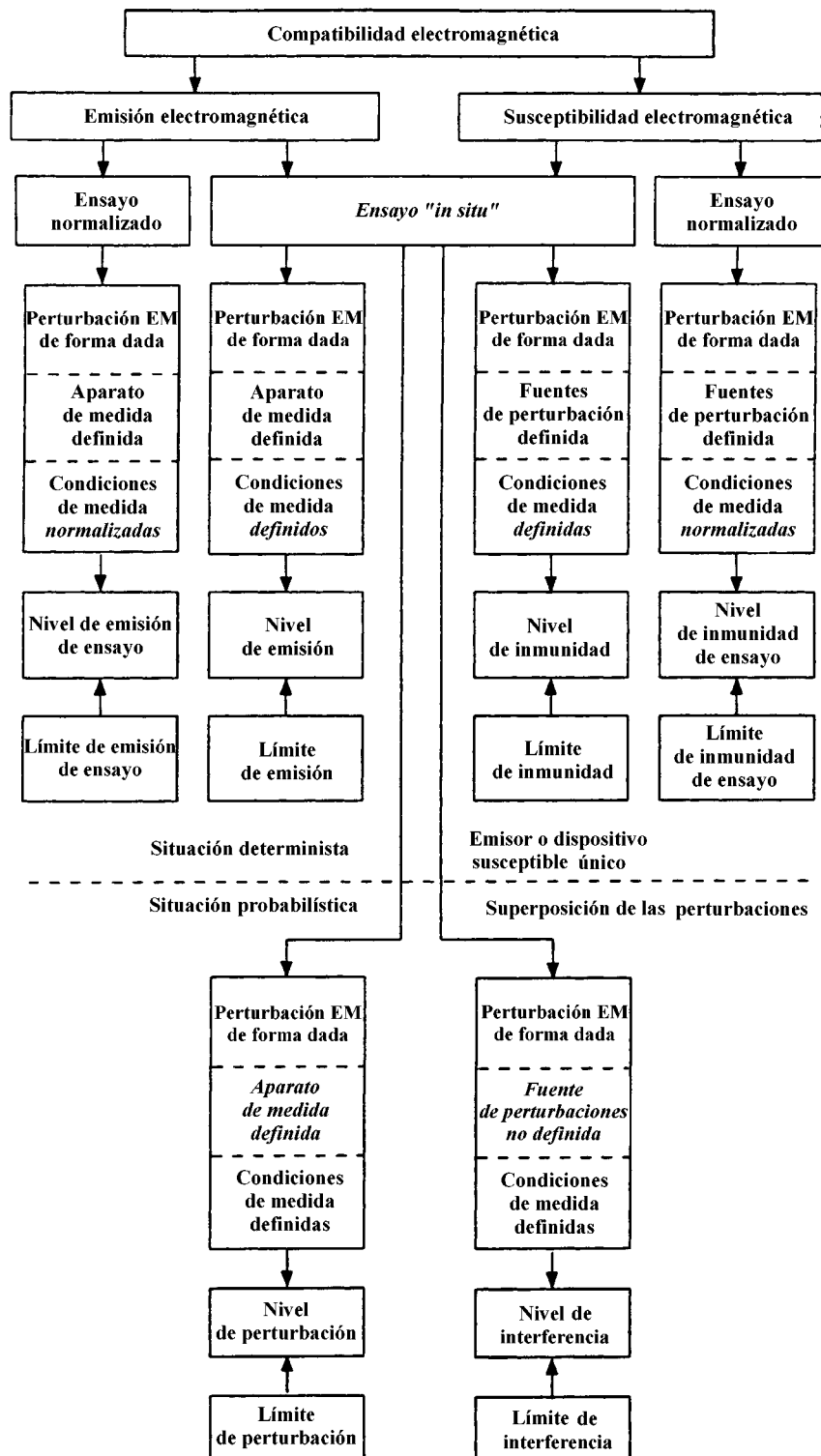
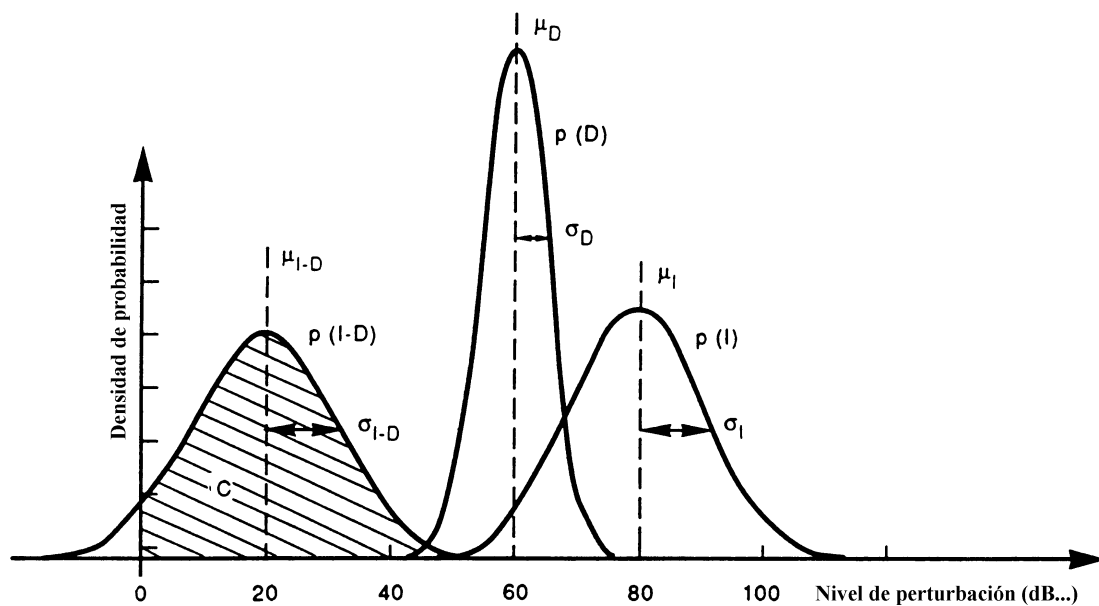


Fig. A.3 – Resumen de los diversos términos y condiciones de medida de la compatibilidad electromagnética (CEM)

Si se considera un cierto tipo de perturbación electromagnética para un cierto valor de la variable independiente (véase 3.3), y se suponen conocidas las densidades de probabilidad de la perturbación resultante  $p(D)$ , del nivel de perturbación y  $p(I)$  del nivel de inmunidad. Si se supone por otra parte que la condición de compatibilidad electromagnética viene dada por  $(I-D) > 0$ . Para encontrar la probabilidad  $C$  de que  $(I-D) > 0$ , pues  $C = P(I-D) > 0$ , la densidad de probabilidad  $p(I-D)$  es calculada al principio. A continuación se puede calcular la probabilidad  $C = P((I-D) > 0)$ , donde  $C$  corresponde a la zona situada bajo la curva  $p(I-D)$  con  $(I-D) > 0$ . La figura A.4 da un ejemplo numérico suponiendo distribuciones logarítmico normales para los niveles de perturbación y de susceptibilidad. Se puede concluir que existe una gran probabilidad de obtener una compatibilidad electromagnética, a pesar de la superposición de las curvas  $p(D)$  y  $P(I)$ .



**Fig. A.4 – Ejemplo de densidad de probabilidad  $p(D)$ ,  $p(I)$  y de la densidad resultante  $p(I-D)$ .  
La zona  $C$  situada bajo la curva  $p(I-D)$  para los valores  $(I-D) > 0$  da la probabilidad de obtener la compatibilidad electromagnética para el valor de la variable independiente considerada**

Para obtener la compatibilidad electromagnética, se puede proceder como sigue. Una vez que un cierto valor de  $C$  ha sido escogido, son impuestas restricciones a las posiciones relativas de  $p(D)$  y  $p(I)$ , teniendo en cuenta la longitud de las funciones de densidad. De la relación entre  $p(D)$  y el(los) límite(s) de emisión prescrito(s), y entre  $p(I)$  y el(los) límite(s) de inmunidad, esto es para el margen de compatibilidad electromagnética. Otras consideraciones de orden financiero y técnico conducen a continuación a la elección de los niveles de compatibilidad, a los límites de emisión y de inmunidad y a la posición de estos límites con relación al nivel de compatibilidad (véase también 3.2.2 y 3.3). En la definición de los límites, es necesario salvar el paso entre "situación probabilística", determinada por las posibles situaciones reales, y la "situación determinista", asociada a los ensayos normalizados.

La definición del nivel de compatibilidad es la siguiente:

*Nivel de compatibilidad (electromagnética)*

Nivel de perturbación especificada para el cual existe fuerte y aceptable probabilidad de compatibilidad electromagnética.

Se pueden formular las siguientes observaciones:

- a) La definición hace referencia al "nivel de perturbación". Está pues asociada a una perturbación electromagnética medida de una forma especificada. Además, se podría mencionar un nivel de compatibilidad de los armónicos del sector, un nivel de compatibilidad de los campos electromagnéticos, etc.
- b) El nivel da una indicación de la probabilidad de CEM, pero solamente en los sitios (del sistema) donde este nivel está especificado, pues la definición de CEM menciona "en su entorno". Así, no debe ser necesariamente aplicable al mundo entero. La elección de un nivel dependerá en gran medida de las condiciones de instalación.
- c) Si un nivel de compatibilidad está determinado, una interpretación cuantitativa de "fuerte y aceptable probabilidad" deberá ser dada por el Comité de CEI encargado del estudio de este nivel de compatibilidad.

## ANEXO B

### ENSAYOS NORMALIZADOS Y ENSAYOS *IN SITU*

Para verificar las especificaciones de CEM, se recomienda proceder a medidas de la emisión y de la inmunidad en situaciones normalizadas, de forma que ellas puedan ser verificadas en el mundo entero. No obstante estas medidas pueden ser útiles igualmente sobre el lugar donde un dispositivo, aparato o sistema está en servicio, por ejemplo en el caso de sistemas importantes sobre los que las medidas no pueden ser efectuadas más que en el emplazamiento, o para ver cuales son los resultados de un ensayo normalizado en la instalación.

#### **Ensayo normalizado**

Los ensayos normalizados presentan tres características fundamentales que permiten medir niveles de manera reproducible en todo el mundo:

- 1 Los tipos de perturbaciones electromagnéticas son examinados uno a continuación del otro.
- 2 En el caso de emisión: el dispositivo sensible y el indicador utilizado para determinar el tipo de perturbación están bien definidos. En el caso de inmunidad: la fuente que produce la perturbación electromagnética y la red de acoplamiento están bien definidas.
- 3 Las condiciones de medida están bien definidas y normalizadas.

Los detalles de estas características han sido ya examinados en el marco de los capítulos A.4 y A.5.

En los ensayos normalizados, el entorno electromagnético está siempre controlado de tal forma que el nivel de emisión y el nivel de inmunidad sean medibles. Este no es forzosamente el mismo que en la instalación, pues el entorno electromagnético no es entonces siempre controlable.

#### **Ensayo *in situ***

Las dos primeras características mencionadas anteriormente pueden encontrarse en el lugar donde el dispositivo, aparato o sistema está en servicio. La tercera propiedad no puede presentarse más que en una medida limitada. En particular, las condiciones de carga mencionadas en el capítulo A.5 no pueden estar todas normalizadas. Para hacer una distinción entre los resultados obtenidos en el ensayo normalizado y los obtenidos en una instalación, es preferible hablar respectivamente de nivel o límite de ensayo de emisión o de inmunidad y de nivel o límite de emisión o de inmunidad (véase figura A.3).

#### *Ejemplo*

Si la tensión perturbadora entre la tierra de referencia y la línea (o el neutro), siendo dicha tensión no simétrica  $V$  [1], ha sido medida con la ayuda de una red  $V$  [1] en el ensayo de emisión normalizado y que, en el ensayo "in situ", esta tensión es medida entre una tierra de seguridad y la línea (o el neutro), la impedancia de carga de la fuente de la perturbación es desconocida a priori. Si se mide esta impedancia, se encontrará normalmente una cantidad dependiente del tiempo, pues la impedancia depende de las condiciones de carga de la red. Entonces, el nivel no debe ser constante necesariamente en un emplazamiento dado, si el período tomado en consideración es largo. Por consiguiente, el nivel no puede ser en lo sucesivo reproducido en todo el mundo.

En el caso de medidas de emisión, otras fuentes de perturbación pueden emitir ya una perturbación del tipo a medir de un nivel tal que la contribución del dispositivo, aparato o sistema a medir esté enteramente ahogada o que, al menos, los resultados de la medida estén afectados por ruido ambiente. En este caso, no es posible afirmar que el nivel de emisión ha sido medido: sólo puede ser medido el nivel de perturbación (véase el capítulo A.4).

En el caso de medidas de inmunidad, otras perturbaciones electromagnéticas pueden tener en el mismo momento repercusiones sobre el dispositivo susceptible considerado y el nivel de inmunidad para un solo tipo de perturbación no resulta forzosamente independiente de la presencia de otro tipo.

*Ejemplo:*

La inmunidad de un sistema numérico a los transitorios de la red puede ser notablemente reducida cuando está sometido a un campo potente emanado de un emisor de radio o de televisión. Esta reducción es debida a la detección de señal radioeléctrica por los dispositivos semiconductores no lineales empleados en este tipo de sistemas. En tal caso, no es posible afirmar que el nivel o el límite ha sido determinado, sino solamente un nivel al cual se produce el ruido. Este nivel puede ser considerado como el nivel de ruido.

Es de señalar que los niveles de perturbación e interferencias son necesarios, en razón de la superposición de diversas perturbaciones electromagnéticas. En el caso de la emisión, las perturbaciones electromagnéticas de un tipo *especificado* (emitido por diversas fuentes) se suman, y determinan el nivel último de perturbación. En el caso de la inmunidad o de la interferencia, *diversos* tipos de perturbaciones electromagnéticas (emitidas por diversas fuentes) se suman y determinan el nivel último de interferencia de un dispositivo susceptible determinado.

**REFERENCIAS**

- [1] CEI 50(161):1990 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*
- [2] CEI 1000-2-2:1990 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 2: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas en baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión.*
- [3] CEI 555-2:1982 – *Perturbaciones producidas en las redes de alimentación por los aparatos electrodomésticos y los equipos análogos. Parte 2: Armónicos.*
- [4] CEI/CISPR Publicación 20:1985 – *Medida de la inmunidad de los receptores de sonido y televisión y sus equipos asociados en el ancho de banda de 1,5 MHz a 30 MHz por el método de inyección actual.*
- [5] CEI/CISPR Publicación 16:1987 – *Aparatos y métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas.*
- [6] CEI/CISPR Publicación 14:1985 – *Límites y métodos de medida de las características relativas a perturbación radioeléctrica de los aparatos electrodomésticos, herramientas portátiles y aparatos eléctricos análogos. Norma Europea EN 55014, CENELEC, Bruselas, Bélgica, 1986.*
- [7] G. Bell S. Sons Ltd. 1966 – *Webster's Third International Dictionary of the English Language*, p.1300.

## ANEXO NACIONAL

### NORMAS PARA CONSULTA

UNE 20503 – *Aparatos y métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas.* [CEI/CISPR 16]

UNE 21302-161 – *Vocabulario electrotécnico. Capítulo 161. Compatibilidad electromagnética.* [CEI 50(161)]

UNE 21806-2 – *Perturbaciones producidas en las redes de alimentación por los aparatos electrodomésticos y los equipos análogos. Parte 2: Armónicos* [CEI 555-2] [EN 60555-2]

UNE-EN 55014 – *Límites y métodos de medida de las características relativas a perturbación radioeléctrica de los aparatos electrodomésticos o análogos accionados por motor o con dispositivos térmicos, de las herramientas y equipos eléctricos análogos.* [CEI/CISPR 14] [EN 55014]

UNE-EN 55020 – *Inmunidad electromagnética de los receptores de radiodifusión y equipos asociados.* [CEI/CISPR 20] [EN 55020]

UNE-ENV 61000-2-2 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 2: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión.* [CEI 1000-2-2] [ENV 61000-2-2]

### CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

Este Informe UNE es equivalente al Informe Técnico CEI 1000-1-1:1992.

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono (91) 432 60 00

Fax (91) 310 40 32

**AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO**