

CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Según la Real Academia Española (RAE):

CALIDAD.- Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (qualitas, -ātis)



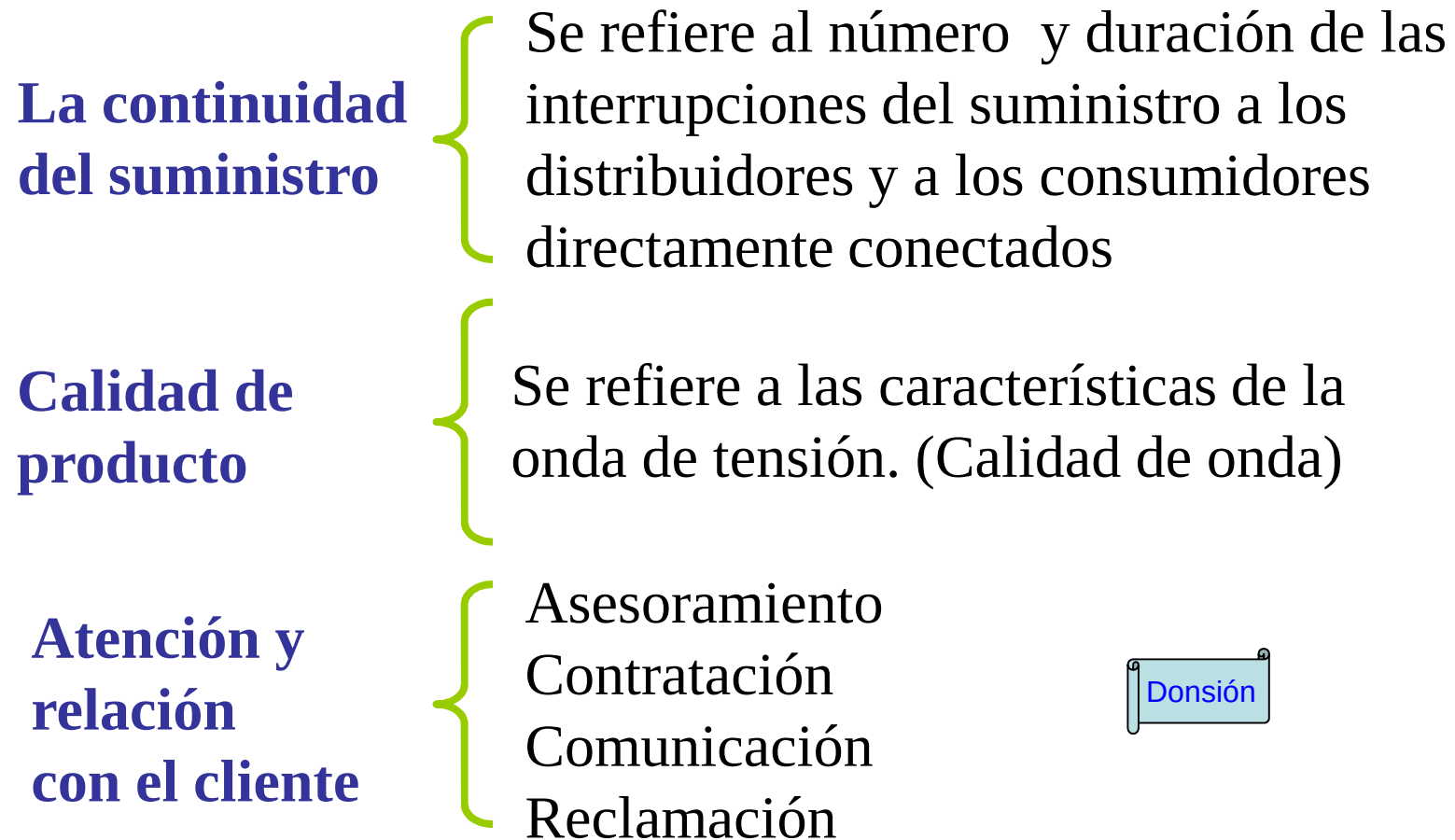
Según el RD1955/2000 art.99

Conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigibles por los sujetos, consumidores y por los órganos competentes de la administración..... configurada por el siguiente contenido:

-  Continuidad del suministro
-  Calidad del producto
-  Atención y relación con el cliente

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE POTENCIA

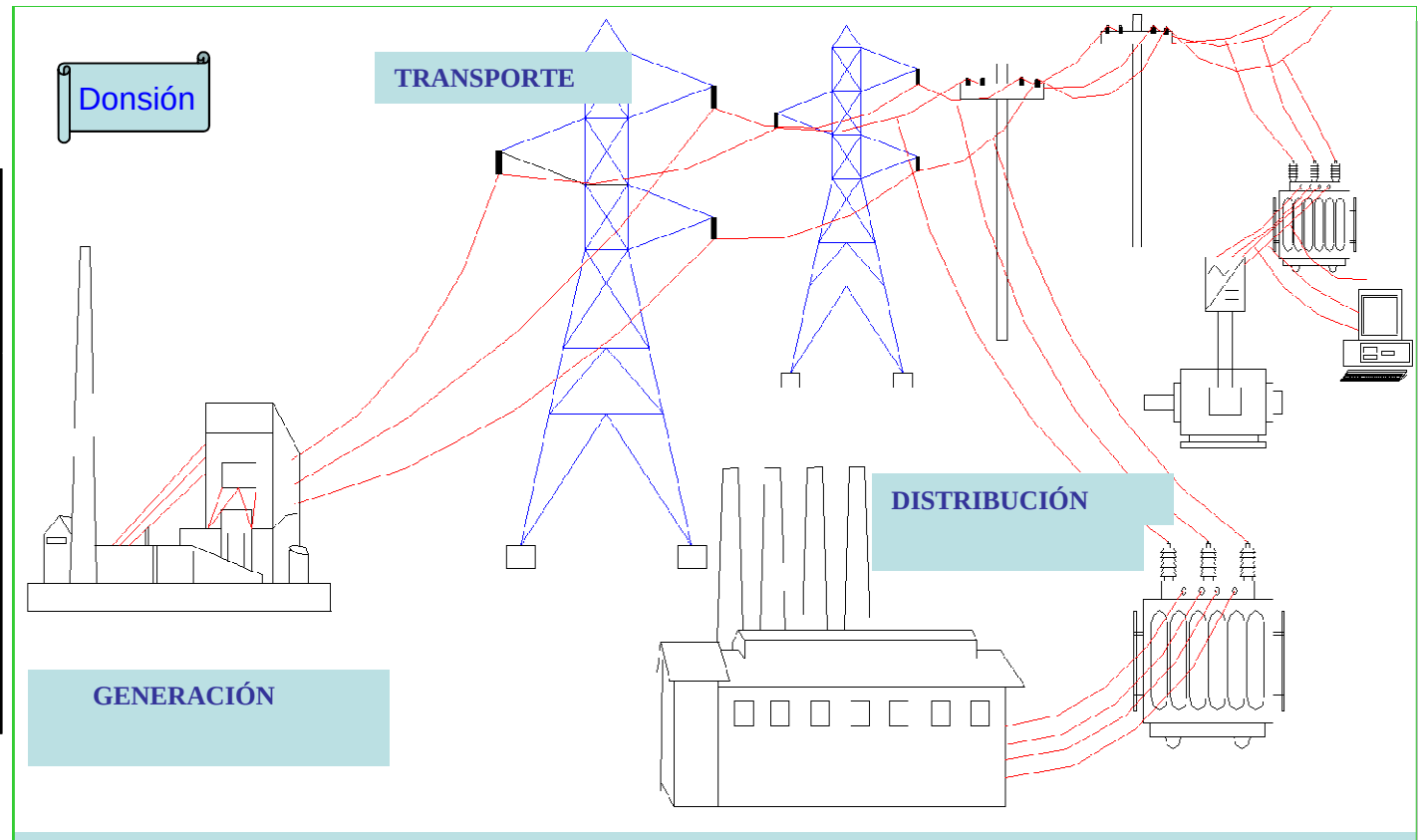
Aspectos a tener en cuenta en la
evaluación de la calidad de potencia:



CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

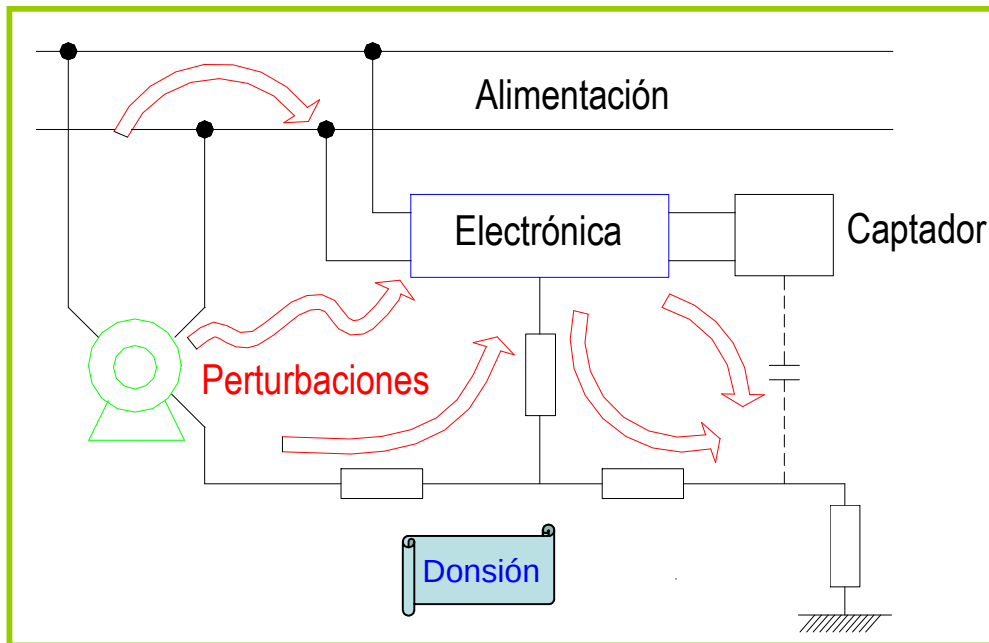
La electricidad llega a cada usuario, como es bien sabido, a través de un sistema que comprende: **GENERACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN**. Cada uno de estos componentes está sujeto a daños debidos a fallos eléctricos, mecánicos o químicos, además de los rigores climatológicos, desgastes por la edad, tormentas, interferencias por actividades humanas, etc. Todo ello puede afectar e incluso interrumpir el suministro a uno o muchos usuarios.

En estos sistemas pueden surgir **problemas de desadaptación** por causa de la relación generación/carga sujeta a cambios en las magnitudes de la generación y el consumo, lo cual puede afectar a la frecuencia.



Existen otras características que pueden tener efectos perturbadores en los equipos de los usuarios, las cuales pueden provenir de eventos transitorios impredecibles en el sistema, (fallos de conexión, faltas, fenómenos atmosféricos, etc). O bien ser el resultado de diversos usos de la electricidad que alteran directamente la **FORMA DE ONDA**. Equipos que demandan carga no lineal (electrónicos) que producen estos efectos

CALIDAD DE LA ONDA DE TENSION



El valor eficaz de la tensión y la frecuencia no definen totalmente la **"CALIDAD"** de una red, puesto que no indican nada acerca de la forma de onda o de su posible **DISTORSIÓN** con respecto al teórico valor sinusoidal. Dicha distorsión se mide, por lo general, por el contenido de **ARMÓNICOS**, cuyo origen suele encontrarse en algunos receptores que absorben corriente no sinusoidal. El fuerte incremento, tanto en número como en potencia, de los receptores que generan distorsión hace que actualmente se haya convertido en un tema de preocupación para compañías eléctricas, usuarios, fabricantes de equipos, universidades y autoridades responsables de la **NORMALIZACIÓN**.

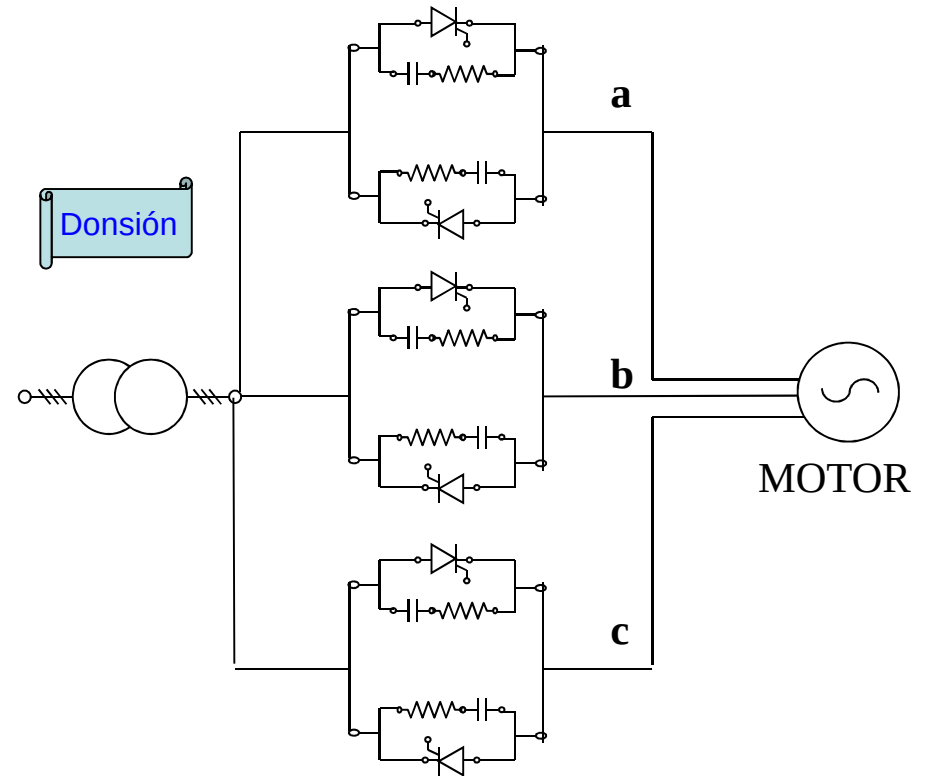
Lo que se denomina como **"RED DE ALIMENTACIÓN"** o simplemente **"RED"**, es la fuente de alimentación más comúnmente utilizada por la mayor parte de receptores. Los parámetros ideales de dicha red son:

-  a) Fuente de tensión sinusoidal
-  b) Valor de tensión constante en todos los puntos
-  c) Frecuencia constante.

En la práctica, estas condiciones no suelen cumplirse, ya que los propios generadores y la red de distribución presentan una cierta impedancia interna y otras no linealidades que ocasionan desviaciones con respecto al comportamiento ideal.

Así pues, se aceptan como normales ciertas desviaciones en el valor eficaz de la tensión y en la frecuencia, y se han establecido **normas** que marcan los límites tolerados para dichas desviaciones.

Hasta no hace mucho tiempo los **TRANSFORMADORES**, debido a la forma de onda distorsionada que presenta su corriente de vacío, eran los únicos elementos que introducían ARMÓNICOS en las redes eléctricas. Sin embargo, en la actualidad, y debido a la proliferación de elementos estáticos de control (SEMICONDUCTORES DE POTENCIA), con características tensión-corriente no lineales, hace que la situación haya cambiado sustancialmente volviéndose altamente preocupante y, hoy día, nuestras redes eléctricas se encuentran altamente **POLUCIONADAS**. Ante esta situación, es preciso establecer **NORMATIVAS** y, sobre todo, aportar **SOLUCIONES**.



PERTURBACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

DEFINICIÓN.

Una perturbación electromagnética **es cualquier fenómeno electromagnético que puede degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema...**

Una perturbación electromagnética **puede ser un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del propio medio de propagación.**

Una perturbación electromagnética se compone de un **campo eléctrico $\underline{E}$** , generado por una diferencia de potencial, y de un **campo magnético $\underline{H}$** , que tiene su origen en la circulación de una corriente I por un conductor.

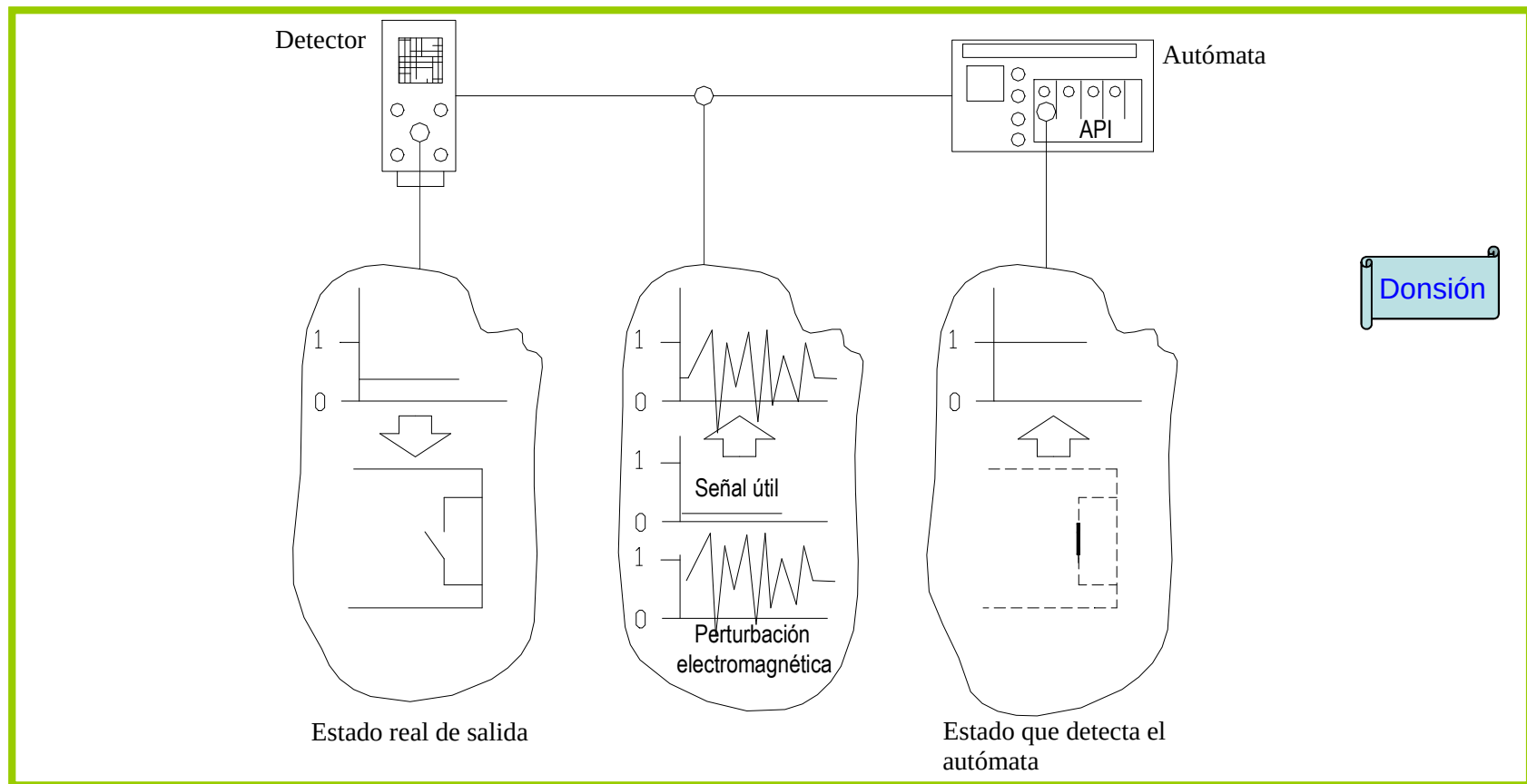
Una perturbación electromagnética “parasita” **no es más que una señal eléctrica no deseada que se suma a la señal útil**

Esta señal se propaga por **conducción**, a través de los conductores, y por **radiación** a través del aire...

Donsión

PERTURBACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Ejemplo de sistema



Según la frecuencia:

TIPOS DE PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

Donsión

DE BAJA FRECUENCIA “BF”

DE ALTA FRECUENCIA “AF”

ZONA DE FRECUENCIA:

$0 < \text{Frecuencia} < 1 \text{ MHz}$ (5 – 9 MHz)

Las perturbaciones de BF se transmiten por la instalación principalmente por **CONDUCCIÓN** (cables...)

ZONA DE FRECUENCIA:

$\text{Frecuencia} > 30 \text{ MHz}$

Las perturbaciones de “AF” se producen en la instalación principalmente por **RADIACIÓN** (aire...)

DURACIÓN:

Generalmente prolongada (algunas decenas de ms).
En algunos casos, el fenómeno puede ser permanente

DURACIÓN:

Impulsos AF. **Tiempo de subida del impulso < 10 ns**
El fenómeno puede ser permanente (rectificadores, relojes...)

ENERGÍA:

La energía conducida puede ser elevada y, como resultado, los aparatos interconectados funcionan mal o se averían

ENERGÍA:

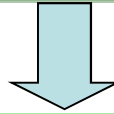
Generalmente, la energía radiada es baja y, como resultado, los dispositivos del entorno funcionan mal



Donsión



ANÁLISIS CUALITATIVO



Para realizar un ANÁLISIS CUALITATIVO, se ha de responder:

- 1.- ¿La perturbación es de BF o AF?**
- 2.- ¿La perturbación es conducida o radiada?**
- 3.- ¿La perturbación es permanente o transitoria?**

Una perturbación puede, a la vez, ser conducida y radiada y el rayo es un buen ejemplo de ello

Donsión

PERTURBACIONES DE BF

Los fenómenos de frecuencias inferiores a 1 MHz pueden ser estudiados utilizando esquemas eléctricos equivalentes simples. Los aislamientos galvánicos, en general, se comportan bien (son eficaces) y, en los cables de longitud normal, la corriente puede considerarse constante.

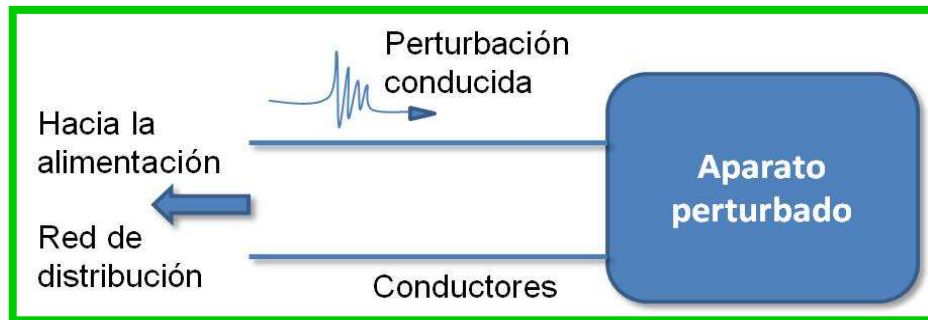
MEDIDA DE PERTURBACIONES DE BF

Por definición, una perturbación de BF tiene una duración larga, de al menos algunas decenas de microsegundos. Por ello, una de las grandes ventajas de las perturbaciones de BF es que **se pueden medir utilizando medios convencionales adecuados.**

MODULO DE TRANSMISIÓN DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

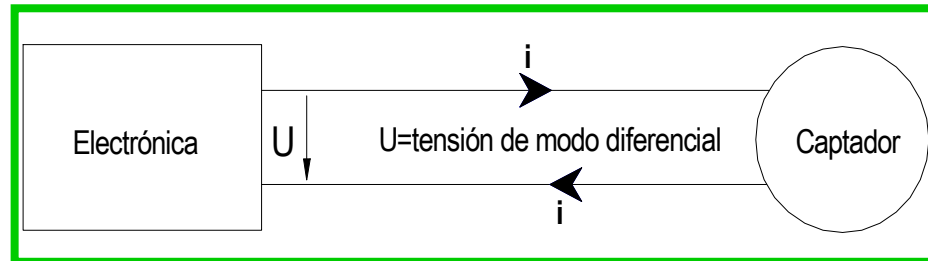
ACOPLAMIENTOS POR CONDUCCIÓN

Donsión



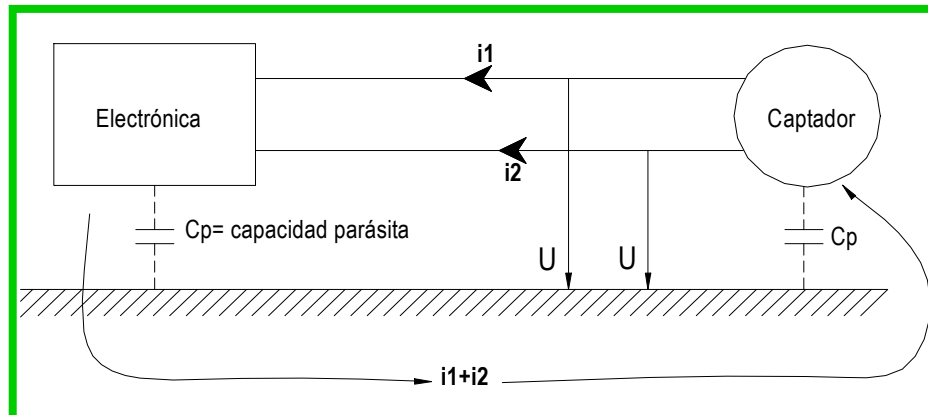
Las perturbaciones conducidas **se transmiten a través de los "conductores" eléctricos**. Por lo tanto, pueden transmitirse por: líneas de alimentación internas o red de distribución, cables de control, cables de transmisión de datos, bus, cables de masas, tierra, capacidades parásitas...

Por una conexión bifilar (2 hilos), una señal (útil o parásita) puede transmitirse de dos formas **MODO DIFERENCIAL Y MODO COMÚN**



MODO DIFERENCIAL

La corriente de modo diferencial (o modo serie) se propaga por uno de los conductores, pasa a través del aparato provocando, o no, un fallo en su funcionamiento y regresa por el otro conductor



MODO COMÚN

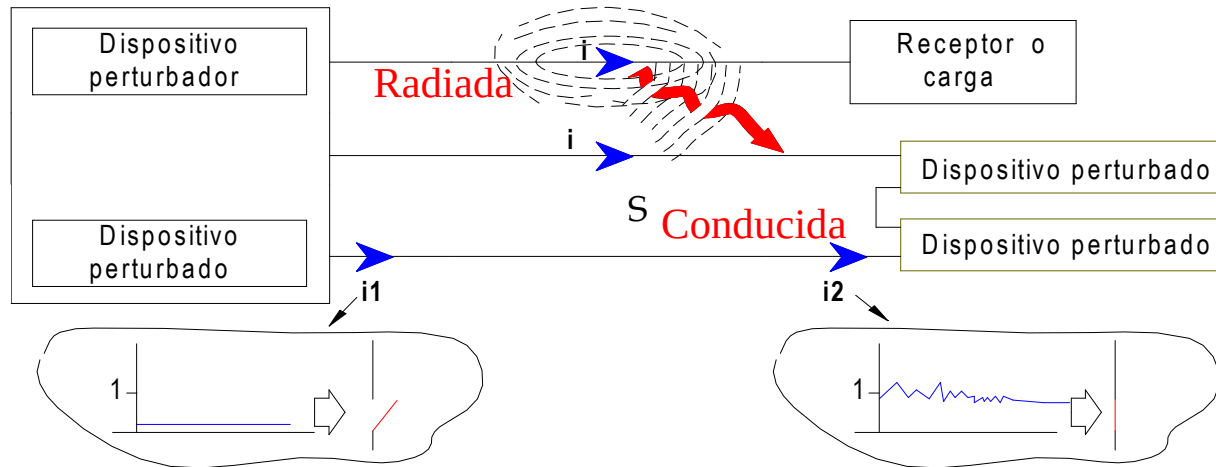
La corriente de modo común se propaga por los dos conductores en el mismo sentido y regresa a través de las capacidades parásitas

LAS PERTURBACIONES DE MODO COMÚN REPRESENTAN EL PRINCIPAL PROBLEMA DE LA "CEM" YA QUE SU TRAYECTORIA DE PROPAGACIÓN ES DIFÍCIL DE IDENTIFICAR

MODULO DE TRANSMISIÓN DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

ACOPLAMIENTOS POR RADIACIÓN

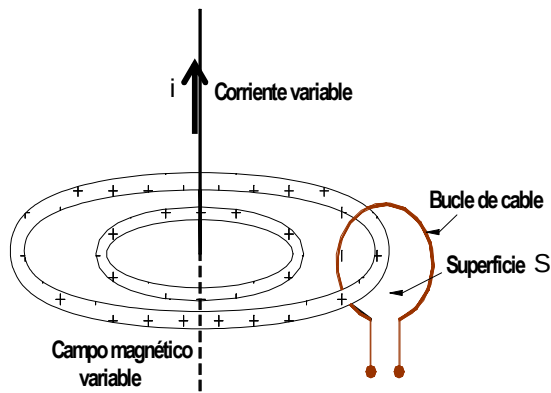
Donsión



Las perturbaciones radiadas **se transmiten por el medio ambiente (aire)**.

Según la naturaleza de la perturbación emitida, los acoplamientos pueden ser de dos tipos:

- ACOPLAMIENTO INDUCTIVO
- ACOPLAMIENTO CAPACITIVO



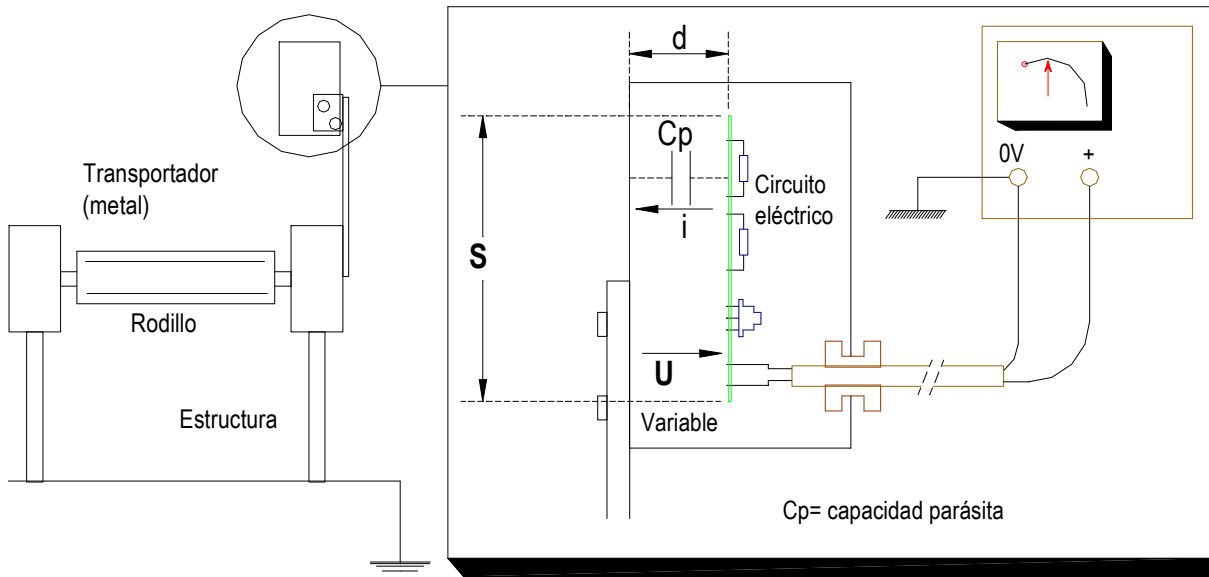
ACOPLAMIENTO INDUCTIVO

Si por un conductor eléctrico circula una corriente i elevada, se genera un campo magnético que irradia alrededor del conductor. Principalmente la generan los circuitos de potencia (que conducen corrientes elevadas) $> 10\text{ A}$

Siempre que un conductor eléctrico en forma de espira de superficie S se encuentre inmerso en un campo magnético variable aparece en sus bornas una tensión U alterna.

MODULO DE TRANSMISIÓN DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

ACOPLAMIENTO CAPACITIVO



Donsión

Aunque estas capacidades parásitas son totalmente despreciables a 50 Hz,

**TIENEN UNA IMPORTANCIA
CONSIDERABLE EN ALTA
FRECUENCIA "AF" Y PROVOCAN
FALLOS EN EL FUNCIONAMIENTO
DE LAS INSTALACIONES**

Siempre existe una capacidad no nula, **CAPACIDAD PARÁSITA** " C_p ", entre un circuito eléctrico (cable, componente) y otro circuito cercano (conductor, masa...).

Cualquier diferencia de potencial " U " variable entre estos dos circuitos genera una corriente eléctrica que circula de uno hacia otro a través del aislante (el aire...). La corriente " I " por la capacidad parásita aumenta con la frecuencia " f " de la tensión " U " en las bornes de la misma:

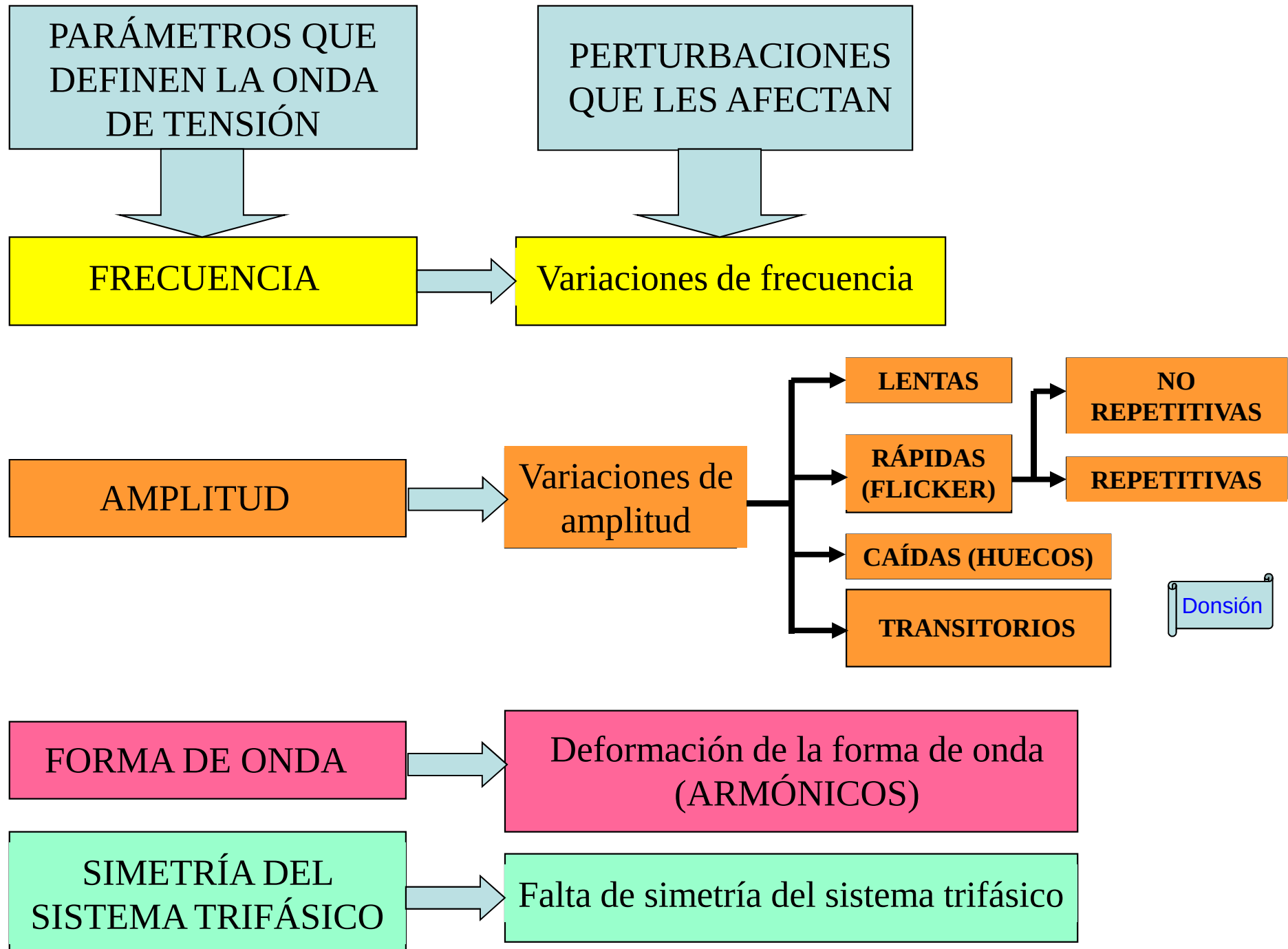
$$I = (U/Z)$$

$$Z = (1/C_p \omega)$$

$$I = U C_p 2\pi f = k f \quad (\text{para } U \text{ y } C_p = \text{Ctes})$$

C_p es proporcional a la superficie " S " que forman los dos circuitos

C_p es inversamente proporcional a la distancia " d " entre los dos circuitos



CLASIFICACIÓN DE LAS PERTURBACIONES

PARÁMETROS DEL SISTEMA	DENOMINACIÓN DE LA PERTURBACIÓN	MAGNITUDES Y/O DEFINICIONES
SIMETRÍA	DESEQUILIBRIOS	a) GRADO DE DESEQUILIBRIO b) GRADO DE ASIMETRÍA
FRECUENCIA	VARIACIONES DE FRECUENCIA	VARIACIONES EN % DE LA FRECUENCIA NOMINAL.
AMPLITUD	VARIACIONES LENTAS DE TENSIÓN	VARIACIONES EN % DEL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN CON DURACIÓN SUPERIOR A 10 s.
	VARIACIONES RÁPIDAS DE TENSIÓN (FLUCTUACIONES)	VARIACIÓN EN % RESPECTO AL VALOR EFICAZ DE LA TENSIÓN QUE EXISTÍA INMEDIATAMENTE ANTES DE OCURRIR ÉSTA. SON DE CORTA DURACIÓN. CASO PARTICULAR: EL EFECTO FLICKER.
	TRANSITORIOS (IMPULSOS)	IMPULSO.-VARIACIÓN DEL VALOR INSTANTÁNEO DE U, CON DURACIÓN ENTRE 10 MICROSEGUNDOS HASTA POCOS MILLISEGUNDOS.
	CAÍDAS DE TENSIÓN (HUECOS)	HUECO.- CAÍDA DE TENSIÓN, ($90\%U_n > U > 1\%U_n$), CON DURACIÓN ENTRE 10 MILLISEGUNDOS Y ALGUNOS SEGUNDOS
FORMA DE ONDA	DISTORSIONES ARMÓNICAS	ALTERACIÓN DE LA FORMA SENOIDAL DE LA ONDA DE TENSIÓN

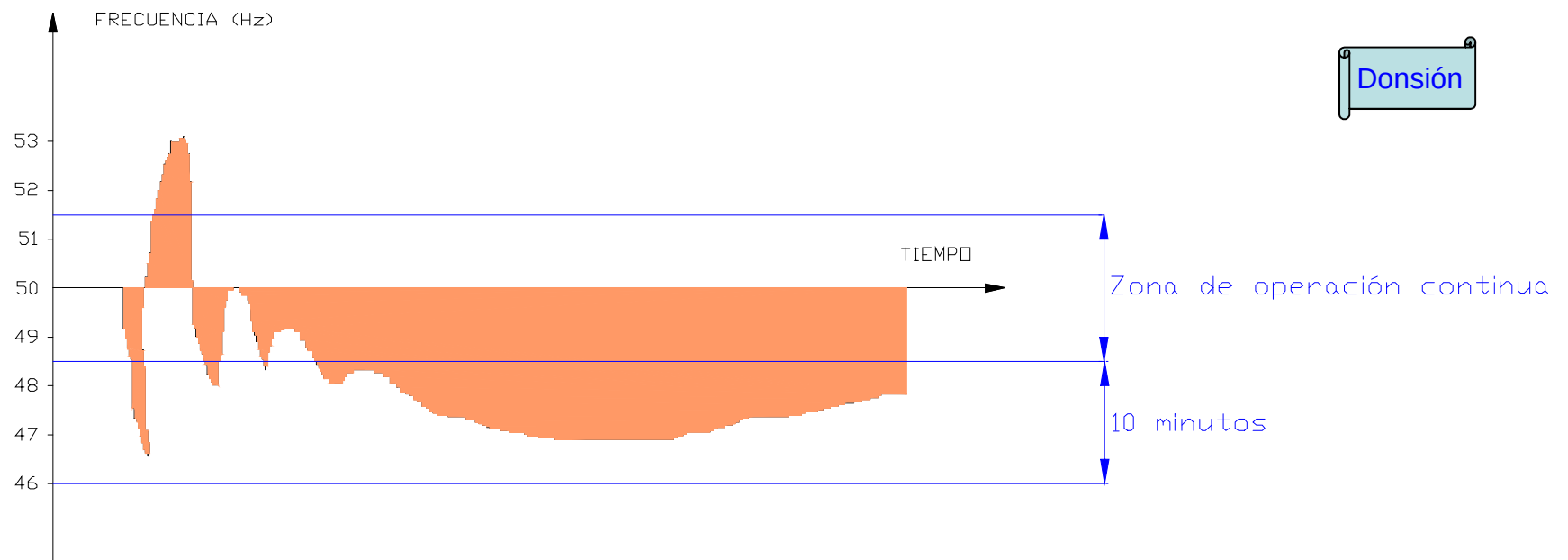
Donsión



Calidad del Producto

+ Variaciones de frecuencia

Se producen fundamentalmente por variaciones súbitas o importantes de la carga, bien por conexión o desconexión de cargas significativas o por desconexión de capacidad de generación en la red.





Calidad del Producto: Variaciones de frecuencia

Sus **efectos** se dejarán sentir en:

- ✚ Los equipos que utilizan la frecuencia como base para cálculo de tiempos
- ✚ Los equipos cuyo funcionamiento y potencia, o parámetros de control, dependen de la frecuencia (motores, bobinas de inducción, etc)
- ✚ En los equipos que se encuentran acoplados (generadores de centrales, autogeneradores)

Donsión

Sus efectos se deben compensar con deslastre de cargas, en el caso de que no se disponga de capacidad de generación suficiente, y proteger los equipos sensibles con protecciones de máxima y mínima frecuencia.

VARIACIONES DE AMPLITUD DE U

ORIGEN

EFECTOS

Donsión

LENTAS

- * CICLO DIÁRIO DE DEMANDA

RÁPIDAS

- * ALTERACIÓN BRUSCA DE LA DEMANDA DE RECEPTORES IMPORTANTES

TENSIONES IMPULSIONALES

- * ELIMINACIÓN DE FALTAS
- * MANIOBRAS DE BATERÍAS DE CONDENSADORES

VARIACIONES INST. DE TENSION

- * MANIOBRAS EN LA RED
- * FALTAS

- +* DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO O VIDA ÚTIL DE CIERTOS RECEPTORES

- +* RÉGIMEN DE OPERACIÓN VARIABLE CON POSIBLES DAÑOS EN RECEPTORES

- +* ACTUACIÓN DE PROTECCIONES

- +* FLICKER

- +* MAL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS

- +* MAL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS (ESPECIALMENTE LOS DE TECNOLOGÍA DIGITAL)

- +* AVERÍAS EN LOS RECEPTORES

- +* REPERCUSIÓN EN EQUIPOS DE CONTROL

- +* ACTUACIÓN DE LAS PROTECCIONES

- +* CAÍDA DE CONTACTORES



Calidad del Producto

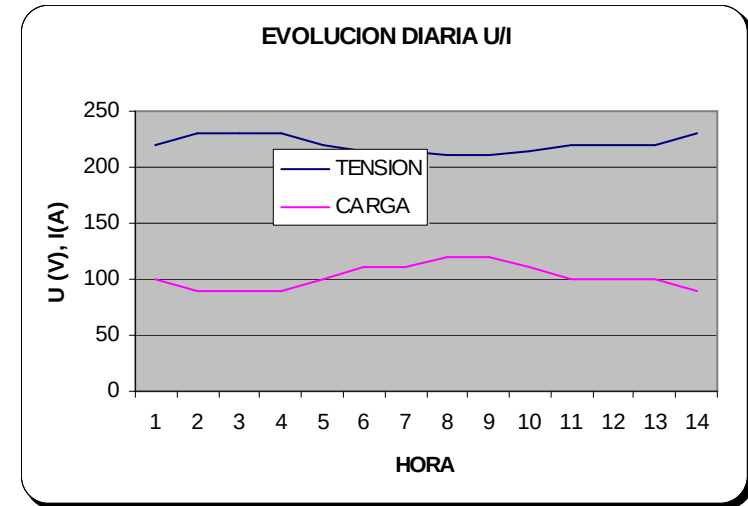
- Variaciones lentas de Tensión

La curva de evolución de la tensión va asociada a la curva de evolución de la carga, y por tanto su regulación depende de esta.

Las subtensiones y sobretensiones provocan:

Subtensiones:

- Iluminación deficiente
- Motores sin par suficiente, calentamiento y eventual quema.
- Fallos de sistemas de control



Sobretensiones:

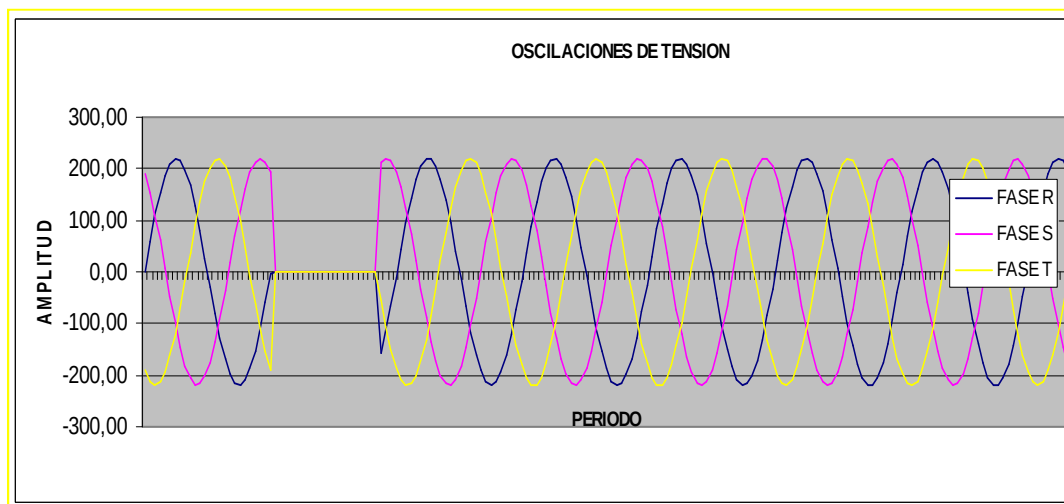
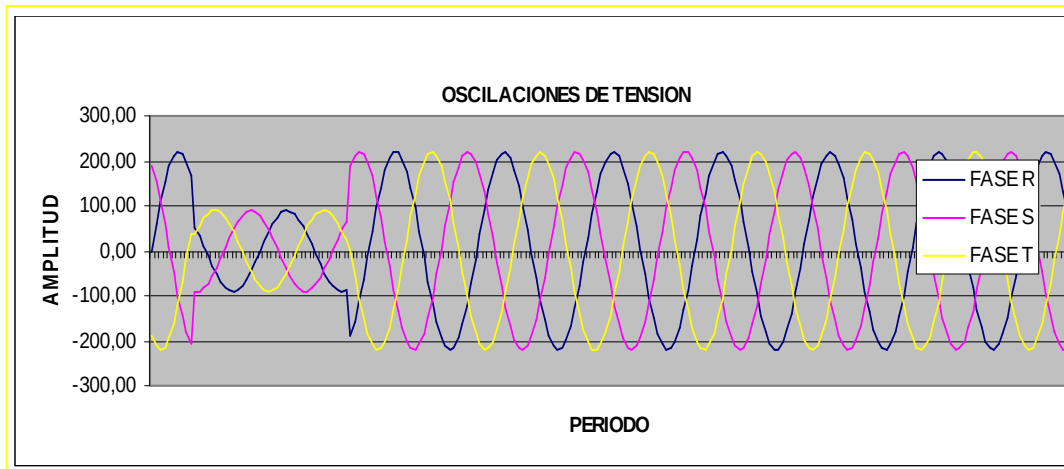
- Sobreintensidad lumínica
- Mayores consumos y calentamientos en resistencias
- Calentamientos de motores



Calidad del Producto

✚ Variaciones instantáneas de tensión

Estas variaciones se deben a cortes o fallos en las redes de distribución; existen interrupciones cortas y huecos de tensión con efectos similares y, también, los impulsos.



Huecos e interrupciones cortas

✚ El origen de estos fallos suele ser las maniobras o disparos por fallos, que se manifiestan más duramente cuanto más cerca de la carga (instalación) se produce el evento.

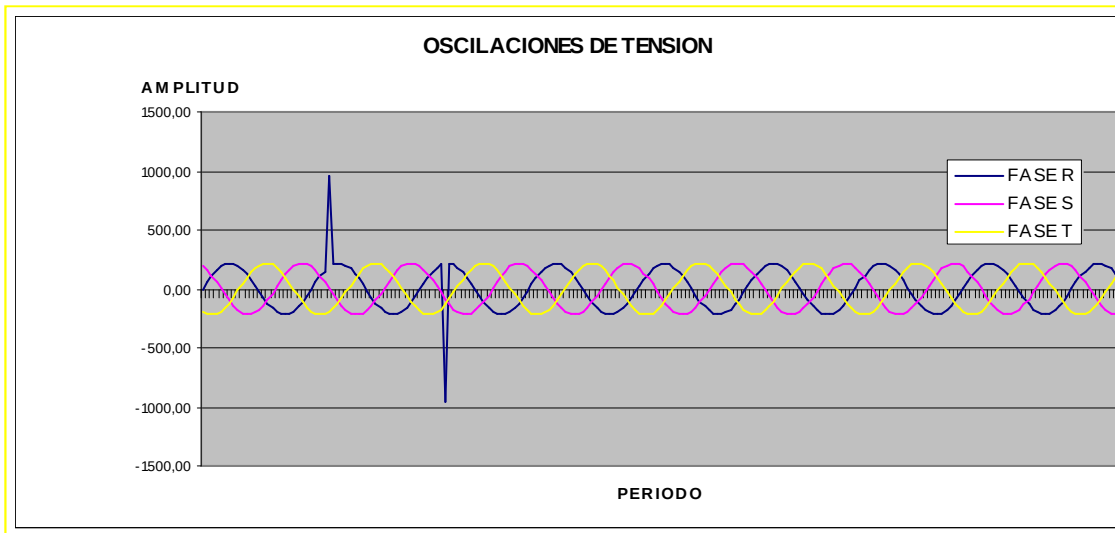
✚ Su **efecto** se deja sentir en: ordenadores, contactores, motores, generadores, protecciones etc..

✚ Las **soluciones** pasan por actuar mediante protecciones adecuadas, aumentar la inercia de las instalaciones acopladas, o la introducción de sistemas de alimentación complementarios que sustituyen a la red mientras dura la falta (SAIs, Estabilizadores etc)



Calidad del Producto

+ Variaciones instantáneas de tensión



Impulsos de tensión

+ El **origen** de estos fallos suele ser o **fenómenos atmosféricos** (caída de rayos directa o tensión generada por inducción) o **maniobras** sobre equipos en la red (conexión/desconexión de transformadores, baterías de condensadores o actuación de elementos de maniobra cercanos...)

+ Sus **efectos** se dejan sentir fundamentalmente en equipos electrónicos sensibles a la variación instantánea de la tensión. Aunque cada vez los equipos suelen venir más preparados para soportar este tipo de eventos; es conveniente el adoptar medidas preventivas (**supresores o descargadores de impulsos**) en el lado de las cargas, o en los PCCs donde pueden darse con frecuencia. En las líneas se instalan **autoválvulas** para evitar la propagación de estos impulsos por el sistema de distribución

DEFORMACIONES DE LA ONDA (ARMÓNICOS)

ORIGEN

- * RECEPTORES NO LINEALES
Entre ellos:
- * ACCIONAMIENTOS DE VELOCIDAD VARIABLE
- * ALUMBRADO DE DESCARGA
- * CONVERTIDORES ESTÁTICOS
- * ELECTRODOMÉSTICOS
- * EQUIPOS DE SOLDADURA
- * HORNOS DE ARCO
- * FALTAS DE LINEALIDAD EN LA RED

EFECTOS

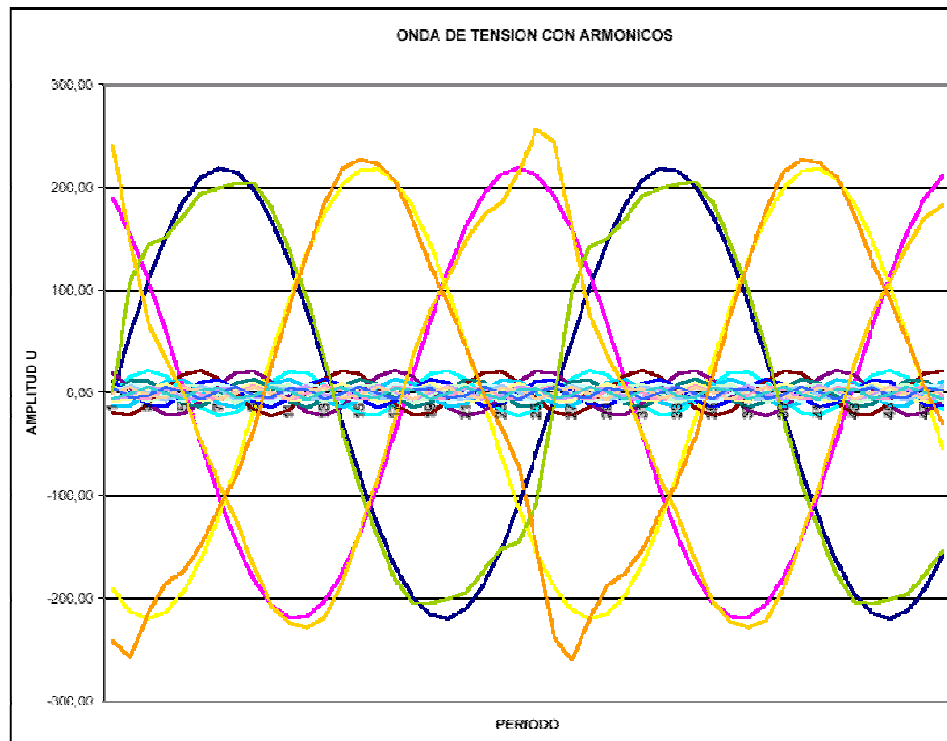
- * MAL FUNCIONAMIENTO DE PROTECCIONES
- * FATIGA DIELECTRICA ACENTUADA
- * SOBRECALENTAMIENTO DE TRANSFORMADORES Y BATERÍAS DE CONDENSADORES
- * AUMENTO DE PÉRDIDAS EN LA RED
- * ERRORES DE MEDIDA DE ENERGÍA
- * MAL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS (COMPUTADORES, TV, ETC)
- * FUNCIONAMIENTO INESTABLE DE MOTORES (PULSACIONES DEL PAR MOTOR)
- * DEGENERACIÓN DE LA RESPUESTA DE CIRCUITOS DE CONTROL DE CONVERTIDORES/ ACCIONAMIENTOS A TIRISTORES, IMPLICANDO UNA AMPLIFICACIÓN DE LA DISTORSIÓN
- * INTERFERENCIAS CON LOS CIRCUITOS DE TELECOMUNICACIÓN

Donsión



Calidad del Producto

Deformaciones de la onda



Armónicos

- ✚ El **origen** de estas perturbaciones son las cargas no lineales.
- ✚ Prácticamente cualquier equipo electrónico que necesite una transformación de la onda original (p.e rectificadores, ordenadores...) genera ondas armónicas, cuyo orden (múltiplo de la frecuencia base) y nivel depende de cómo sea transformada y rectificada esta onda.



Calidad del Producto: Armónicos

+ Efectos de los armónicos

- + **Aumento de las corrientes en el neutro**, que llegan a superar a las corrientes de fase
- + **Disminución de la sección eficaz y de la capacidad de las líneas**, aumento de la resistencia y amplificación de algunas otras perturbaciones (como las variaciones de tensión, flicker, etc)
- + **Disparos intempestivos** de diferenciales, interruptores automáticos y protecciones
- + **Calentamiento** de conductores por incremento del efecto skin
- + **Aumento de las posibilidades de circuitos resonantes**--> disparos de interruptores.

DESEQUILIBRIOS

```
graph TD; A([DESEQUILIBRIOS]) --> B[ORIGEN]; A --> C[EFFECTOS]; B --> D[RECEPTORES ASIMÉTRICOS (MOTORES MONOFÁSICOS U OTRAS CARGAS MONOFÁSICAS)]; C --> E[APARICIÓN DE COMPONENTES DE SECUENCIA INVERSA CON PARES DE FRENADO, PARÁSITOS Y SOBRECALENTAMIENTO DE MÁQUINAS (SÍNCRONAS Y ASÍNCRONAS)];
```

ORIGEN

**RECEPTORES ASIMÉTRICOS
(MOTORES MONOFÁSICOS U
OTRAS CARGAS MONOFÁSICAS)**

EFFECTOS

**APARICIÓN DE COMPONENTES DE
SECUENCIA INVERSA CON PARES
DE FRENADO, PARÁSITOS Y
SOBRECIENTAMIENTO DE
MÁQUINAS (SÍNCRONAS Y
ASÍNCRONAS)**

Donsión

COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (CEM)

- Aptitud de un dispositivo, aparato o sistema, para funcionar en su entorno electromagnético, de manera satisfactoria y sin producir el mismo perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier receptor que se encuentre en dicho entorno.

Donsión

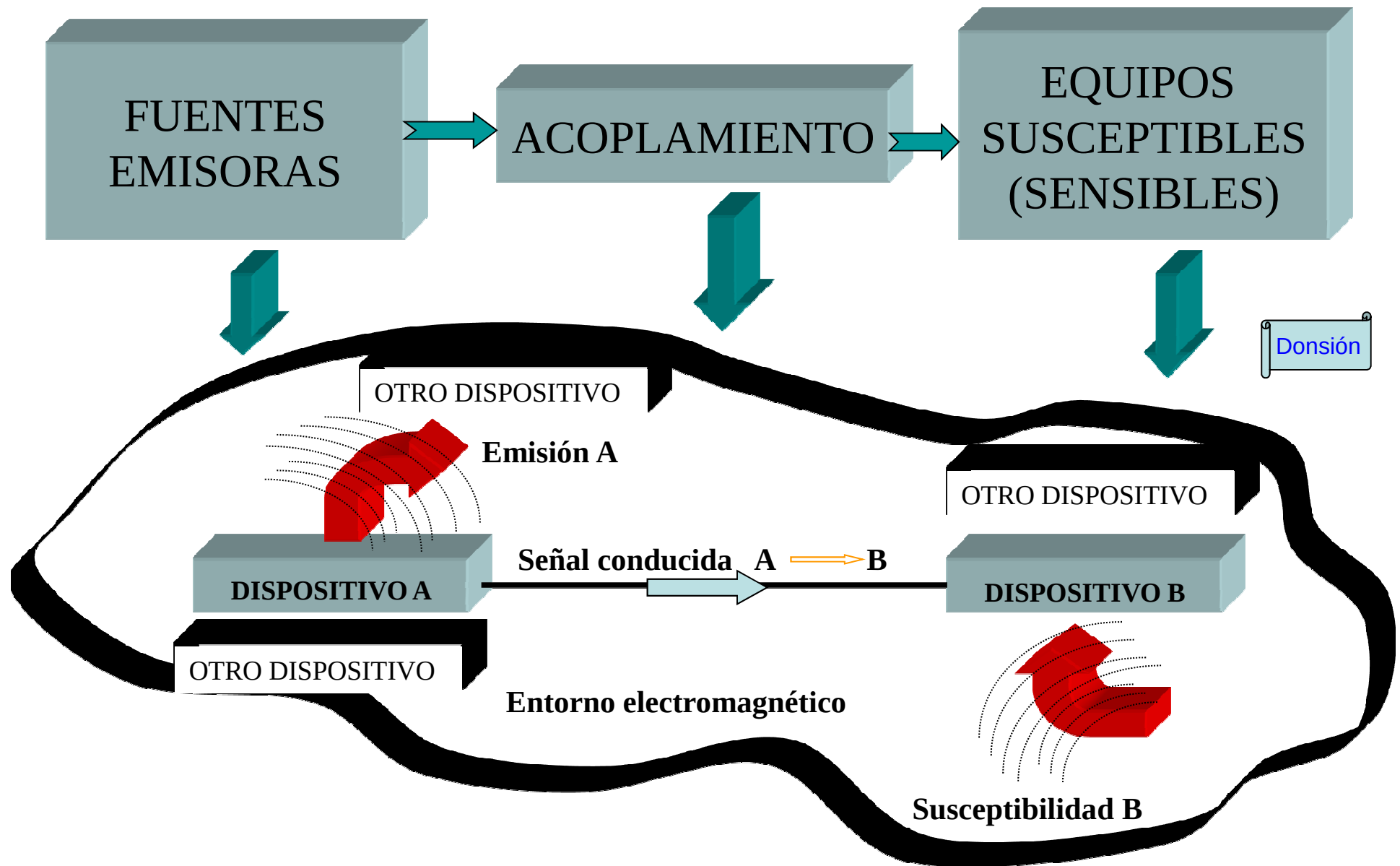
Respecto a la CEM, se deben considerar tres elementos fundamentales:

- ✚ **- La fuente de la perturbación (emisor)**
- ✚ **- La vía de transmisión o acoplamiento (línea o aire)**
- ✚ **- El receptor afectado (susceptible, sensible)**

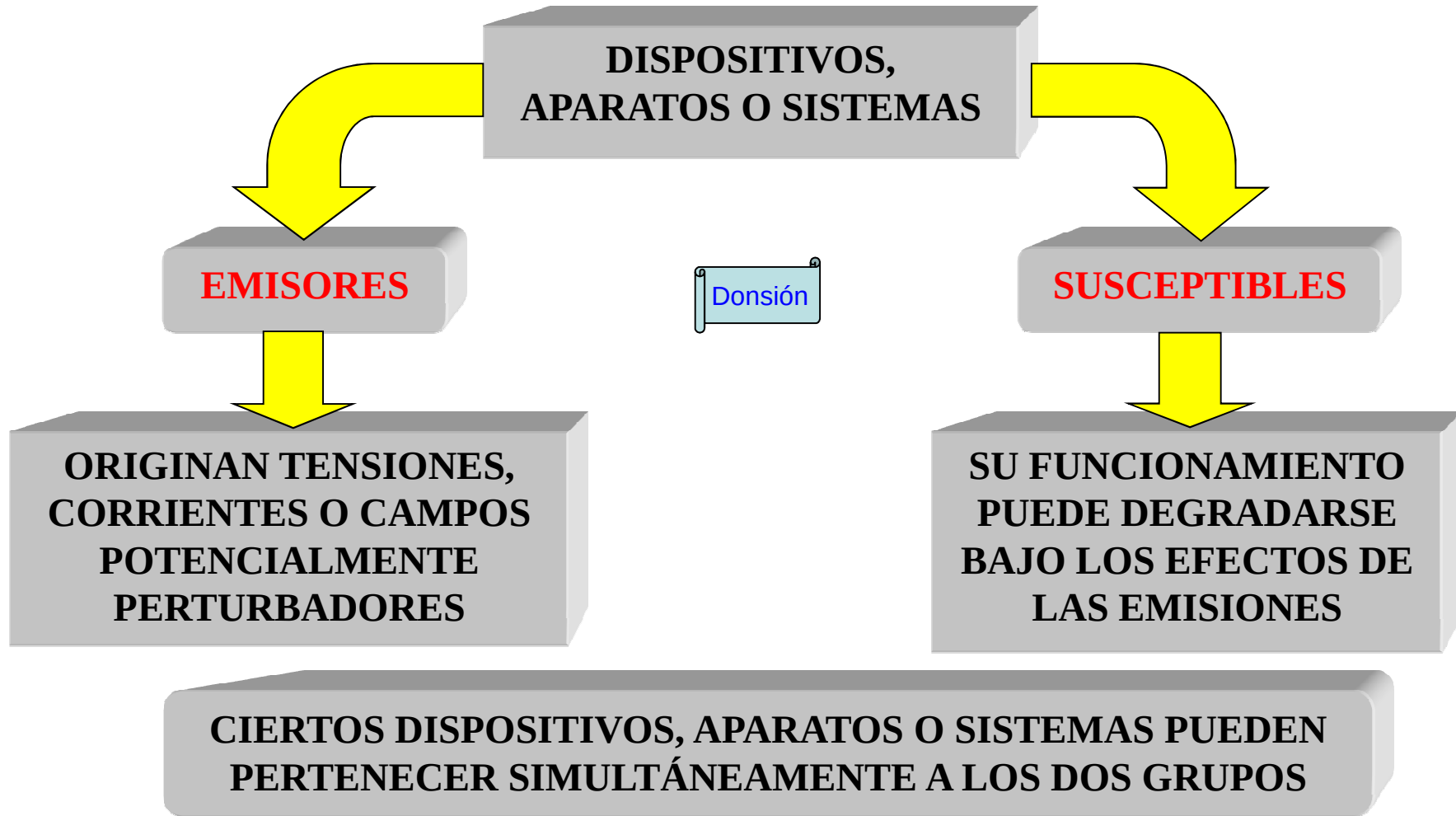
Para asegurar la CEM, es necesario actuar:

- En la fuente de la perturbación:
 - ✚ **REDUCIR LA EMISIÓN**
- En la vía de transmisión:
 - ✚ **ATENUAR LA PROPAGACIÓN**
- En el receptor perturbado
 - ✚ **REFORZAR LA INMUNIDAD**

CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN



CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN



NIVEL DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Nivel normalizado de una perturbación específica para la cual existe una aceptable probabilidad (por ejemplo un 95%) de compatibilidad electromagnética

- 1.- En la práctica, los niveles de CEM son valores de referencia establecidos con la finalidad de una coordinación de las emisiones y de la inmunidad de los receptores. Se designan, generalmente, como valores con una probabilidad del 95%, 98% o 99% (es decir, valores excedidos solo en un pequeño número de ocasiones) sobre la base estadística tiempo-espacio relativa al sistema eléctrico.
- 2.- Sólo se garantizará el buen funcionamiento si los niveles de inmunidad que corresponden a todos los dispositivos, aparatos y sistemas son suficientemente elevados en relación al nivel de compatibilidad electromagnética.

NIVEL DE INMUNIDAD (ANTE UNA PERTURBACIÓN DETERMINADA)

Nivel de una perturbación electromagnética de un tipo dado y medida de una manera específica, que puede soportar un aparato, dispositivo o sistema, de modo que no provoque ninguna degradación en su funcionamiento.

LÍMITE DE INMUNIDAD .- Valor mínimo requerido del nivel de inmunidad

Donsión

NIVEL DE EMISIÓN (DE UNA PERTURBACIÓN DETERMINADA)

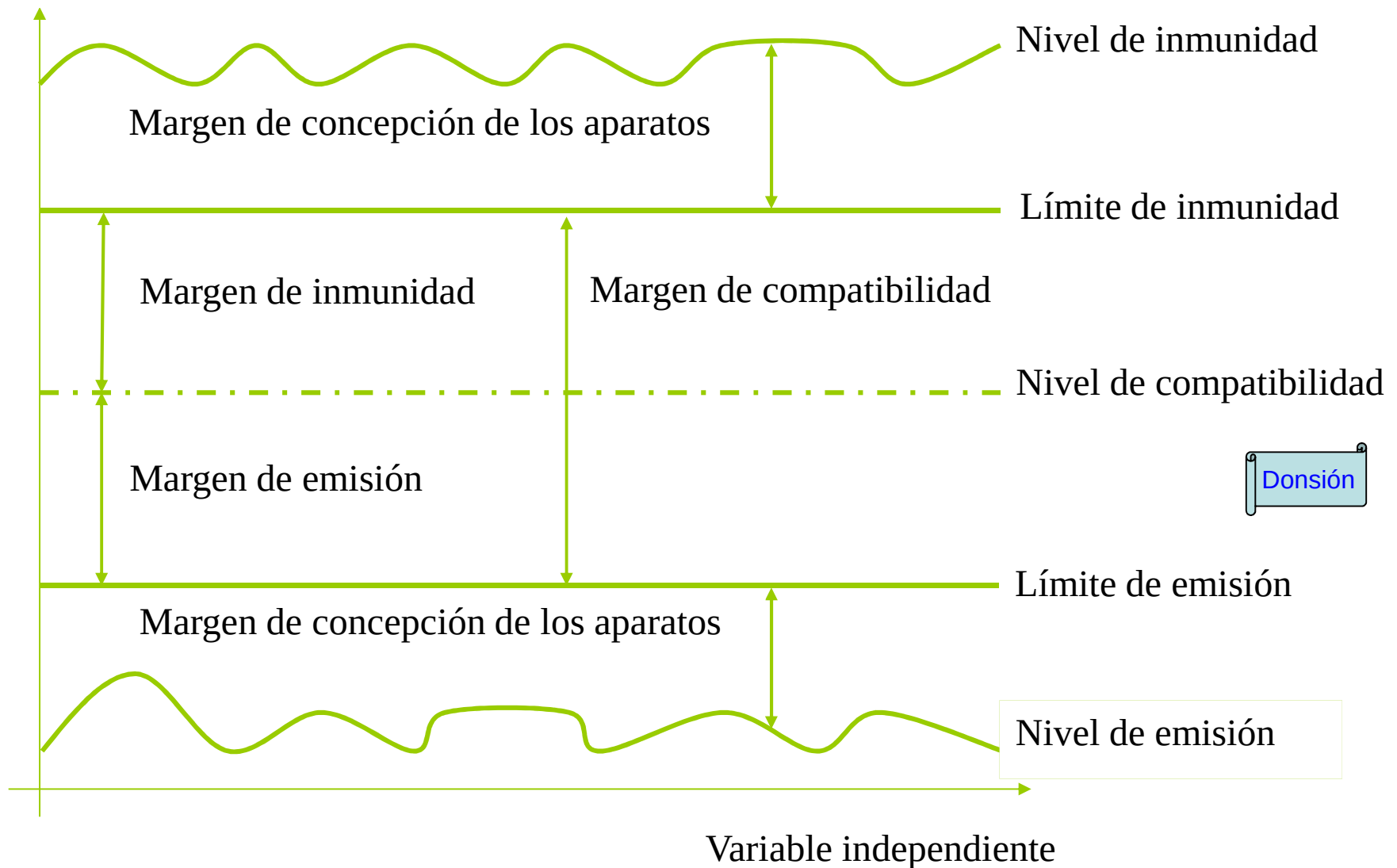
Nivel de una perturbación electromagnética de un tipo dado y medida de una manera específica, emitida por un dispositivo, aparato o sistema particular.

LÍMITE DE EMISIÓN.- Valor máximo admitido del nivel de emisión (nivel normalizado de emisión que un dispositivo no debe superar)

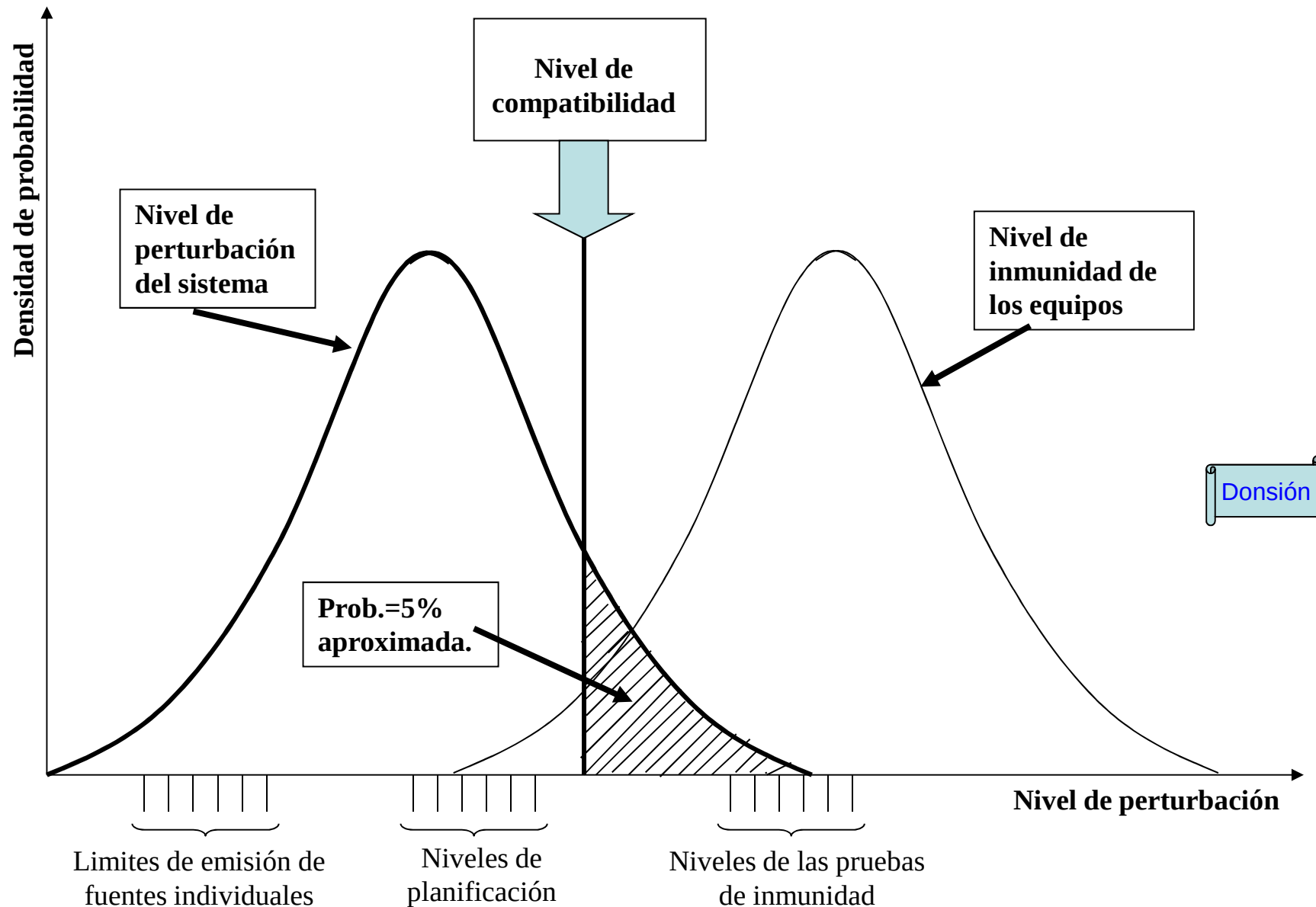
NIVEL.- Magnitud de una cantidad evaluada de una manera específica

NIVEL DE CEM

Nivel de perturbación



Relación entre los niveles de compatibilidad, inmunidad, planificación y emisión



ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS

ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO.- Es el ámbito que se considera sensible a las perturbaciones electromagnéticas.

Entorno ligero

- ✚ Zonas residenciales
- ✚ Ventas al por menor
- ✚ Oficinas
- ✚ Lugares de entretenimiento
- ✚ Talleres
- ✚ Laboratorios
- ✚ Centros de servicios...

Se caracterizan porque usualmente son alimentados por el distribuidor en BT

Donsión

Entorno industrial

Se caracteriza por la presencia de aparatos industriales de mayor potencia, científicos o médicos

Usualmente, los entornos industriales son alimentados por el distribuidor en MT o AT

Los entornos industriales permiten compaginar las tolerancias entre el distribuidor y los clientes a él conectados e incluso para poder compatibilizar las tolerancias dentro de las propias industrias.

CLASES DE ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS

ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS INDUSTRIALES.- Existen gran cantidad de tipos de entornos electromagnéticos industriales diferentes; no obstante, para evitar su proliferación, la IEC propone únicamente tres.

Donsión

1

CLASE 1

Se aplica a **instalaciones protegidas** y tiene **niveles de compatibilidad inferiores a los de la red de distribución**. Permite el empleo de equipos muy sensibles a las perturbaciones en la fuente de alimentación.

- ✚ Instrumentación de laboratorios tecnológicos
- ✚ Algunos equipos de automatización y protección
- ✚ Algunos ordenadores...

2

CLASE 2

Se aplica al **punto de conexión común (PCC)** y al **punto de conexión interno de la planta (PCI)**, en ambientes industriales en general. Los **niveles de compatibilidad de esta clase son idénticos a los correspondientes a las redes de distribución**.

Es preciso conocer el tipo de **equipos a instalar y el proceso productivo** para poder determinar la clase de entorno a aplicar a nuevas instalaciones o a la ampliación de las existentes.

3

CLASE 3

Se aplica exclusivamente en **puntos de conexión internos de ámbitos industriales**. Esta clase permite valores más elevados para algunos tipos de perturbaciones que los correspondientes a las redes de distribución.

- ✚ La mayor parte de la carga se alimenta a través de convertidores.
- ✚ Presencia de máquinas de soldadura.
- ✚ Grandes motores con arranque frecuente.
- ✚ Cargas que varían rápidamente

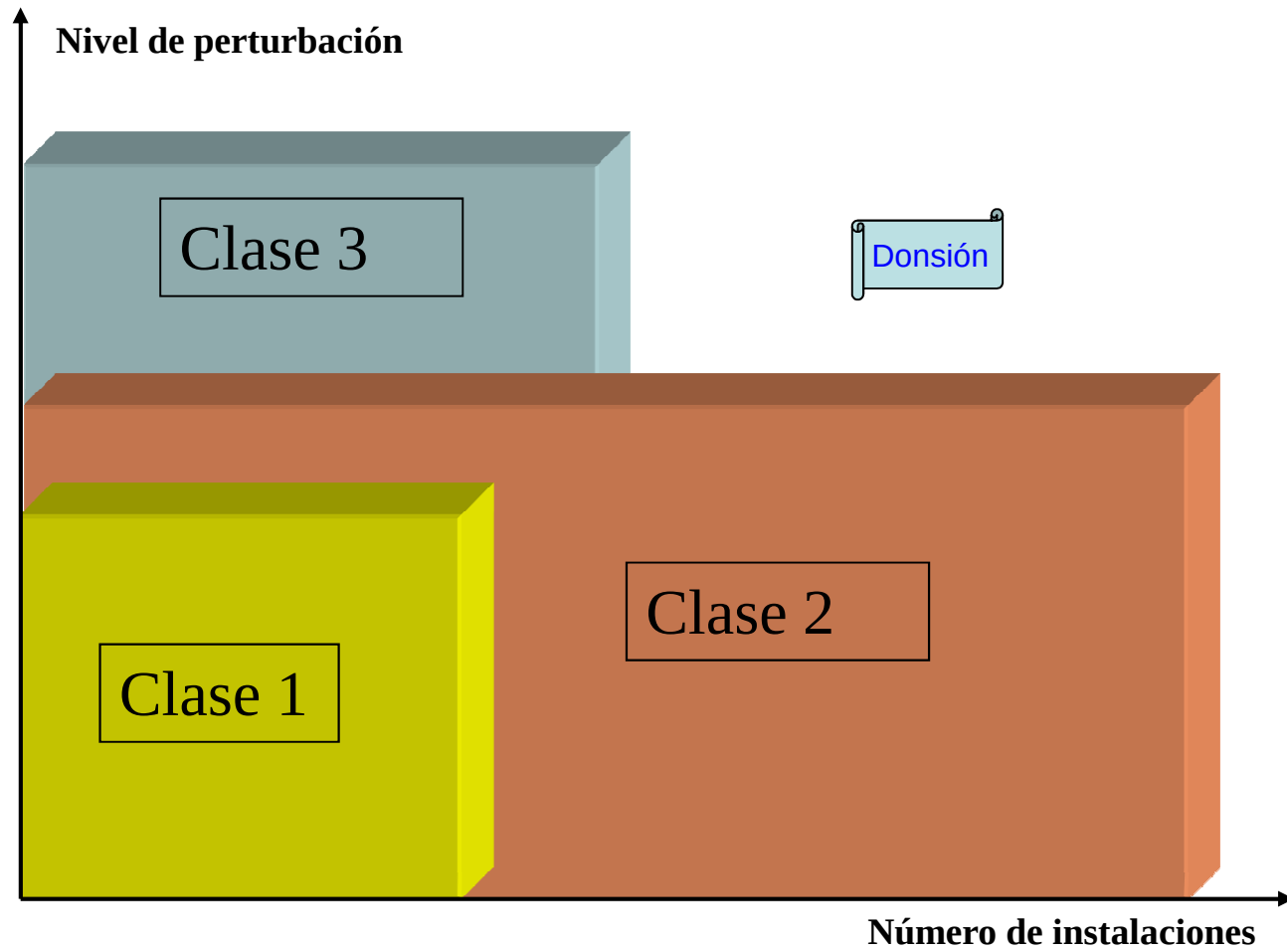
PUNTO DE CONEXIÓN COMÚN (PCC) de un usuario

Se define como el punto de la red de alimentación pública eléctricamente más próximo al usuario, en el cual pueden ser conectados otros usuarios.

PUNTO DE CONEXIÓN INTERNO (PCI)

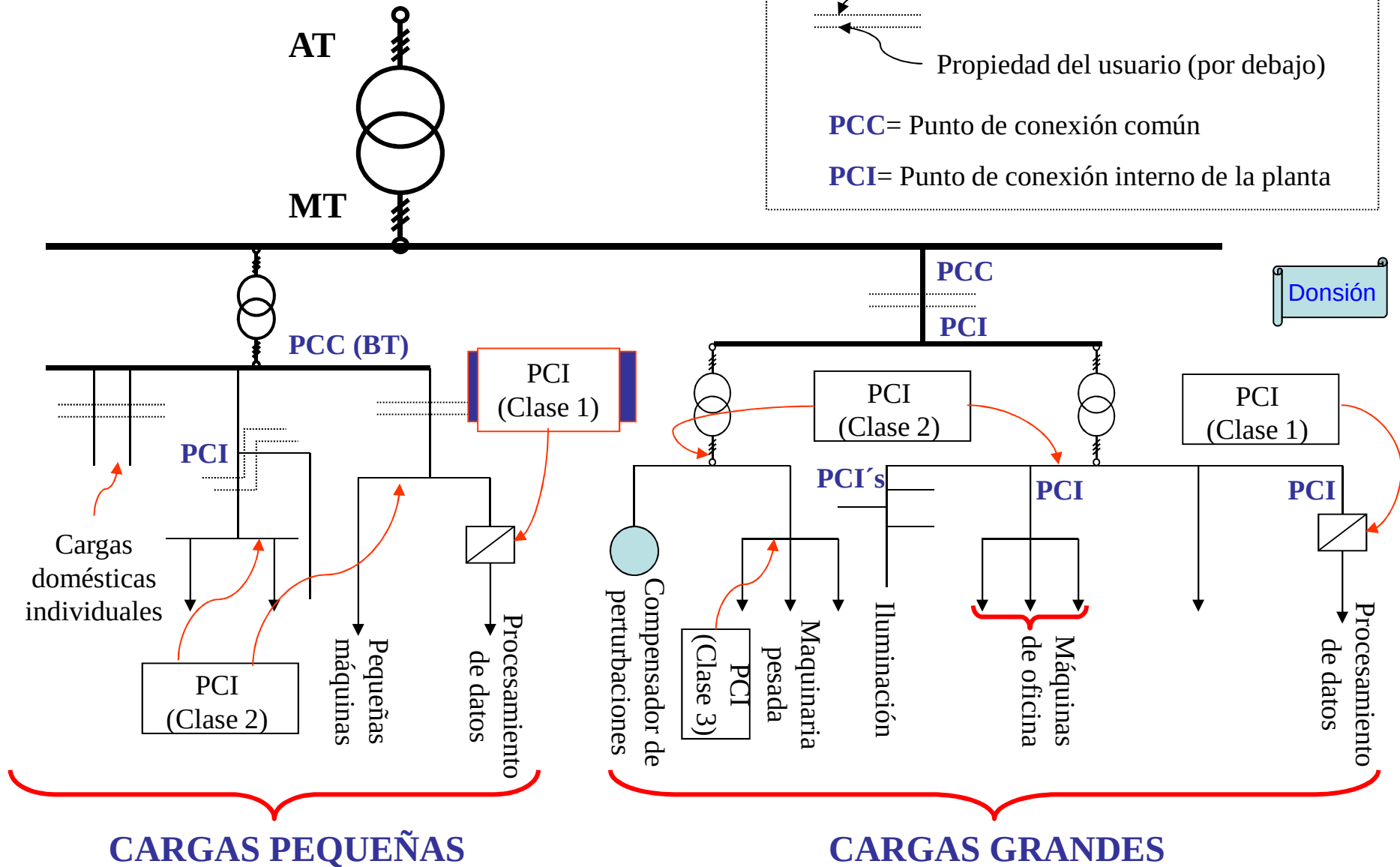
Se define como una barra de particular importancia, interna a la planta, de la cual se derivan cargas significativas.

CLASES DE ENTORNOS ELECTROMAGNÉTICOS



LOCALIZACIÓN TÍPICA DEL PCC Y PCI's EN UNA RED INDUSTRIAL

RED DE SUMINISTRO PÚBLICO



COORDINACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS ENTRE LAS PARTES INVOLUCRADAS



Es preciso realizar un balance entre los requisitos del equipo sensible, las cargas que producen perturbaciones y el sistema de suministro de energía eléctrica al que deben conectarse

- ♦ Es preciso trabajar de forma coordinada
- ♦ Disponer de información sobre las cargas a conectar
- ♦ Información de los parámetros que definen la calidad en el PCC
- ♦ La inmunidad de todos los equipos conectados debe corresponder, al menos, al nivel de CEM
- ♦ Adquirir sistemas correctores

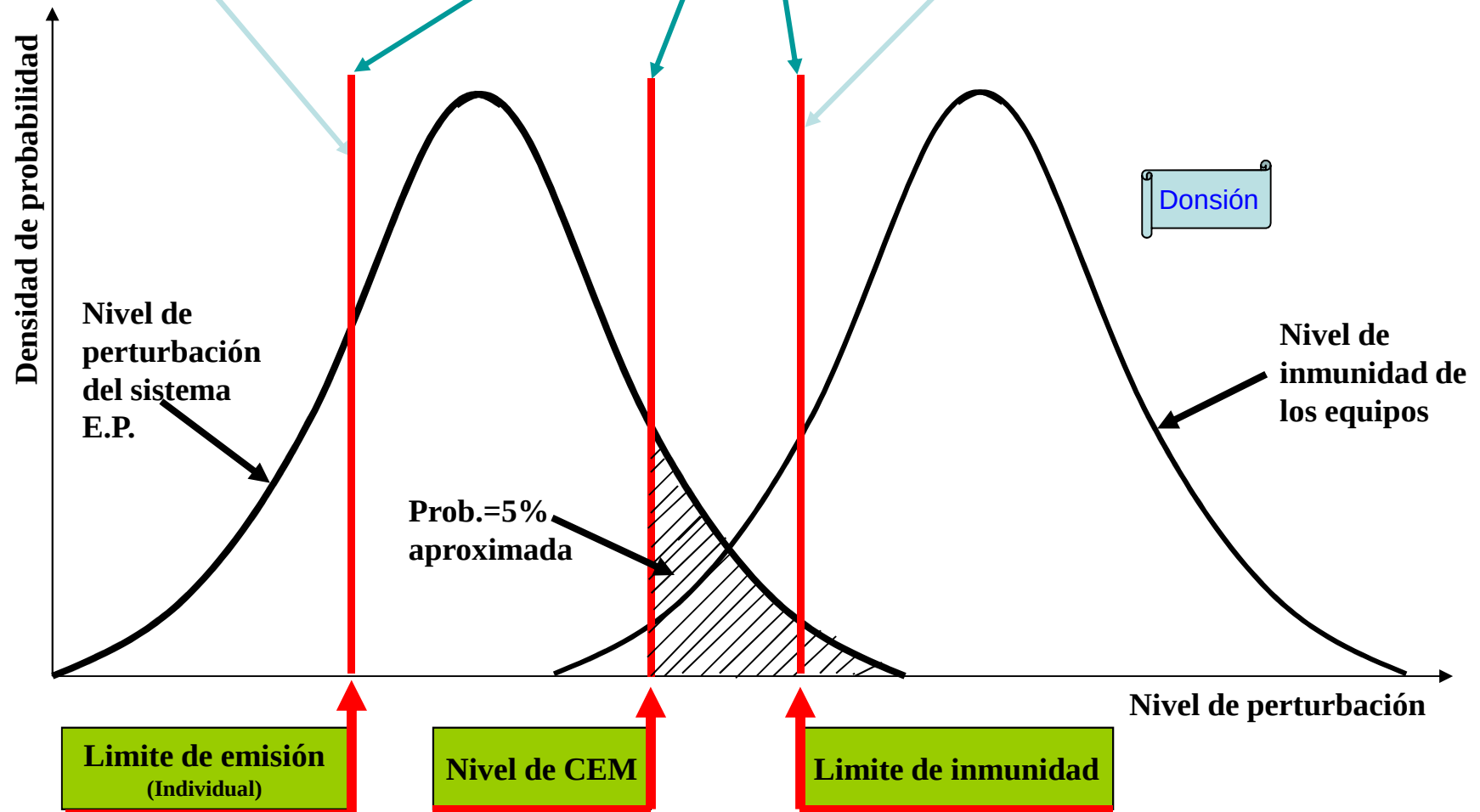
Las implicaciones económicas, técnicas y sociales, hacen **necesaria la colaboración de todas las partes** implicadas: empresas eléctricas, fabricantes de equipos y sistemas, ingenierías que diseñan las instalaciones, universidades que desarrollan investigaciones, usuarios finales y administración pública.

ORGANISMOS OFICIALES

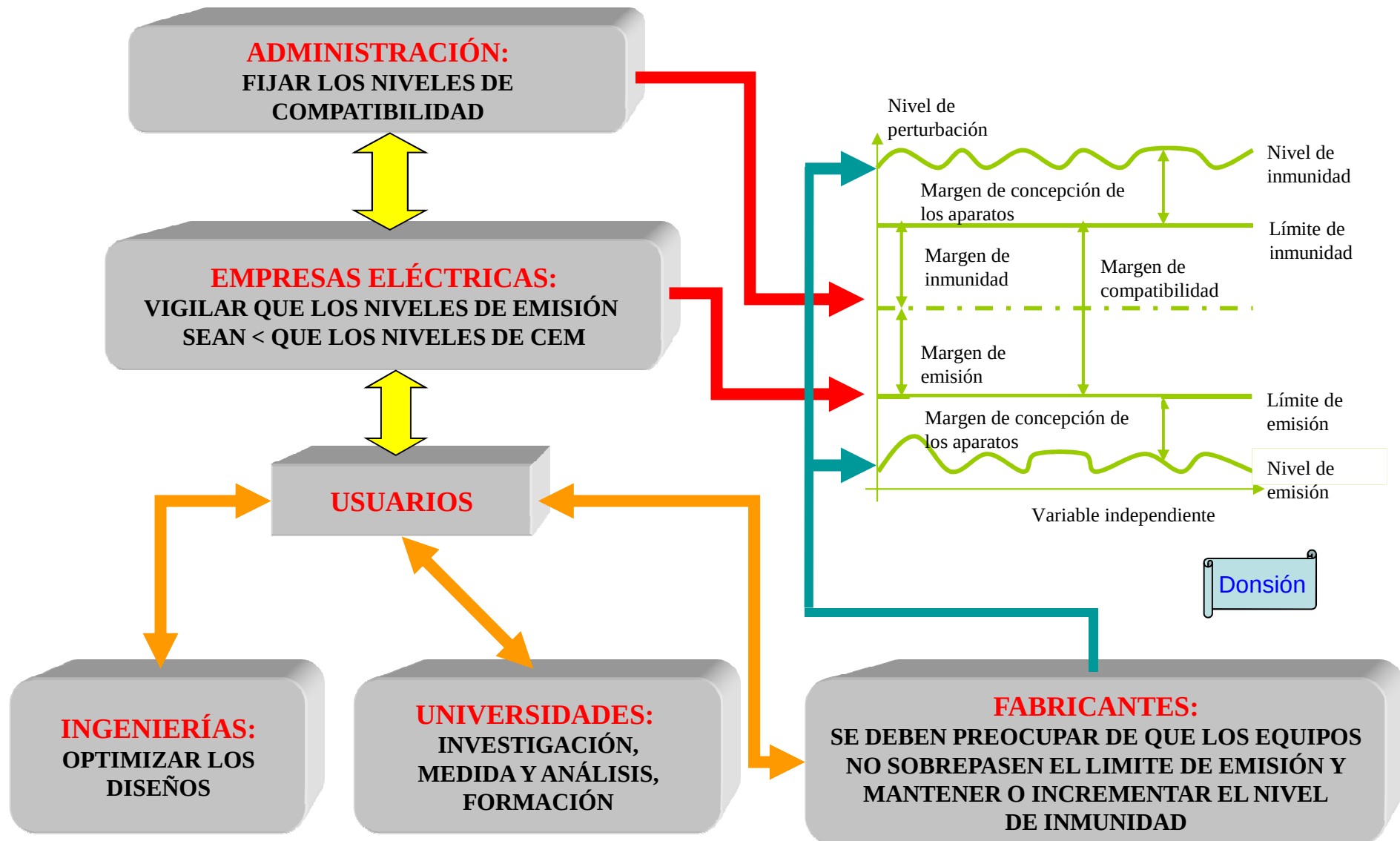
Legislación relativa a la definición del producto y a los requisitos de protección de la CEM

**DISTRIBUIDORES
DE ELECTRICIDAD**

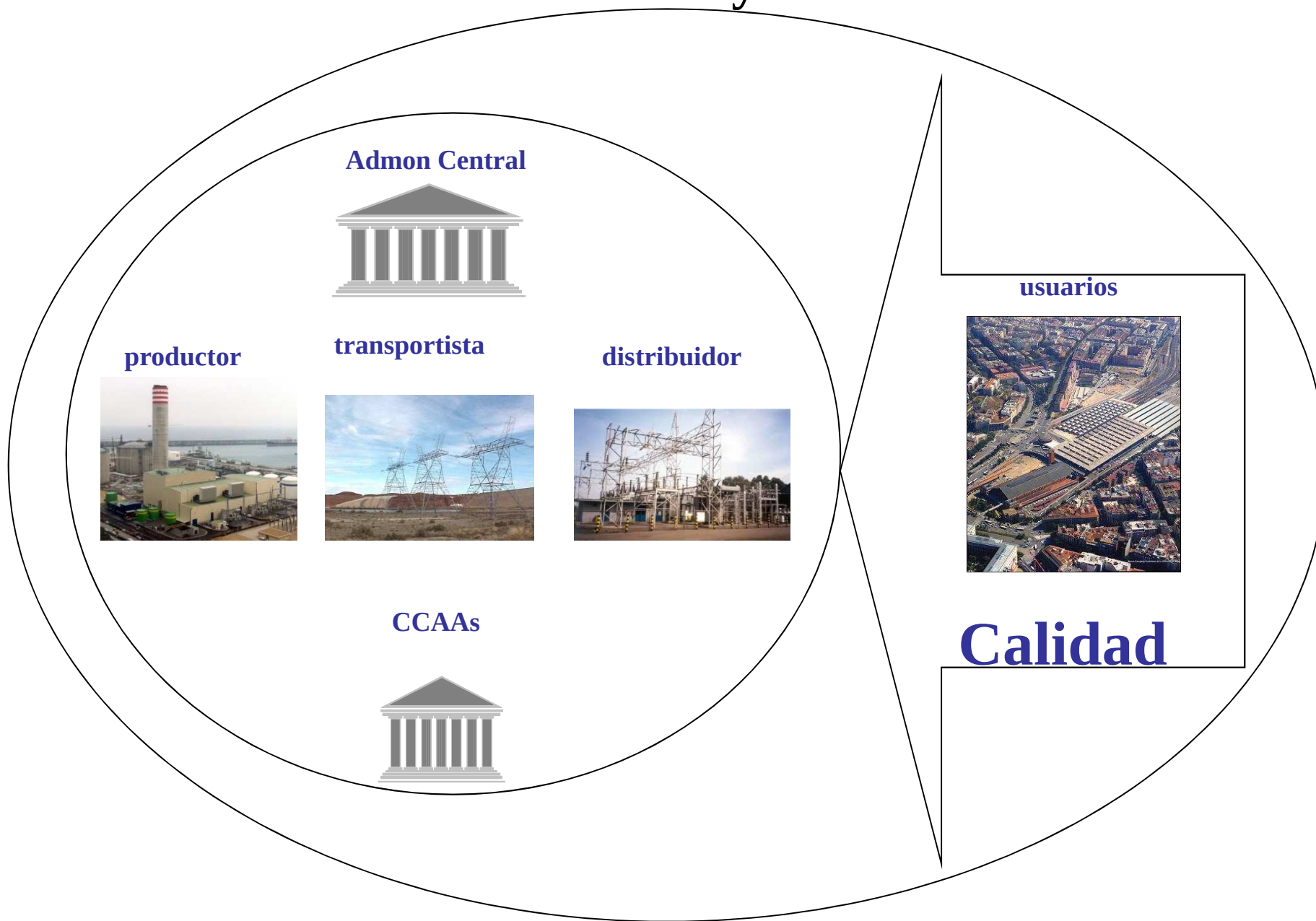
**FABRICANTES
DE APARATOS**



COORDINACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA CEM



✓ Calidad de Servicio y Suministro



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

Así pues, con el fin de reducir los perjuicios de todo tipo que una mala calidad de onda lleva implícitos, es necesario:

- 1.- Conocer los efectos indeseables que las perturbaciones introducen en las instalaciones de las empresas suministradoras y en las de los usuarios de la electricidad.**
- 2.- Conocer las perturbaciones en los distintos niveles de la red (MT y BT) y cuales son los mecanismos de transmisión.**
- 3.- Conocer los niveles de emisión de perturbaciones por parte de los receptores**
- 4.- Conocer los efectos que provocan las perturbaciones en los receptores e instalaciones industriales**
- 5.- Conocer los niveles de inmunidad de los receptores**

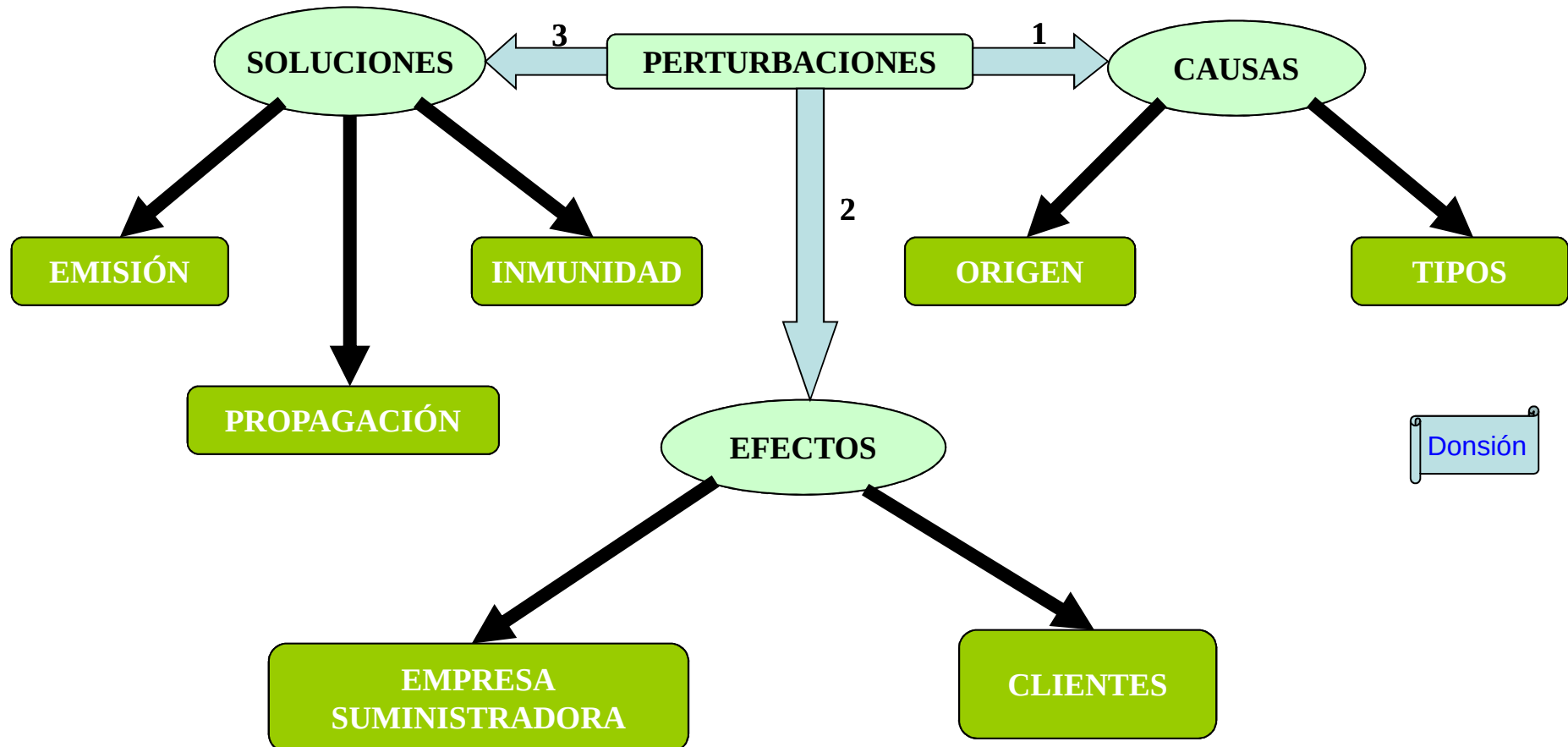


La correlación de todos los factores indicados en los puntos anteriores ha de permitir determinar las causas de las perturbaciones, distinguiendo su origen y tipo, así como los efectos que provocan en las máquinas, equipos e instalaciones, tanto de las empresas suministradoras como de las plantas industriales y demás usuarios del producto electricidad. Asimismo, posibilitará la evaluación cuantitativa de las soluciones que se tengan para disminuir la emisión de las perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad.

CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

OBJETIVOS

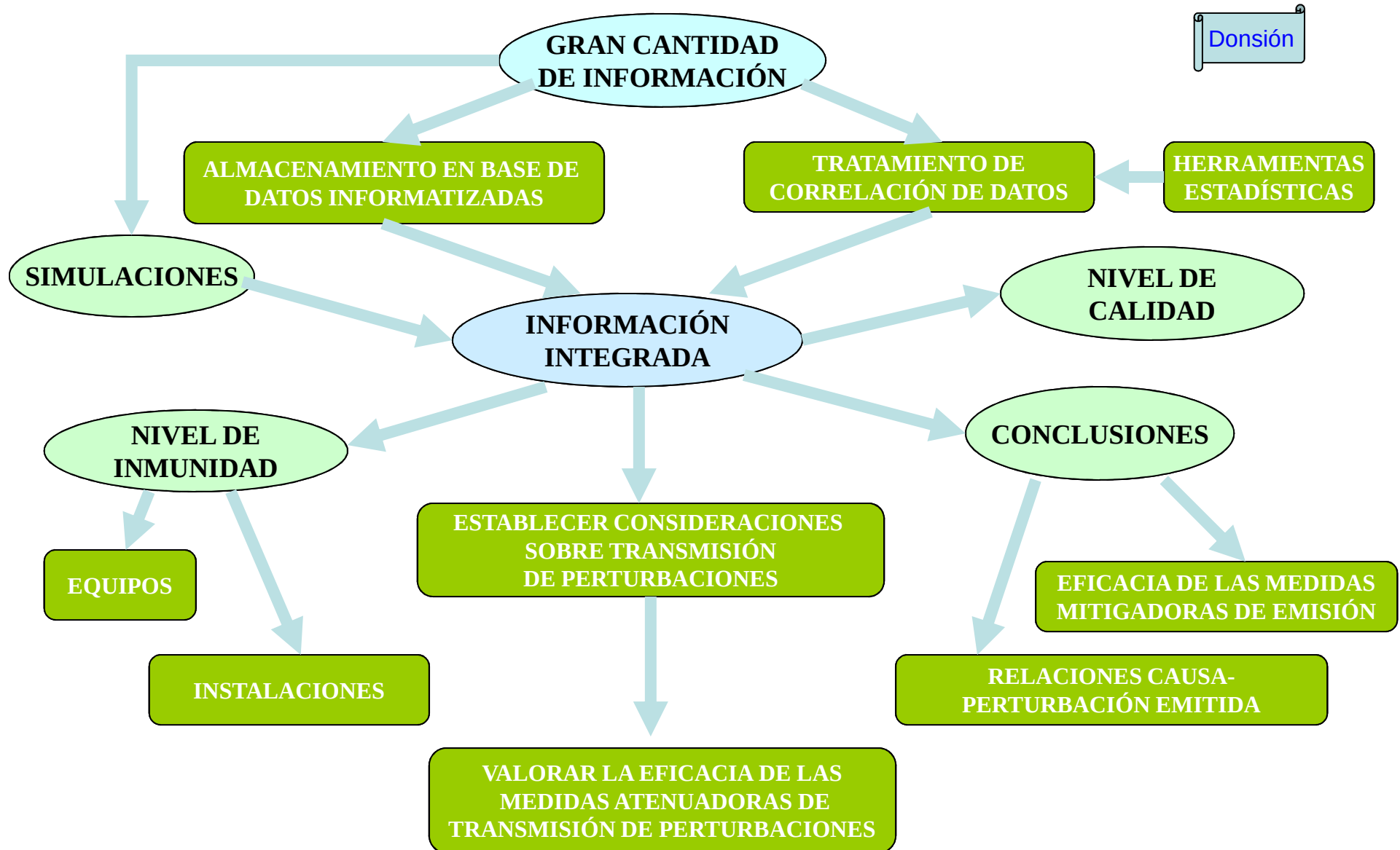
REDUCIR LOS PERJUICIOS DE UNA MALA CALIDAD DE ONDA



CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

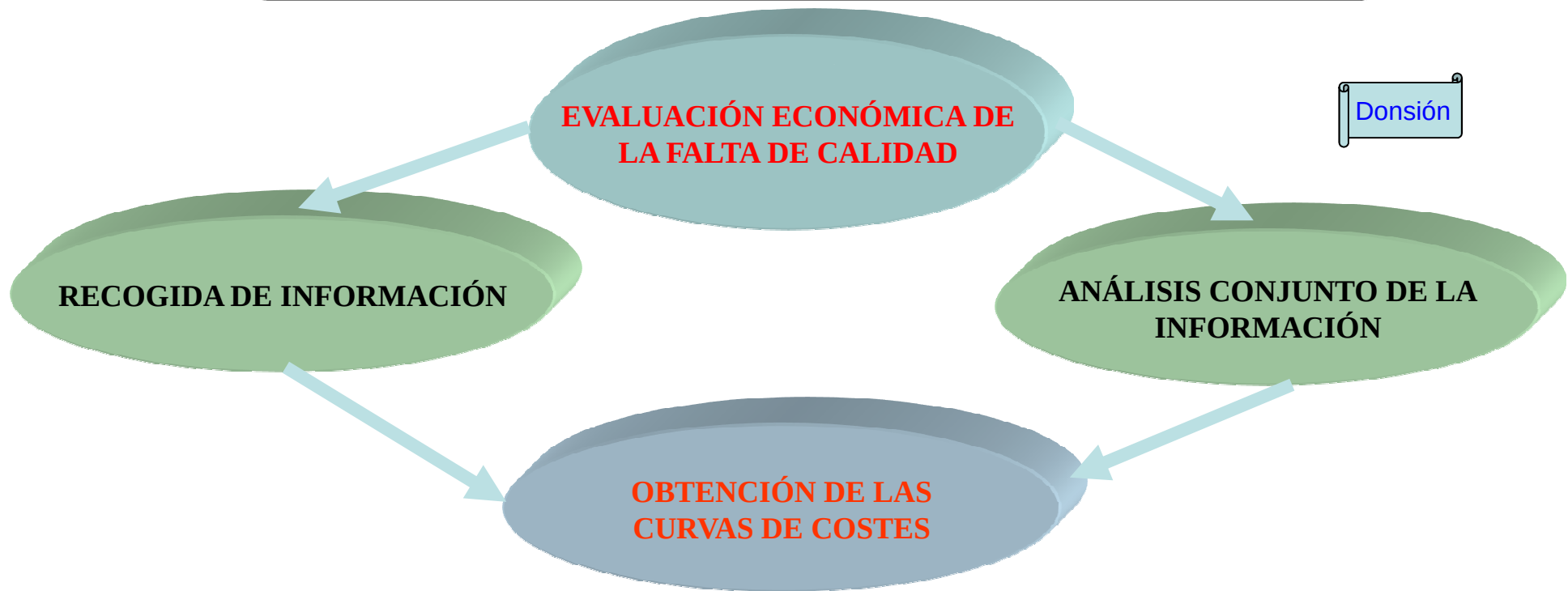


CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN



EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

*Resulta conveniente establecer un método de evaluación económica de la calidad de la onda de tensión para determinar, sistemáticamente y de la manera más objetiva posible, los costes que causan niveles excesivos de **perturbaciones** (*)*



*El objetivo principal de los estudios de impacto económico de la calidad de onda sería la **obtención de curvas de costes** para distintos tipos de clientes, ante diferentes perturbaciones y para distintos niveles de las mismas.*

(*) PERTURBACIÓN.- *Modificación accidental de un circuito eléctrico o de sus condiciones de funcionamiento.*
Esta definición no solo contempla el fenómeno físico como tal magnitud, sino la incidencia en la funcionalidad de los equipos y de las propias redes de distribución.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA FALTA DE CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

Donsión

RECOGIDA DE INFORMACIÓN

IDENTIFICACIÓN DEL USUARIO AFECTADO

- *Características generales de la red de conexión:* tensión, potencia de cortocircuito, tipo de red, etc.
- *Características del usuario:* consumos de potencia, descripción del proceso productivo afectado, equipos principales, etc.

DETERMINACIÓN DE LA(S) PERTURBACION(ES) CAUSANTES DEL PROBLEMA

- Tipo de perturbación y nivel de la misma
- Niveles de CEM aplicables
- Variación de los niveles de perturbación existente con la hora y día o épocas del año.

ANÁLISIS DEL ORIGEN Y CAUSA DE LAS PERTURBACIONES

- Red de suministro o instalaciones propias del usuario
- Receptores que causan, o pueden estar causando, las perturbaciones
- Dependencia de las causas de la perturbación con la hora y día o época del año

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LAS PERTURBACIONES

- Efectos inmediatos y de largo plazo sobre el equipamiento
- Efectos sobre la producción
- Efectos sobre la seguridad de las personas
- Dependencia de los efectos de las perturbaciones con la hora y día o época del año.

MEDIDAS CORRECTORAS Y DE INSENSIBILIZACIÓN PROPUESTAS Y ADOPTADAS

- Medidas correctoras: reposición de equipos, instalación de filtros, incremento de la potencia de cortocircuito, compensación de reactiva, etc.
- Medidas de insensibilización: sustitución de equipos, modificación del tarado de protecciones y relés, instalación de sistemas de alimentación en continua, jerarquización de controles, etc.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

- Valor de la producción no realizada
- Valor de materias primas inutilizadas
- Coste de las horas de trabajo pérdidas
- Coste de equipos averiados
- Coste de las tareas de medida, análisis y diagnóstico
- Coste de las medidas correctoras y de insensibilización
- Dependencia de los costes de la perturbación con la hora y día o época del año.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA FALTA DE CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

Donsión



EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA MALA CALIDAD DE ONDA

POSIBLES AFECTADOS

- Usuarios finales de la electricidad.
- Distribuidores de la electricidad.
- Administración pública.
- Fabricantes de dispositivos, aparatos y sistemas.
- Proyectistas de plantas industriales e instalaciones
- Universidades y centros de investigación.

Donsión

ASPECTOS ECONÓMICOS AFECTADOS

- Valor de la producción no realizada.
- Valor de las materias primas inutilizadas.
- Coste de las horas de trabajo pérdidas.
- Coste de equipos averiados.
- Coste indirecto que conlleva un posible servicio de suministro defectuoso a los clientes.
- Coste de las tareas de medida, análisis y diagnóstico.
- Coste de las medidas correctoras e insensibilizadoras (cambio de equipos, instalación de filtros, incremento de la potencia de cortocircuito, compensación de reactiva, etc).
- Dependencia de los costes de la perturbación, o perturbaciones, con la hora del día o época del año.

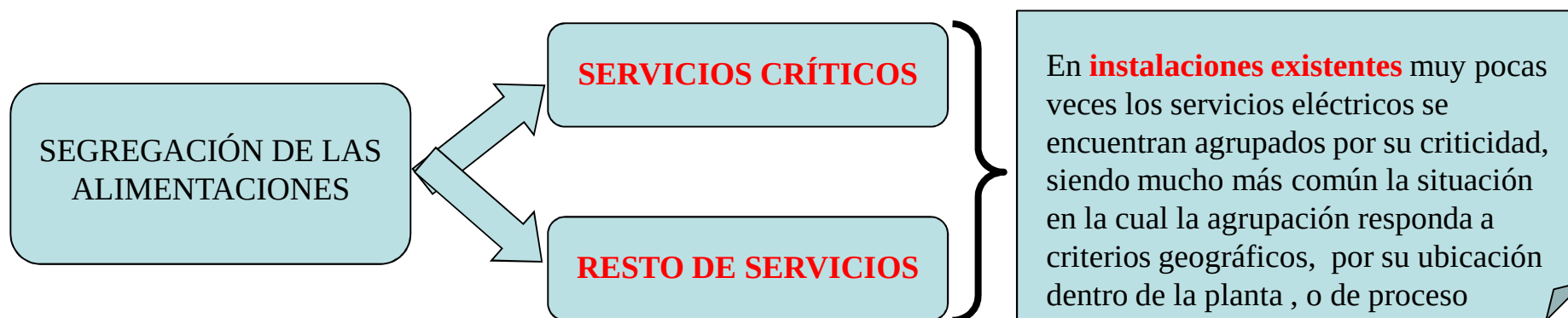
EVALUACIÓN DE LOS COSTES

- Establecer la relación entre el tipo de perturbación y producciones a las que afecta, equipos a los que afecta y medidas correctoras e insensibilizadoras utilizadas.
- Relación entre el tipo de perturbación y costes ocasionados.
- Relación entre el nivel de la perturbación y los costes ocasionados.
- Relación entre costes de las pérdidas ocasionadas en el proceso productivo y el coste de las medidas correctoras y de insensibilización.
- Evaluación de la relación entre el valor de los equipos averiados y de las pérdidas ocasionadas en el proceso productivo con los costes de las medidas correctoras o de insensibilización que se puedan adoptar.

COSTES ASOCIADOS A LA EXISTENCIA DE PERTURBACIONES



Donsión



Evaluación de las pérdidas de producción que conlleva una mala calidad de onda.



Depende del proceso productivo que se vea afectado; por ejemplo:

- **Plantas con procesos de producción continuos** como las papeleras, laminadoras, rotativas de prensa escrita, etc. La variación de velocidad y/o parada independiente de los motores de alguno de los rodillos que se mueven en este tipo de procesos continuos, puede provocar la ruptura de la cinta de papel o lámina en general, ocasionando la pérdida de material en proceso, así como pérdida del tiempo de producción hasta el re arranque del proceso.

- **Cementeras**; los efectos sobre el sistema de control del proceso de fabricación del cemento, ocasionados generalmente por huecos de tensión, producen interrupciones en la producción, bajando el rendimiento de la planta.

- **Factorías de semiconductores**; este tipo de plantas, dada la alta sensibilidad de los equipos existentes en las "**salas limpias**" de producción, se ven afectadas por la mala calidad de onda provocando problemas en el funcionamiento de estos equipo y ocasionando, en la mayoría de los casos, daños importantes, como pueden ser la pérdida completa de la producción de las obleas.

- **Industrias del sector cerámico**, se pueden producir paradas en los hornos, molinos y atomizadores que conducen, generalmente, a paradas del proceso productivo.

INCIDENCIA DIRECTA DE LA CALIDAD DE ONDA

Donsión

- ✚ Diseño integrado de procesos y sistemas de supervisión y control
- ✚ Diseño considerando el ciclo de vida del producto y su utilización y reciclado
- ✚ Desarrollo de productos innovadores, en particular mediante la aplicación de nuevas tecnologías.
- ✚ Componentes mecánicos y subsistemas críticos (cabezales de alta velocidad, transfers electrónicos, etc.)
- ✚ Robótica industrial y de servicios
- ✚ Robótica móvil
- ✚ Sistemas automatizados de almacenamiento y transporte
- ✚ Sistemas mecatrónicos
- ✚ Sistemas tolerantes a fallos
- ✚ Comunicaciones y redes industriales
- ✚ Herramientas de simulación de procesos, servicios y sistemas
- ✚ Desarrollo de sistemas de planificación, programación y gestión de producción
- ✚ Desarrollo de máquinas y medios de producción
- ✚ Reducción y/o eliminación de ruidos y vibraciones en equipos e instalaciones
- ✚ Sistemas de planificación, programación y gestión de la producción

RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

Influyen directamente y de forma decisiva en:

**Sistemas de automatización y control avanzado de procesos.
Sistemas de control de procesos complejos distribuidos.**

Monitorización, diagnóstico y mantenimiento de máquinas, procesos e instalaciones.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA FALTA DE CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN

**¿CALIDAD DE ONDA.
VALOR ESENCIAL
O AÑADIDO?**

Donsión

Para contestar la pregunta es preciso considerar las consecuencias de la falta de calidad:

Los efectos más inmediatos de la falta de calidad, son aquellos que se perciben por los sentidos, bien audibles, como es el caso de la degradación de las comunicaciones telefónicas, o visibles, como es el caso del parpadeo de la luz o flicker. En ambos casos, toda medida encaminada a su eliminación, o reducción, se puede considerar un **VALOR AÑADIDO**.

Por otra parte, ocurren efectos menos perceptibles por los sentidos pero más importantes, tales como el funcionamiento erróneo de equipos de control o protección, las sobrecargas de transformadores, etc. A menudo la distorsión de la onda se detecta demasiado tarde; por ejemplo, tras la destrucción (por otro lado tan común) de bancos de condensadores. Tales casos requieren no sólo la sustitución de los equipos dañados de la planta, sino la instalación de filtros para evitar que se repita. Así pues, en tanto y cuanto las medidas preventivas evitan tales efectos catastróficos, la mejora de la calidad de onda puede considerarse un **VALOR ESENCIAL**.

Interferencias Electromagnéticas

La **interferencia electromagnética** es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente externa al mismo. También se conoce como **EMI** por sus siglas en inglés (ElectroMagnetic Interference), **Radio Frequency Interference** o **RFI**. Esta perturbación puede interrumpir, degradar o limitar el rendimiento de ese sistema. La fuente de la interferencia puede ser cualquier objeto, ya sea artificial o natural, que posea corrientes eléctricas que varíen rápidamente.

Las interferencias electromagnéticas se pueden clasificar en dos grupos: **intencionadas y no intencionadas**

El **CISPR** (Comité Especial Internacional de Interferencia Radio por sus siglas en inglés) propone estándares para limitar la interferencia electromagnética radiada y conducida.

Costes de las medidas CEM para el caso de interferencias

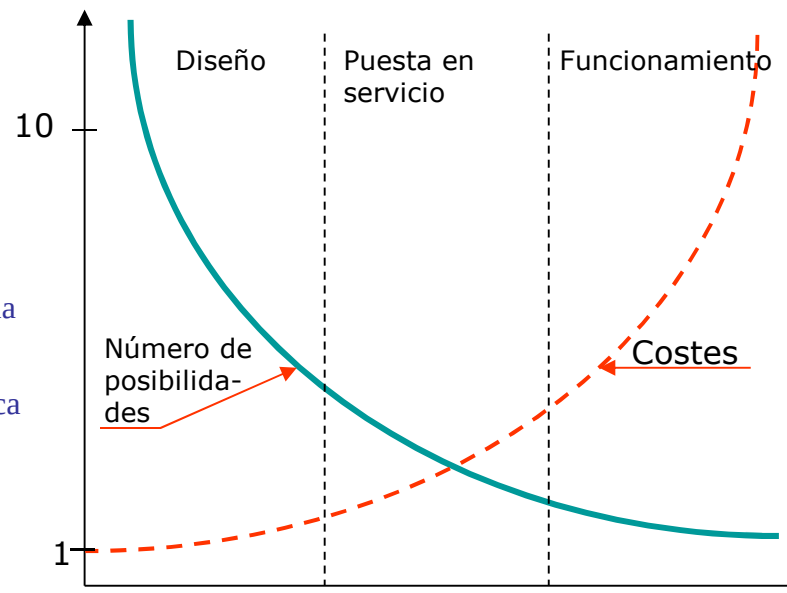
En vista de los costes y tiempos de parada que comportan las interferencias, **es preciso garantizar en todo momento el funcionamiento libre de error de los sistemas de automatización**. Los largos tiempos de parada debido a la necesidad de reajustes laboriosos resultan intolerables.

Por esta razón, **es necesario tener en cuenta los factores de CEM al planificar un proyecto**. Cualquier medida de protección contra interferencias adoptada a *posteriori* sobre el terreno ha de ser la excepción a esta regla, si bien es posible que resulten necesarias durante la puesta en servicio.

Dado que **los errores suelen producirse de manera esporádica, resulta difícil localizar la fuente real** de la interferencia, por lo que se hace inevitable revisar todo el sistema. Estas revisiones no sólo consumen tiempo, sino que también exigen la utilización de equipo de medición especial y de personal cualificado.

La gráfica muestra la relación entre las medidas CEM y los costes generados durante las distintas fases de implantación de un sistema de automatización.

Evidentemente, esta gráfica no refleja la pérdida de producción, un factor que también se ha de tener en cuenta.



Número de medidas de CEM y los costes

Una vez se ha instalado un sistema, las posibilidades de revisión son menores que en la etapa de diseño. La posibilidad de modificar la configuración del cableado o de los aparatos en un sistema finalizado es remota y suele comportar elevados costes y largos tiempos de parada

Planificación de las medidas de CEM para el caso de interferencias.



La **planificación adecuada** de un sistema de automatización contribuye a garantizar un funcionamiento libre de error y de interferencia del sistema una vez implantado. **Cuantas más precauciones se adopten en esta fase, mayor certidumbre habrá de que el sistema funcione correctamente** en el entorno industrial.

Es preciso **seleccionar los componentes eléctricos, configurarlos y proporcionarles protección, de modo que quede garantizada su inmunidad** contra interferencias en condiciones de funcionamiento normales.

En este sentido, **resulta aconsejable recurrir al programa CEM**, en el cual se describen todas las medidas CEM de tipo organizativo y técnico que han de ejecutarse para cada una de las fases de implantación individual de un aparato eléctrico. Adicionalmente a un programa detallado en el tiempo, este plan especifica igualmente objetivos y criterios.

Hay que tener en cuenta tres factores básicos a la hora de planificar las medidas de CEM en un sistema de automatización:

- ✚ Los aspectos de CEM de las características de producto del sistema de automatización en cuestión y del equipo eléctrico.
- ✚ La ubicación del sistema y los factores de interferencia existentes.
- ✚ El diseño de los aparatos eléctricos individuales en el sistema.

Lista de comprobación CEM

Donsión

Se recomiendan los siguientes pasos para la creación de un programa CEM:

- ☑ Analizar - el entorno electromagnético de la instalación
- ☑ Clarificar - las especificaciones involucradas (normas)
- ☑ Enumerar - los dispositivos eléctricos que han de utilizarse
- ☑ Especificar - las medidas CEM
- ☑ Crear - los conceptos para cableado, apantallado, puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas.
- ☑ Implantar - las medidas CEM.
- ☑ Comprobar - la implantación adecuada de las medidas CEM.
- ☑ Demostrar - el funcionamiento libre de error ni perturbaciones del sistema.
- ☑ Mejorar - cualquier posible defecto del sistema.

SISTEMAS DE CORRECCIÓN DE PERTURBACIONES

CORRECCIÓN DE PERTURBACIONES

Cualquier medida, o conjunto de medidas, que se adopte en una instalación, o en los receptores conectados a la misma, para que su funcionamiento sea satisfactorio en el entorno considerado

Donsión

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMISIÓN DE PERTURBACIONES

Las medidas consisten en incorporar los dispositivos adecuados para que los equipos emitan perturbaciones por debajo del límite a partir del cual pueden afectar al funcionamiento de otros receptores situados en su entorno

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE INMUNIZACIÓN FRENTE A PERTURBACIONES

El cumplimiento de la CEM exige que los equipos funcionen correctamente y sin sufrir deterioro hasta unos determinados niveles de perturbación. Las medidas consisten en incorporar los dispositivos necesarios para que dichos equipos sean inmunes a esos niveles de CEM

Algunos de los dispositivos correctores pueden corregir simultáneamente varios tipos de perturbaciones. Por ello, se distingue entre:

Dispositivos específicos

Dispositivos universales

ALIMENTACIÓN

FINALIDAD

Suministrar energía de calidad y garantizar su disponibilidad de manera que la instalación funcione correctamente

LA ALIMENTACIÓN ES UN INTERFACE ENTRE:

- La red pública “BT” y los abonados
- La red “MT” y las redes industriales
- En la propia instalación, entre los circuitos principales y secundarios

Donsión

REGLA GENERAL:

- **Filtrar la alimentación.** - Es conveniente instalar un filtro de red industrial y conectarlo correctamente.
- **Instalar limitadores de cresta y chispómetros en la fuente.** - No montar estos componentes perturbadores cerca de receptores sensibles

CIRCUITO DE AGUAS ARRIBA:

Localizar los perturbadores potenciales y el tipo de perturbación (naturaleza, intensidad, frecuencia...) que pueden afectar a la alimentación

ANÁLISIS

CIRCUITO DE AGUAS ABAJO

- Localizar los diferentes dispositivos alimentados y el tipo de perturbación que generan y que puede afectar a la alimentación. Calcular los efectos y consecuencias que pueden tener estas perturbaciones en la instalación alimentada
- **Consecuencias aceptables o no (permanentes, esporádicas...)**
 - **Gravedad y coste de las consecuencias de las perturbaciones**
 - Coste de la instalación
 - Disponibilidad y fiabilidad esperadas



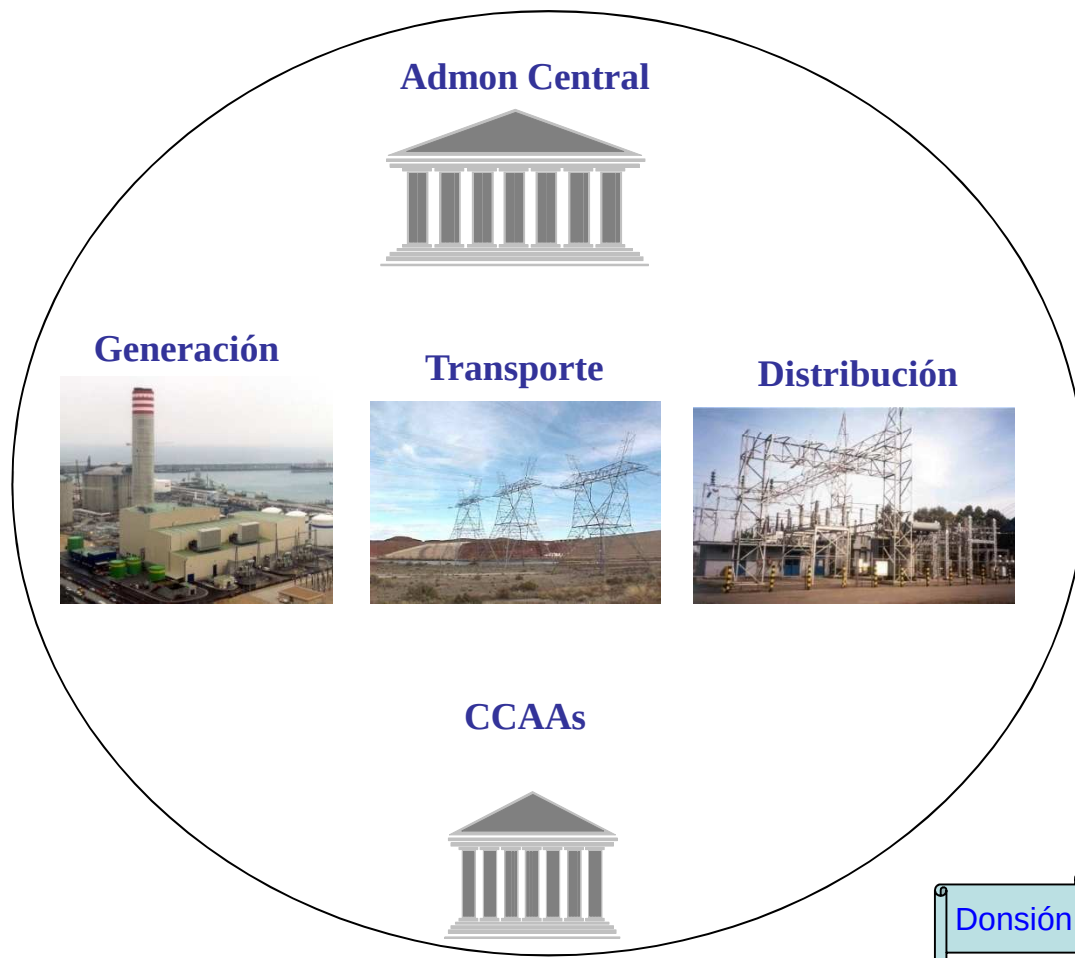
Calidad del Producto: Tipos de perturbaciones, consideraciones

✚ Variaciones lentas de Tensión

Las **soluciones** típicas son:

- ✚- Empleo de reguladores automáticos de tensión en transformadores y/o en líneas
- ✚- Empleo de protecciones de máxima y mínima tensión en cargas sensibles y en alimentadores.
- ✚- Empleo de sistemas de alimentación ininterrumpida en línea

✓ Continuidad del Suministro



■ La continuidad del suministro (CS), se refiere al número y duración de las interrupciones del suministro de energía eléctrica a la distribución y a los consumidores directamente conectados de duración superior a tres minutos (interrupción larga).

■ Según la UNE-EN50160, existe interrupción del suministro cuando el valor eficaz de la tensión en una o más fases se encuentre por debajo del 1% de la tensión declarada U_c .

■ Las interrupciones pueden ser programadas o imprevistas.

■ Las interrupciones pueden ser provocadas por algún problema en la **generación, transporte o distribución.**

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

Donsión

Es interesante conocer, además de los términos clásicos, las siguientes definiciones:

✚ **Incidencia:** Es todo evento, y sus consecuencias asociadas, originado en los sistemas de Generación, Transporte o Distribución, que sea causa de una o varias interrupciones imprevistas de suministro con instalaciones afectadas relacionadas temporal y eléctricamente.

✚ **Interrupción Programada:** Una interrupción se considera programada cuando se han cumplido los requisitos de **información, notificación y autorización** previstos en la legislación vigente, debidamente justificados.

✚ **Interrupción Imprevista:** Toda aquella interrupción que no se ajusta a la definición de programada.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Se pueden determinar:



■ En **modo histórico**, estos índices se calcularán utilizando estadísticas de interrupciones a los usuarios, y/o registros de incidencias de la empresa y a partir de los datos de funcionamiento del sistema eléctrico durante un período de tiempo en el pasado. Permite evaluar la calidad de servicio proporcionada y realizar análisis comparativas/tendencias.

■ En **modo predictivo**, se calculan los valores medios y/o máximos esperados, obtenidos a partir de modelos de fiabilidad aplicados al sistema eléctrico en un tiempo especificado. Permiten establecer objetivos ligados al tipo de red, identificar puntos débiles, realizar análisis alternativos de expansión de red, evaluar el impacto de nuevas inversiones en calidad. Los datos necesarios serán datos de fiabilidad de componentes, topología del sistema eléctrico, demanda, clientes, criterios de explotación, etc.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Se pueden distinguir:



- **Índices individuales**, miden la CS a nivel de usuario y reflejan el nivel de CS que experimenta un usuario particular.
- **Índices globales (o de sistema)**, miden la CS a nivel de sistema en función del número de clientes o demanda interrumpida y reflejan el comportamiento medio o en percentiles de la CS en el sistema, definido éste como una red, zona de servicio, región, etc., donde se suministra energía eléctrica. Estos índices de sistema suelen ser medias ponderadas de los índices individuales de calidad de los usuarios de la zona considerada.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

➤ Índices individuales:

- Ventaja: evaluación de la CS a nivel de usuario final, permite detectar zonas de mala calidad
- Desventaja: se necesitan inversiones importantes para su control y evaluación

➤ Índices globales:

- Ventaja: no se necesitan grandes inversiones para su control y evaluación
- Desventaja: difícil detectar zonas de mala calidad

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Índices individuales

- **Número de interrupciones, N**

- **Duración de cada interrupción**, que será igual al tiempo transcurrido desde que la misma se inicia hasta que finaliza, medido en minutos.

Donsión

A partir de las variables básicas anteriores es posible elaborar los índices individuales de continuidad propiamente dichos. Los más habituales son:

- **Número de interrupciones** (int./período), que será la suma de todas las interrupciones habidas en un período determinado.

- **Duración media de interrupciones** (h/int.): media de las duraciones de las interrupciones registradas.

- **Duración total de las interrupciones** (h/período): suma de las duraciones de todas las interrupciones en el período considerado.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Índices individuales

- **Energía no suministrada** (ENS, kWh/período): mide la energía cortada al usuario (MWh) a lo largo del año por interrupciones de servicio que han tenido lugar en la red de suministro. A estos efectos, se contabilizarán todas las **interrupciones ocasionadas por valores de tensión <1% de duración superior al minuto**. Existen distintos métodos para estimar la energía no suministrada, ya que no es posible medirla. Puede utilizarse la última medida realizada y extrapolarla, utilizar curvas de carga típicas por tipos de cliente, etc.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Índices de medida de la CS global

- **Energía no suministrada** (ENS, kWh/período): mide la **energía cortada al sistema (MWh) a lo largo del año** por interrupciones de servicio que han tenido lugar en la red. (Se contabilizan sólo las interrupciones causadas por valores de $U < 1$ % de duración superior a 1 minuto). (Valor de referencia = $1,2 \times 10^{-5}$ de la demanda de energía eléctrica en barras de la central)

Donsión

$$TIM = \frac{HA \cdot 60 \cdot ENS}{DA}$$

- HA = horas anuales.
 - DA = demanda anual del sistema en MWh.
- Valor de referencia del TIM = 15 minutos/año

- **Tiempo de interrupción medio** (TIM), definido como la **relación entre la energía no suministrada y la potencia media del sistema**, expresado en minutos.

ÍNDICES DE CONTINUIDAD DE SUMINISTRO

Índices de medida de la CS global

- La **disponibilidad de una red (ID)** se expresa por el porcentaje del tiempo total que sus líneas, transformadores y elementos de control de potencia activa y reactiva han estado disponibles para el servicio a lo largo del año. Su cálculo se efectúa a través del **Índice de Indisponibilidad (II)**.

Donsión

$$II = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot PN_i}{T \sum_{i=1}^n PN_i} \cdot 100$$

- t_i = tiempo de indisponibilidad de cada circuito, transformador y elemento de control de potencia activa o reactiva (horas).
- n = número total de circuitos, transformadores y elementos de control de potencia activa o reactiva de la red de transporte.
- T = duración del período en estudio (horas).
- PN_i = potencia nominal de los circuitos, transformadores y elementos de control de potencia activa y reactiva.

$$ID = 100 - II$$

Índice de disponibilidad total de la red de transporte

Valor de referencia del ID= 97%

✓ Continuidad en el suministro

La norma **UNE-EN 50160**, define como interrupción de alimentación, la condición en la que la **tensión** en los puntos de suministro es **inferior al 5% de la tensión de referencia**.

Una interrupción de alimentación, puede ser clasificada como:

Programada, cuando los usuarios de red son informados de antemano; o **accidental**, cuando está provocada por faltas permanentes o transitorias, la mayoría de las veces ligadas a sucesos exteriores, a averías de los equipos o interferencias. Una interrupción accidental puede ser clasificada como:

Interrupción larga (con una duración superior a 3 min).

Interrupción breve (hasta 3 min).

✓ Continuidad en el suministro

✓ Principales índices de interrupción IEEE

INDICE	DEFINICIÓN
SAIFI: <i>System average interruption frequency index</i>	Frecuencia media de interrupción del sistema
SAIDI: <i>System average interruption duration index</i>	Duración media de las interrupciones del sistema
CAIFI: <i>Customer average interruption frequency index</i>	Frecuencia media de interrupción por abonado
CAIDI: <i>Customer average interruption duration index</i>	Duración media de la interrupción por abonado
ASAI: <i>Average service availability index</i>	Número de horas promedio de suministro

✓ Continuidad en el suministro

✓ Principales índices de interrupción utilizados en España

INDICE	DEFINICIÓN
(*) TIEPI: Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada. (*) NIEPI (*) Percentil 80% TIEPI: Valor que 80 % TIEPI_i < Perc.80. IIS: Índice de indisponibilidad de la potencia instalada. TIEB: Tiempo de interrupción equivalente en baja tensión.	$TIEPI = \frac{\sum_{i=1}^k P_{I_i} \cdot H_i}{\sum P_I} \quad NIEPI = \frac{\sum_{i=1}^k P_{I_i}}{\sum P_i}$ $IIS = TIEPI / T$ $TIEB = 1 / N \sum H_i$
k = Número de interrupciones durante el periodo considerado, instalaciones 1kV < V < 36 kV H_i = Tiempo de interrupción del suministro que afecta a la potencia P_i P_i = Potencia instalada en los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT afectada por la interrupción “i” de duración H_i Las interrupciones que se considerarán en el cálculo del TIEPI /NIEPI serán las de duración superior a tres minutos. ΣP_I = Suma de la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT T: Período de tiempo considerado. P_i: Potencia instalada afectada por una interrupción (i) de duración H_i N: Número total de abonados.	

(*) Índices de calidad zonal establecidos en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.

✓ Continuidad en el suministro

✓ *Comparativa de la continuidad del suministro en varios países europeos. Datos promedio de 1996-2002*

PAIS	Frecuencia de interrupción [1/a]	Indisponibilidad [min/a]
Austria	0,59	35,23
Bélgica	0,90	42,25
Finlandia	4,06	182,67
Francia	1,21	53,33
Alemania	0,27	37,00
Gran Bretaña	0,77	70,09
Irlanda	1,34	235,67
Italia	3,83	202,85
Noruega	2,73	218,00
España	2,98	153,00
Suecia	2,07	99,00
Países Bajos	0,38	27,50

Fuente: SECOND BENCHMARKING REPORT ON QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY 2003.

Council of European Regulators - Working Group on Quality of Electricity Supply.

✓ Continuidad en el suministro

✓ *Comparativa de la energía no suministrada en varios países europeos en el período 1999 a 2004*

ENERGÍA NO SUMINISTRADA. - MWh no suministrados por año en el periodo 1999 a 2004						
País	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Finlandia	413,0	0	240,0	62,0	67,0	67,0
Francia					3263,1	2948,0
Gran Bretaña		586,9	1404,0	698,0	415,0	1329,0
Hungría	18,7	13,4	3,2	1,0	16,5	52,7
Italia	2007,5	2485,1	6377,3	1387,0	14546,0	3626,3
Noruega	30824,0	26984,0	20222,0	19780,0	21858,0	15996,0
Portugal	311,9	2016,8	554,4	91,4	976,2	496,0
España	676,0	779,0	6990,0	803,0	466,0	1250,0
Suecia	96,0	91,0	23,1	49,2	10416,7	25,2

Fuente: THIRD BENCHMARKING REPORT ON QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY 2005

Council of European Regulators – Ref: C05-QOS-01-03

✓ Continuidad en el suministro

✓ *Comparativa de la energía distribuida en varios países europeos en el período 1999 a 2004*

ENERGÍA DISTRIBUIDA. - TWh distribuidos por año en el periodo 1999 a 2004						
País	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Finlandia	77,8	79,2	81,2	83,5	85,2	86,8
Francia					521,6	546,6
Gran Bretaña		305,892	309,84	315,32	319,92	
Hungría	30,45	31,15	32,20	32,46	34,33	34,75
Italia			285	290	299	299
Noruega	103,86	107,42	108,37	107,61	105,11	109,31
Portugal				36,15	37,86	40,12
España	184,28	195,80	205,41	210,70	216,00	216,14
Suecia	100	99	103	102	104	108

Fuente: THIRD BENCHMARKING REPORT ON QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY 2005

Council of European Regulators – Ref: C05-QOS-01-03

✓ Continuidad en el suministro

✓ Marco Normativo Español

Ley 24/2013 El 27 de diciembre de 2013, se publicó en el BOE la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (LSE).

Otras a tener en cuenta como referencia:

✚ R.D. 1955/2000 REGULACION ACTIVIDADES DE TRANSPORTE, DISTRIBUCION, COMERCIALIZACION, SUMINISTRO Y AUTORIZACION

✚ ORDEN ECO/797/2002. PROCEDIMIENTO MEDIDA Y CONTROL DE CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO ELECTRICO

Marco Normativo Europeo

Marco Normativo Europeo, algunos ejemplos

✉ Regulatory Instructions and Guidance RIGs, Inglaterra

✉ Regulamento da Qualidade de Serviço 2410-A/2003, Portugal

✉ Attuazioni della direttiva 96/92/CE per il mercato interno dell'energia elettrica

Marco Normativo Español y Europeo

Marco Normativo Europeo, algunos ejemplos

Continuidad	Inglaterra	Italia	Portugal	España
Indicadores ponderados a	cliente Y ORIGENES	cliente	cliente/potencia	potencia
Segregacion zonal	por zona de distribuidor	regionales/PROVINCIA	municipal	municipal
Indicadores individuales/zonales	ambos	ambos	zonales	zonales, limites individuales
Límites de calidad	objetivos anuales de tendencia	objetivos plurianuales	fijos (minismo)	fijos
Capacidad ejecutiva-legislativa del regulador	ambas	ejecutiva	ejecutiva	organo consultivo
Incentivos/penalizaciones económicas	ambos para cada distribuidor	ambos comunes	solo penalizaciones	solo penalizaciones

(*) Los índices de Inglaterra distinguen entre interrupciones largas y cortas

(nº interrupciones-cliente indptes/nºclientesx100)

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

Índices basados en potencia

✚ R.D. 1955/2000. Regulación actividades Continuidad de suministro

Indicadores de Continuidad de Suministro: Índices numéricos definidos al efecto de medir el número y/o la duración de las **interrupciones de duración mayor de tres minutos** que afectan a los clientes.

Se definen los siguientes índices en MT ($1\text{kV} \leq U \leq 36\text{ kV}$).

TIEPI= Tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada en MT

NIEPI= Número de interrupciones equivalente de la potencia instalada en MT

$$TIEPI = \frac{\sum_{i=1}^k PI_i \cdot H_i}{\sum PI} \approx ASIDI$$

$$NIEPI = \frac{\sum_{i=1}^k PI_i}{\sum PI} \approx ASIFI$$

Donsión

Percentil 80% TIEPI= Valor del TIEPI que no es superado por el 80% de los municipios del ámbito provincial definidos

Donde:

k = Número de interrupciones durante el periodo considerado, instalaciones $1\text{kV} < U < 36\text{ kV}$

H_i = Tiempo de interrupción del suministro que afecta a la potencia P_i (en horas)

P_i = Potencia instalada en los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT afectada por la interrupción “i” de duración H_i (en kVA)

ΣPI = Suma de la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT (en kVA)

Cumplimiento de calidad zonal

ZONA	TIEPI (h)	Perc. 80 (h)	NIEPI (nº)
Urbana	2	3	4
Semiurbana	4	6	6
Rural concentrada	8	12	10
Rural dispersa	12	18	15

Donsión

TABLA.- Límites de los valores del TIEPI, el percentil 80 del TIEPI y el NIEPI, durante cada año natural, teniendo en cuenta únicamente las interrupciones imprevistas (Artículo 106.3 del RD 1955/2000).

A los efectos de calidad de suministro, el Real Decreto 1955/2000 establece la siguiente clasificación de zonas:

- ✚ **Zona Urbana:** Conjunto de municipios de una provincia con **más de 20.000 suministros**, incluyendo capitales de provincia, aunque no lleguen a la cifra anterior.
- ✚ **Zona Semiurbana:** Conjunto de municipios de una provincia con un número de suministros comprendido entre **2.000 y 20.000**, excluyendo capitales de provincia.
- ✚ **Zona Rural Concentrada:** Conjunto de municipios de una provincia con un número de suministros comprendido entre **200 y 2.000**.
- ✚ **Zona Rural Dispersa:** Conjunto de municipios de una provincia con **menos de 200 suministros** así como los suministros ubicados fuera de los núcleos de población que no sean polígonos industriales o residenciales.

Cada distribuidor está obligado a mantener los niveles de calidad zonal asignados a aquellas zonas donde desarrolle su actividad (RD 1955/2000).

Ningún municipio estará por encima del percentil 80 del TIEPI de su zona más de dos años consecutivos.

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

+ Recogida de información sobre la continuidad del suministro

■ Las compañías distribuidoras deberán disponer de **sistemas** que, de acuerdo con sus características específicas, **permitan recoger información sobre las incidencias** que se produzcan en su red de distribución.

Donsión

■ Los datos necesarios para obtener el registro de interrupciones tienen un doble origen:

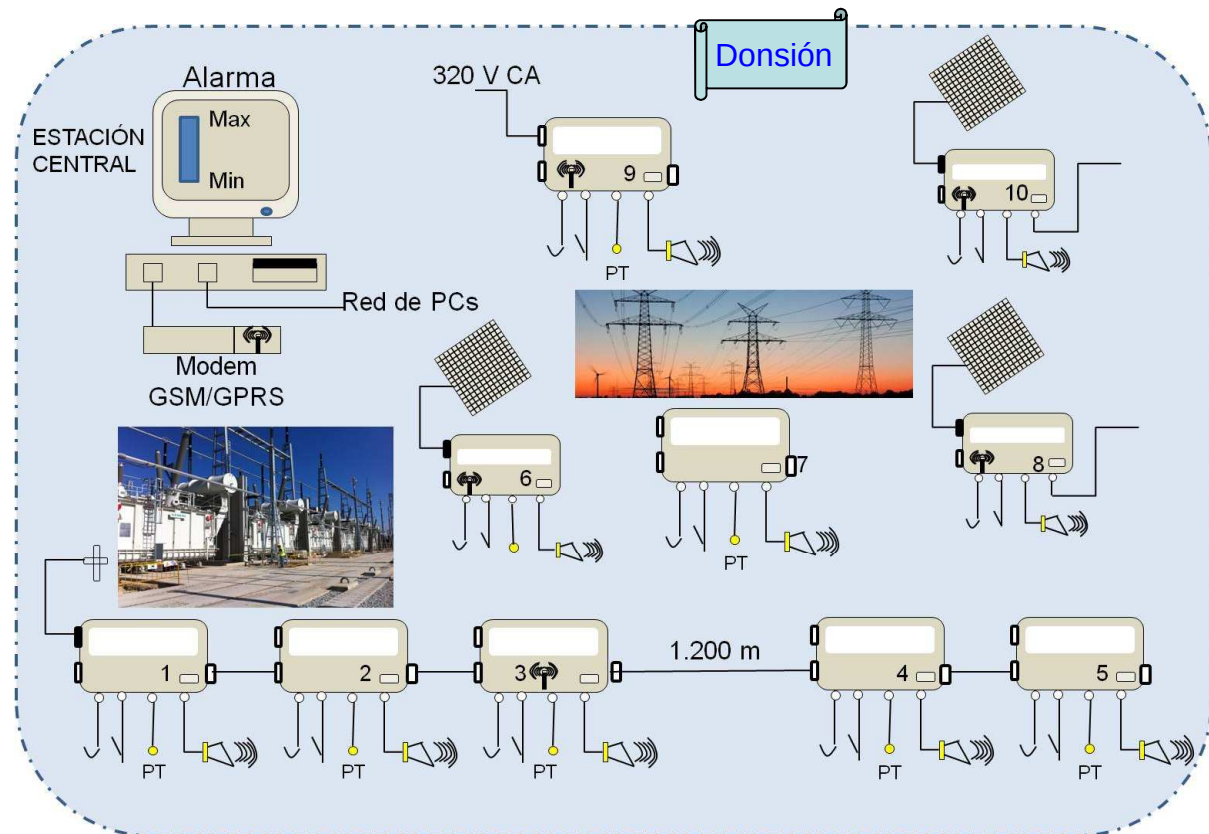
■ 1.- Los que provienen de los **centros de control**, tanto de telecontrol como de la actuación manual, donde se recogen las interrupciones de suministro con impacto en AT y/o MT y sus afectaciones hasta el nivel de transformador de CT y de cliente de AT y MT.

■ 2.- Los datos que provienen de los **centros de atención al cliente**, basados principalmente en la atención telefónica de clientes, y que recogen fundamentalmente las interrupciones de suministro con impacto en instalaciones de MT y BT y sus afecciones hasta el punto de agregación.

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

Sistema de telecontrol SCADA.

El sistema de telecontrol SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permite el registro de los datos de las incidencias producidas de forma automática.



El registro cronológico de aperturas y cierres de elementos telecontrolados del SCADA es una fuente de contraste de los tiempos con relación a las maniobras asociadas a la incidencia a efectos de trazabilidad o el seguimiento de la evolución de una incidencia desde el inicio de la misma.

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO

Actuación manual

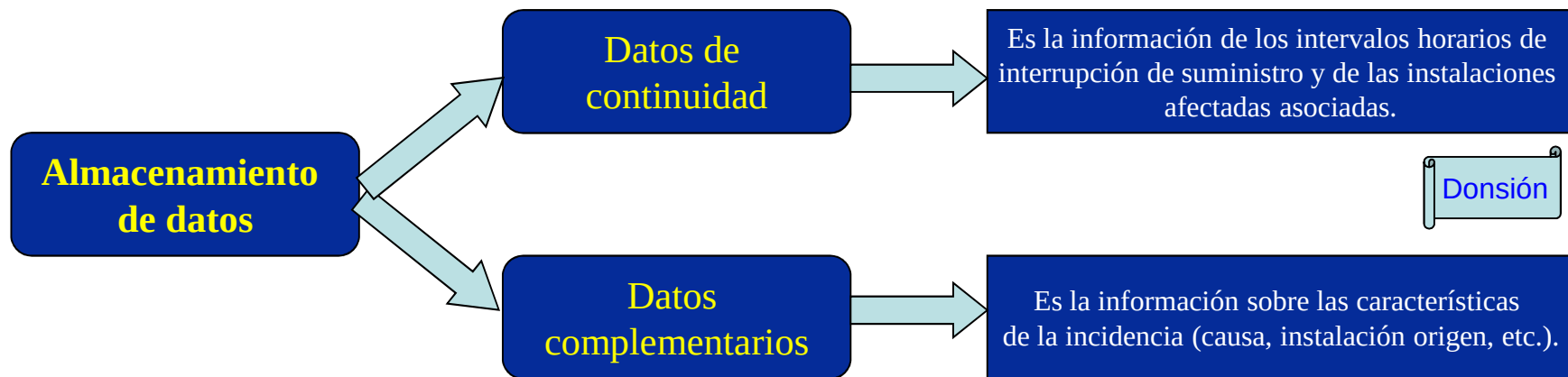
■ Los datos obtenidos mediante actuación manual constituyen una fuente de información de incidencias donde no se dispone de telecontrol en la red o cuando éste no está operativo.



Centro de atención al cliente

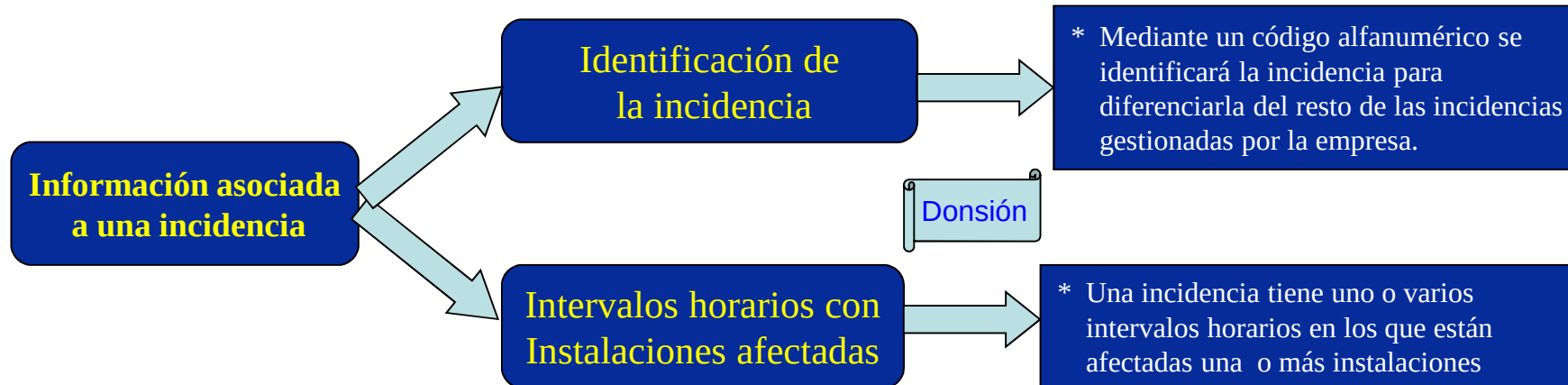
■ El centro de atención al cliente constituye el medio de comunicación entre la empresa distribuidora y sus clientes, a través del cual los consumidores pueden notificar a la compañía las anomalías producidas en su suministro eléctrico.

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO



- Los datos de continuidad tanto de las maniobras telecontroladas como de las manuales, así como los procedentes del Centro de Atención al Cliente, serán recogidos en una **aplicación informática auditable**.
- La aplicación estará diseñada de forma que permita a un **tercero independiente** verificar todo el proceso de **captación, modificación, transmisión, soporte y tratamiento de la información**, mediante el almacenamiento de la información necesaria en el período de análisis, así como comprobar la compatibilidad y correcta relación de los sistemas de la sociedad afectados (Sistema de Registro de Incidencias, base de datos comercial, base de datos técnica, etc.), de modo que al final del trabajo de verificación se pueda afirmar con una seguridad razonable que la información elaborada por la empresa se corresponde con la realidad.
- La aplicación, independientemente de su implementación física, garantizará la posibilidad de verificar el control adecuado de los riesgos de **confidencialidad, integridad, disponibilidad** y relevancia de la información, así como los debidos a la infraestructura tecnológica.

CONTINUIDAD DEL SUMINISTRO



* En cada intervalo horario puede haber diferentes instalaciones afectadas, o una misma instalación puede estar afectada en varios intervalos horarios de la incidencia.

* Al final, la información se presentará en forma de una tabla de fechas (dd:mm:aaaa) y horas (hh:mm:ss), inicial y final, para cada instalación afectada en cada uno de los intervalos horarios de la incidencia.

ATENCIÓN Y RELACIÓN CON EL CLIENTE

Asesoramiento, contratación, comunicación y reclamación

Atención al cliente:

✚ Se establecen plazos para la elaboración presupuestos de nuevos suministros y para ejecución de las instalaciones, en función de su complejidad, tensión etc

Cumplimiento de calidad individual

✚ Para el cumplimiento de la calidad individual, se establecerá un procedimiento de medida y control para determinar afectaciones en todos y cada uno de los consumidores. El Art. 108. pto.3, del R.D. 1955/2000, emplaza a las distribuidoras a proponer un **procedimiento de medida, homogéneo y auditable**.

Los datos de continuidad serán recogidos en una aplicación informática auditable.

ZONA	Horas MT	Interr. MT	Horas BT	Interr. BT
Urbana	4	8	6	12
Semiurbana	8	12	10	15
Rural concentrada	12	15	15	18
Rural dispersa	16	20	20	24

Donsión

La información mínima para realizar un correcto análisis de la incidencia registrada en la aplicación sería un **código alfanumérico de identificación de la incidencia** y los intervalos horarios en los que alguna de las instalaciones se vea afectada por la incidencia registrada.

El consumidor tendrá derecho a instalar a su cargo un sistema de registro de incidencias de calidad de servicio, debidamente precintado, al objeto de confrontar valores, previo acuerdo.

ATENCIÓN Y RELACIÓN CON EL CLIENTE

Descuentos



+ El descuento a aplicar en la facturación tendrá un carácter anual y se aplicará automáticamente dentro de los tres meses siguientes desde el final del año considerado, desarrollándose una metodología de cálculo de los descuentos en facturación por calidad individual a **clientes cualificados** y a **clientes tarifa**.

Desagregación de los datos de la interrupción

Programada		Imprevista			
Transporte	Distribución	Generación	Transporte	Terceros	Fuerza mayor

Causa de la incidencia: Se indicará la causa que se supone ha originado la incidencia, como mínimo con el nivel de detalle de la siguiente clasificación:

- ✚ **Generación:** Se contabiliza si se producen cortes de mercado.
- ✚ **Transporte:** Se acreditará mediante informe del operador del sistema.
- ✚ **Terceros:** Causadas por personas físicas/jurídicas ajenas a la empresa distribuidora
 - ✚ Otra empresa distribuidora
 - ✚ Instalación particular
 - ✚ Acciones intencionadas o accidentales de terceros:
 - ✚ Pala excavadora
 - ✚ Vehículo
 - ✚ Actos de vandalismo o terrorismo, etc
 - ✚ Acciones de huelgas legales
- ✚ **Fuerza mayor:** Han de ser aceptadas como tales por la Administración Competente
 - ✚ Decisiones gubernativas o de los Servicios de Protección Civil
 - ✚ Fenómenos atmosféricos extraordinarios con riesgo para personas y bienes
- ✚ **Propias**
 - ✚ **Atmosféricas:** lluvia, inundación, tormenta, nieve, hielo, granizo, niebla, viento, contaminación, polución, etc.
 - ✚ **Agentes externos:** animales, arbolado, movimientos de terreno, etc.
 - ✚ **Internas:** fallo de equipos y materiales, corrosión, defecto de diseño o de montaje, uso inadecuado, conexión y desconexión de instalaciones propias, mantenimiento, obras propias, reparto de cargas, etc.
 - ✚ Desconocidas.

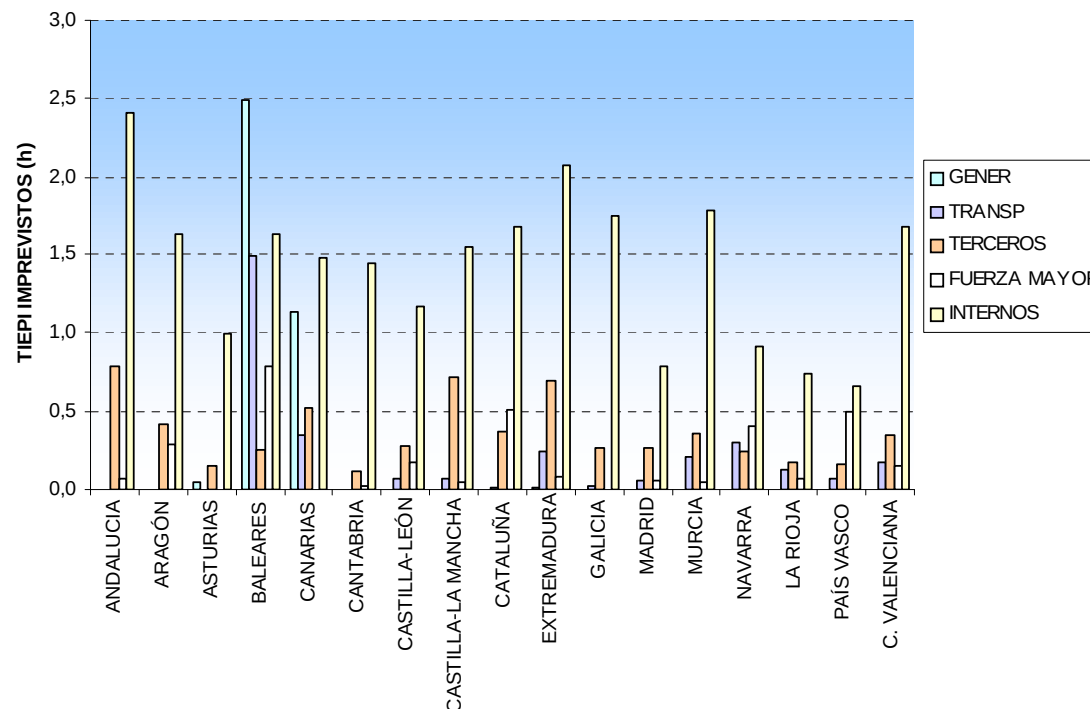
Donsión

Continuidad del Suministro: Situación actual

Evolución del TIEPI y el NIEPI en España, análisis zonal (UNESA). IMPREVISTOS

Los TIEPIS por transporte y sobre todo por generación son especialmente significativos en las islas, pasando en Baleares a ser el primer motivo de incidencia. Sin embargo en el resto de las CCAAs son los TIEPIS internos (asociados a equipamiento, maniobra, cargas etc) los de mayor relevancia.

Proporcionalmente en el País Vasco y en Cataluña cobran gran importancia los TIEPIS por causas de fuerza mayor (que en este caso incluye los atmosféricos)



COMUNIDAD	GENER	TRANSP	TERCEROS	FUERZA MAYOR	INTERNOS
ANDALUCIA	0,00	0,00	0,79	0,07	2,42
ARAGÓN	0,00	0,00	0,42	0,29	1,63
ASTURIAS	0,05	0,00	0,15	0,00	0,99
BALEARES	2,49	1,49	0,25	0,78	1,62
CANARIAS	1,13	0,35	0,51	0,00	1,48
CANTABRIA	0,00	0,00	0,11	0,03	1,45
CASTILLA-LEÓN	0,00	0,07	0,27	0,17	1,17
CASTILLA-LA MANCHA	0,00	0,07	0,72	0,05	1,55
CATALUÑA	0,00	0,01	0,37	0,51	1,67
EXTREMADURA	0,01	0,24	0,69	0,09	2,08
GALICIA	0,00	0,02	0,27	0,01	1,74
MADRID	0,00	0,05	0,27	0,05	0,78
MURCIA	0,00	0,21	0,36	0,05	1,79
NAVARRA	0,00	0,30	0,24	0,40	0,91
LA RIOJA	0,00	0,13	0,17	0,06	0,74
PAÍS VASCO	0,00	0,07	0,16	0,49	0,66
C. VALENCIANA	0,00	0,17	0,35	0,15	1,67

Medidas a adoptar para la mejora de la continuidad del suministro

Las medidas a adoptar para tratar de conseguir una mejora de la continuidad del suministro, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- ✚ Medidas directas de primer orden
- ✚ Medidas complementarias (*)



Entre las medidas complementarias, se pueden citar:

- (*) {
- ✚ Aumento del telemando en las líneas de distribución.
 - ✚ Fomento de sistemas de monitorización remota: eliminación de las causas antes del problema.
 - ✚ Fomentar la incorporación de información a los programas actuales de mantenimiento preventivo.
 - ✚ Incorporación de nuevos índices de seguimiento que eliminen las situaciones de conyuntura
 - ✚ Otras.

Continuidad del Suministro: Mejoras

Medidas directas de primer orden

✚ Mallado de redes de distribución



✚ Conexión de los extremos de un alimentador MT a posiciones de salida de distintas subestaciones AT/MT

- Inyecciones desde el propio sistema de distribución MT: Centros de reparto, reflexión, transformación, derivaciones en “T” desde otros alimentadores...
- Instalación de líneas de doble circuito.
- Operación mallada de sistemas AT (típicamente sistemas con una tensión superior a 66 kV).

✚ Recrecido de instalaciones de distribución: **desdoblamiento de circuitos, cambio de conductores**

✚ Nuevos desarrollos de red: **Los más problemáticos, nuevas líneas y sistemas eléctricos.**

✚ Sustitución de elementos de la red **(en algunos núcleos urbanos estas medidas se complican por la afección que supone sobre el desarrollo normal de las actividades: obras, zanjas etc)**

✚ Telemandos **cuando los riesgos de pérdida de determinadas bolsas de mercado son importantes, especialmente en líneas de gran longitud en antena**

Medidas complementarias

-Aumento del telemando en las líneas de distribución

- En la mayoría de ocasiones el disparo y la eliminación de avería se produce a nivel de alimentador. El análisis de la criticidad de los alimentadores debe ser la base para establecer las actuaciones más urgentes, en este sentido se deben analizar los siguientes factores:

- ✚ Históricos de averías.
- ✚ Elevada longitud del alimentador (> 30 km), impacto de mercado
- ✚ Elevado número de derivaciones particulares
- ✚ Dificultades para la accesibilidad e intervenciones de los equipos
- ✚ Análisis de las restricciones que los conductores pueden imponer en situaciones de “apoyo”



- Cuando se dispone de telemandos, la localización y restitución de las bolsas de mercado no afectadas es muy rápida, y evita la búsqueda por iteraciones (con desplazamiento por tierra de las brigadas) de la zona afectada por la avería.

Medidas complementarias

Fomento de los sistemas de monitorización remota: eliminación de las causas antes del problema.

Con la finalidad de obtener cuanto antes los datos más precisos de seguimiento, se debe fomentar el uso de los equipos de medida y control en tiempo real de los puntos singulares de la red (ya la norma 792 indica que se fomentará el registro de las interrupciones de suministro en los contadores, se trataría, quizás no a tan bajo nivel, de obtener información más precisa y útil para la predicción y localización de averías).

El empleo de nuevos sistemas de tele-señalización o monitorización remota, y los equipos con posibilidad de telemando asociados son un instrumento imprescindible para la gestión y prevención de incidencias:



- ✚ Localización de anomalías
- ✚ Configuración de la red a nivel de Centros de Distribución y Transformación:
 - Localización de defectos
- ✚ Teledetección de alarmas y/o prealarmas (temperatura, U,I, presión, incendios etc)

- Gestión de redes de MT y BT

SISTEMAS INFORMÁTICOS DE ALMACENAMIENTO

Donsión

CONFIDENCIALIDAD

El acceso a los sistemas estará restringido a determinadas personas con autorización

INTEGRIDAD

Las compañías garantizarán la fidelidad y la precisión de la información contenida en sus sistemas, controlando que no se produzcan errores de procesos, aplicaciones o de gestión, que supongan alteraciones de la información.

DISPONIBILIDAD

La información se encontrará accesible para su consulta y tratamiento siempre que sea necesaria.