

Métodos de Corrección de Huecos de Tensión y Cortes Breves

Nicolás Louzán Pérez, Manuel Pérez Donsión ⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S.I.I., Universidad de Vigo
Lagoas-Marcosende, 36202 Vigo (España)
Tfno.: +34 986 812685, fax: +34 986 812601
e-mail:donsion@uvigo.es

Resumen

El término calidad de onda se ha convertido en una de las palabras más en auge en la industria eléctrica desde finales de los ochenta. Se trata de un concepto que engloba diferentes tipos de perturbaciones en los sistemas de distribución de energía eléctrica y, de entre todas esas perturbaciones que afectan a la calidad de la onda de tensión, dos de las que tienen una mayor repercusión desde el punto de vista del usuario industrial son, según la opinión de los técnicos, los huecos de tensión y los cortes breves.

En este trabajo se exponen algunos de los métodos más representativos a la hora de mitigar los efectos de huecos de tensión y cortes breves, tanto desde el punto de vista del cliente de tipo industrial como desde la perspectiva de la compañía eléctrica, así como un estudio de la calidad de onda en una red eléctrica.

Palabras clave: Huevo de tensión, corte breve, calidad de onda, calidad de tensión.

1. Introducción

Las perturbaciones clásicas presentes en la red de distribución y en el interior de las plantas industriales, la influencia de las computadoras digitales y de otro tipo de controles utilizados por las industrias para conseguir la máxima productividad, el aumento de la potencia basada en energías renovables y la reducida redundancia en líneas y subestaciones, tiene un impacto negativo sobre la calidad de onda en las líneas de distribución de media y baja tensión, así como en las instalaciones de los clientes industriales.

Con el fin de mejorar la calidad de onda en ambos niveles de tensión, al menos para aquellos consumidores que trabajan con procesos especialmente susceptibles frente a huecos de tensión y cortes breves, el mercado ofrece hoy en día una amplia gama de productos basados en posibles mejoras de la tecnología tradicional existente o en la utilización de técnicas de conversión con semiconductores de potencia. Sin embargo, en el futuro se requerirán soluciones económicamente más atractivas para afrontar el entorno competitivo que supone un mercado eléctrico completamente desregulado. Las tecnologías de la información desempeñarán un papel esencial en este escenario.

2. Huecos de tensión y cortes breves

Se dice que ha tenido lugar un hueco de tensión en un punto de la red eléctrica cuando la tensión de una o más fases cae repentinamente por debajo de un límite establecido, generalmente el 90%, pudiendo llegar hasta un 1% según la norma UNE-EN 50160 [3], o un 10% según el Real Decreto 1955/2000 [2], y se recupera después de un corto periodo de tiempo que oscila entre medio ciclo y algunos segundos. El límite máximo de este periodo resulta el punto más controvertido en la definición de hueco de tensión [15]. Algunas definiciones consideran que existe hueco cuando la duración es de hasta 1 min [3]. Otras elevan este límite hasta los 3 min. En condiciones normales de explotación, el número esperado de huecos de tensión en un año puede ir de algunas decenas a un millar [3].

El corte breve supone la desaparición total de la tensión de las tres fases durante un tiempo superior a 10 ms e inferior a un minuto [2], si bien se considera como interrupción de la alimentación aquella situación en la que la tensión en los puntos de suministro no supere el 10% de la tensión declarada. Es, por tanto, equivalente a un hueco de tensión que afecte a las tres fases y tenga una profundidad del 90%. En condiciones normales de explotación, el número anual de cortes breves puede variar de algunas decenas a varias centenas [3].

3. Causas

Los sistemas de distribución de energía no tienen una impedancia nula, por lo que cualquier incremento en la corriente causará una reducción de la tensión. Por lo general, estos aumentos de corriente no son lo suficientemente grandes como para provocar variaciones significativas de tensión con respecto a su valor nominal. Sin embargo, cuando el aumento de corriente presenta una cierta importancia, o cuando la impedancia del sistema tiene un valor elevado, la tensión puede experimentar una caída importante [4]. Por lo tanto, desde un punto de vista netamente teórico, los huecos de tensión pueden responder a dos causas:

- Fuertes incrementos de corriente.
- Aumento de la impedancia del sistema.

En la práctica, la mayoría de los huecos de tensión se producen por incrementos de corriente. Las causas más típicas de los huecos y cortes breves son las faltas en las redes de alimentación (sistemas de transporte y distribución) o en las instalaciones de los usuarios que, en muchas de ocasiones, tienen su origen en descargas atmosféricas y cortocircuitos. La existencia de estas faltas y las consiguientes actuaciones de sistemas de protección con automatismos de reposición que reducen la duración de las interrupciones del suministro de energía eléctrica, dan lugar a la aparición de huecos de tensión y cortes breves [5].

En general, puede decirse que la tensión en la fase que presenta la falta cae a cero en el lugar donde se ha producido dicha falta. La tensión en la subestación y en las otras ramas de alimentación en paralelo con la sección de línea cortocircuitada, depende de la distancia entre la falta y la subestación (de las impedancias presentes a lo largo de toda la red de alimentación). Las magnitudes de las tensiones en las barras de los usuarios están directamente relacionadas con la cantidad de equipos sensibles que éstos posean, y

dependerán, a su vez, de los transformadores presentes entre el sistema donde se manifiesta la falta y la barra de los usuarios [6].

La aparición de huecos de tensión e interrupciones breves no puede preverse debido al carácter aleatorio de las faltas que originan dichas perturbaciones. Los distribuidores y transportistas no pueden eliminar los huecos, pero sí reducir su número, profundidad y duración mediante el mejor mantenimiento de las redes, el empleo de tecnologías más inmunes a las descargas atmosféricas, el aumento de la potencia de cortocircuito y la mayor rapidez de los elementos de protección contra cortocircuitos. Todo ello en un equilibrio de costes y sobre todo de continuidad que, en muchos casos, se ve perjudicado con estas medidas. En cualquier caso, no es posible su eliminación total, ni tampoco reducirlos a partir de un cierto límite [15].

4. Principios de protección

Tanto la compañía de distribución eléctrica, como los consumidores finales y los fabricantes de los equipos, pueden tomar diversas medidas para disminuir el número y la severidad de los huecos de tensión, y reducir asimismo la sensibilidad de las máquinas frente a dichas perturbaciones. La figura 1 ilustra diversas soluciones alternativas a los huecos y sus costes relativos. Como indica este gráfico, resulta menos caro abordar el problema cuanto más cerca nos encontremos de la carga [1]. Las soluciones en los niveles más altos de potencia disponible son, por lo general, más costosas.

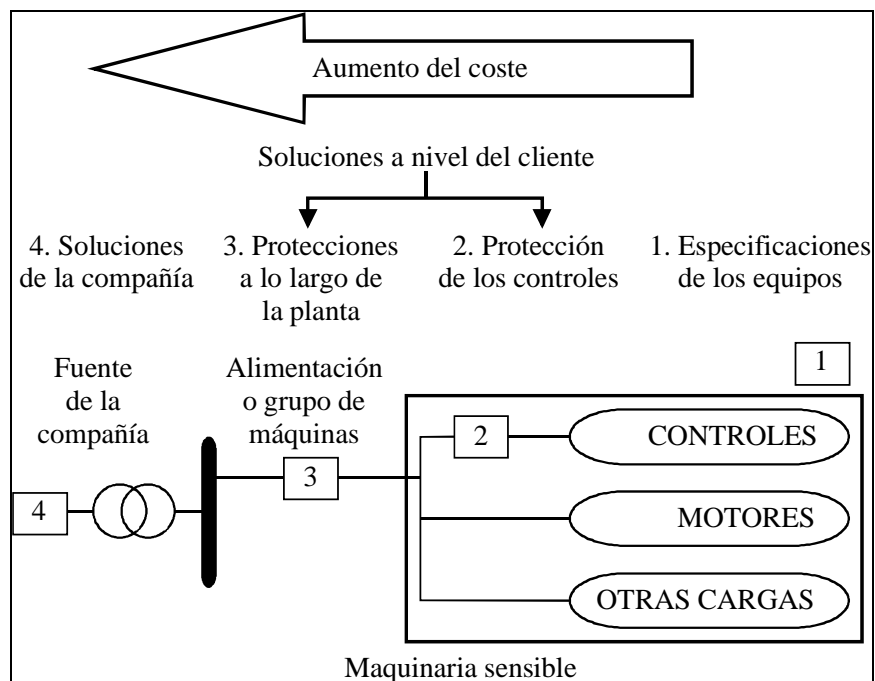


Figura 1: Soluciones a diferentes niveles y costes involucrados.

5. Métodos de protección frente a huecos y cortes en el interior de las plantas

Entre los principales métodos de protección de las plantas de los clientes industriales frente a huecos de tensión y cortes breves, podrían citarse los siguientes [7] [8] [9] [10] [11]:

- Transformadores de varias tomas.
- Reguladores de reactancia saturable.
- “Variacs” motorizados.
- Reguladores por control de fase.
- Reguladores electrónicos de tensión.
- Reguladores estáticos de tensión (SVR).
- Acondicionadores de conmutación suave en línea.
- Transformadores ferroresonantes (CVT).
- Sintetizadores magnéticos.
- Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) y baterías de almacenamiento.
- Volantes de inercia (grupos motor-generator).
- Almacenamiento de energía mediante superconductores magnéticos (SMES).
- Almacenamiento de energía mediante condensadores: supercondensadores.
- Almacenamiento de energía mediante aire comprimido.
- Restauradores dinámicos de tensión (DVR).
- Correctores dinámicos de huecos (DySC).

6. Medidas que puede adoptar la empresa suministradora

Entre las acciones que puede llevar a cabo la empresa suministradora, con el fin de hacer frente a los huecos de tensión y cortes breves, podrían enumerarse las siguientes [14]:

- Reducir el número de huecos, actuando sobre las instalaciones en las zonas con alto índice de faltas y comprobando que los sistemas de protección funcionen correctamente.
- Reducir la duración de los huecos verificando que los tiempos de eliminación de las faltas son normales.
- Seccionar el sistema, separando en lo posible el punto de conexión del cliente (PCC), de las zonas que están muy expuestas a faltas.
- Elevar la potencia de cortocircuito de la zona (Scc). Con ello se consigue disminuir el área de influencia de las faltas, reduciendo así el número y profundidad de los huecos.

7. Eliminación de faltas en el sistema de distribución

Las empresas de distribución tienen dos opciones básicas para reducir el número y severidad de las faltas en sus sistemas:

7.1 Prevenir la aparición de faltas

- Eliminación de la vegetación circundante.
- Limpieza de aislantes.
- Apantallamiento de cables.
- Mejora en la puesta a tierra de los postes.
- Cambios en el espaciado entre los conductores.
- Pararrayos en las líneas.

- Cables subterráneos.
- Guardas contra animales.

7.2 Modificar los métodos empleados para eliminar las faltas

Teniendo en cuenta los principios de coordinación de sobrecorrientes, así como los dos tipos principales de dispositivos para eliminar las faltas, fusibles y reconectores, resulta posible recurrir a diferentes estrategias a la hora de situar estos elementos en el sistema, eligiendo entre una opción en la que prime la conservación de los fusibles, o entre aquella otra en la que se prescindiera de esta característica [1]. La utilización de reconectores se halla relacionada a menudo con faltas transitorias (pudiendo optar entre las dos secuencias más comunes en lo que al uso de los reconectores se refiere: una operación rápida y tres con retardo, o bien dos rápidas y dos con retardo), mientras que el empleo de fusibles se revela como más apropiado para combatir faltas permanentes [12]. Sin embargo, existen algunos casos en los que la utilización de reconectores puede deteriorar la calidad de onda [6].

Otra solución sería recurrir a un incremento del seccionamiento del sistema, situando un reconector en la línea de alimentación principal que parte de la subestación, reconfigurando la red con múltiples líneas de suministro en paralelo, o diseñando un sistema con múltiples líneas que parten de una línea principal de alta fiabilidad [1]. Se puede alcanzar un elevado nivel de redundancia mediante otras configuraciones, tanto con dos líneas de alimentación en paralelo como con sistemas en lazo. Ahora bien, ambos diseños disminuyen la impedancia entre la carga y la subestación, exponiendo a las otras cargas conectadas a la misma subestación a huecos de tensión de mayor severidad [6].

Estos y otros diseños pueden aplicarse en combinación con interruptores de alta velocidad: la extremadamente rápida operación de los interruptores de estado sólido permite restaurar la alimentación a la carga en aproximadamente medio ciclo, lo que constituye una manera muy eficaz de mitigar los efectos tanto de huecos como de cortes breves, limitando no su magnitud, sino su duración. [13].

8. Medidas

Tomando como partida una serie de medidas proporcionadas por una compañía española de distribución eléctrica, se ha realizado una clasificación de huecos de tensión y cortes breves, atendiendo a diferentes parámetros. Este estudio se ha llevado a cabo en baja, media y alta tensión.

Las medidas se efectuaron en distintos puntos a lo largo de toda Galicia entre el 24-12-1999 y el 17-2-2002, de acuerdo con un plan estratégico anual en el que se estudian diferentes puntos geográficos que pueden ser representativos de la calidad de onda en toda la red de distribución. Algunas de ellas, además, se realizaron como respuesta frente a reclamaciones de clientes industriales con el fin de buscar el origen de algún problema dentro de la planta y ayudar a solucionarlo o, simplemente, para conocer la calidad de la onda en el suministro. En cada localización objeto de estudio, se tomaron muestras durante una semana como mínimo (máximo de un mes). Por lo tanto, las medidas no se pueden hacer extensibles a la totalidad de un año, si bien sí nos dan una idea de la calidad de onda del sistema. Los resultados se muestran en las diferentes figuras (figuras 2, 3, 4 y 5).

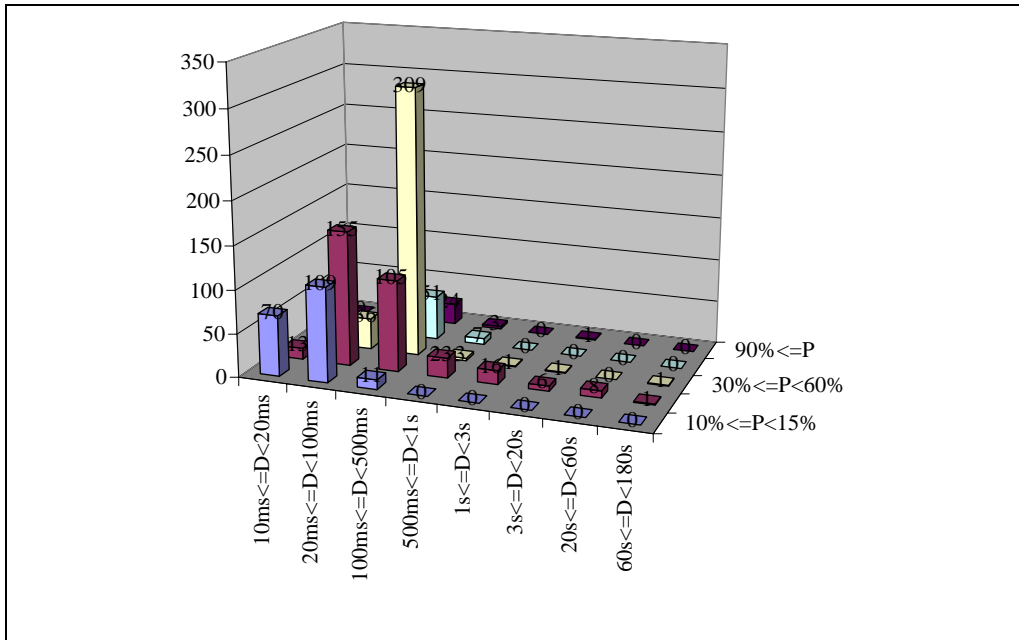


Figura 2: Hucos de tensión registrados durante el año 2000.

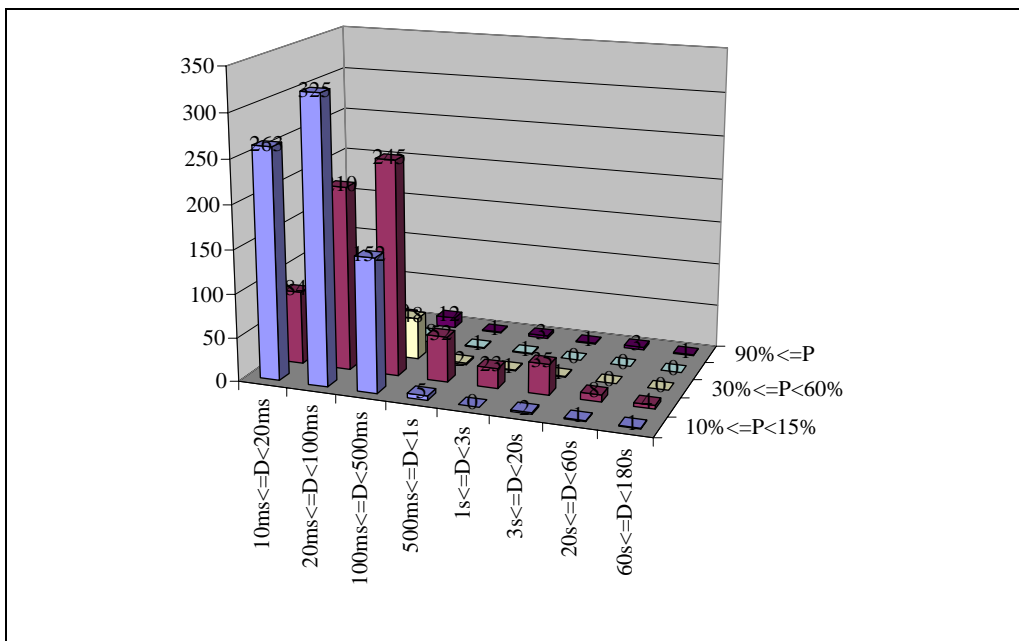


Figura 3: Hucos de tensión registrados durante el año 2001.

En cuanto a los criterios empleados para clasificar las medidas, se empieza a hablar de hueco a partir de una profundidad del 10%, mientras que el evento superior al 90% de profundidad se toma como corte breve. Por otra parte, se ha establecido como duración mínima del hueco un tiempo de 10 ms y como máxima 3 min; a partir de este tiempo la perturbación deja de considerarse como hueco. Se han eliminado del estudio las sobretensiones aisladas que se registraron. El instrumento de medida toma muestras cada medio ciclo en las tres fases. Si en el siguiente ciclo se detecta alguna perturbación en cualquiera de las fases, se considera dentro del mismo evento (hueco complejo [1]); de lo contrario, se computa un nuevo hueco. Como profundidad se toma la máxima registrada dentro del evento.

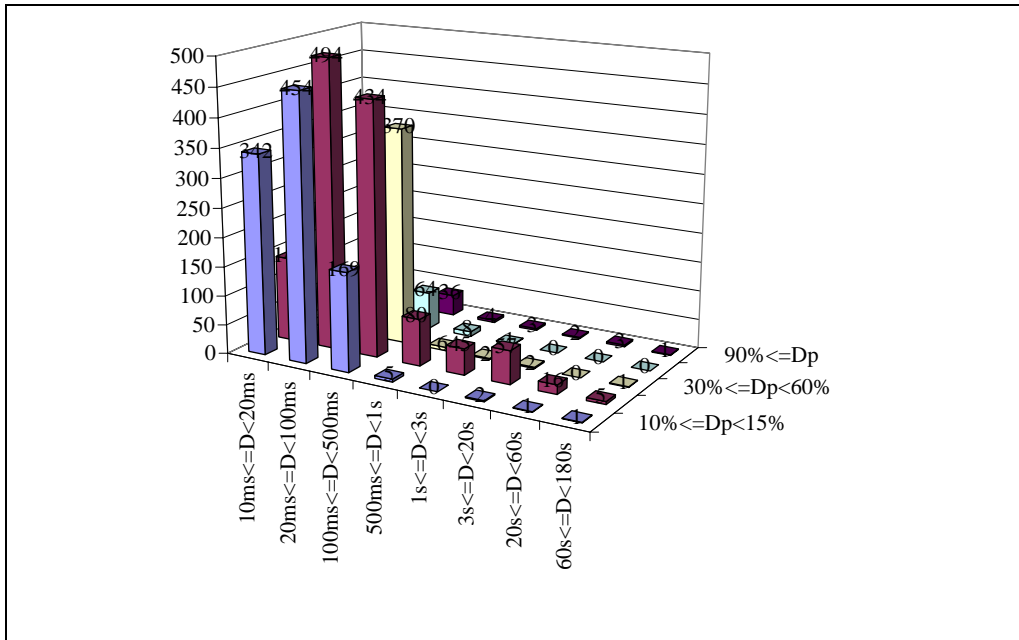


Figura 4: Huecos de tensión registrados durante todo el periodo de medida.

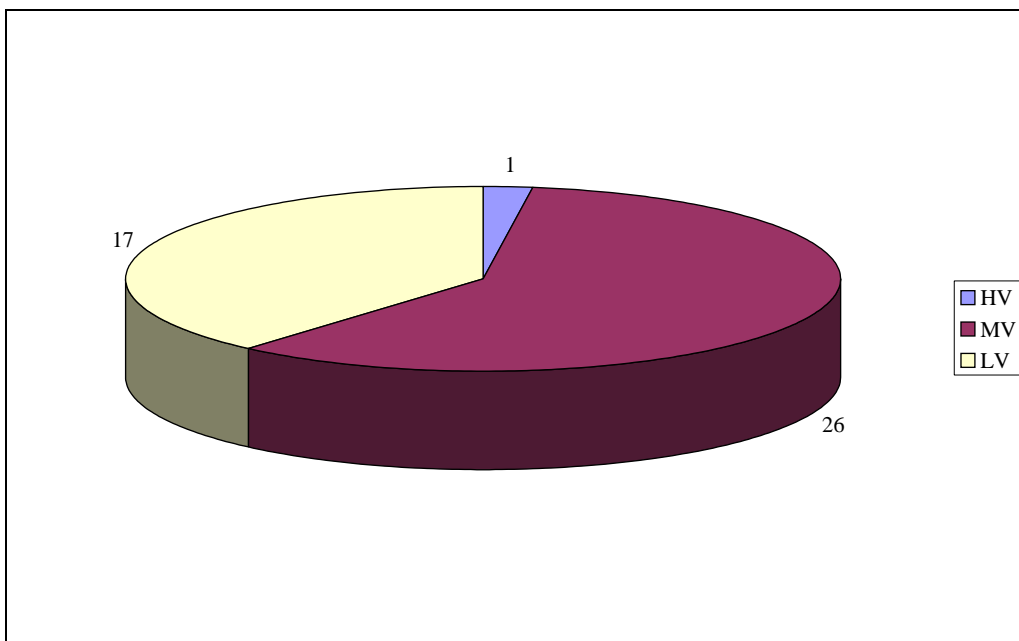


Figura 5: Cortes breves registrados durante todo el periodo de medida.

El equipo de medida empleado fue el MEMOBOX 682 (fabricado por LEM ELMES). Todas las medidas fueron posteriormente tratadas informáticamente para posibilitar su representación estadística.

9. Conclusiones

- En general, resulta más económico atajar el problema en el nivel más bajo del sistema, es decir, lo más cerca posible de la carga.

- La mejor solución para hacer frente a problemas relacionados con huecos de tensión y cortes breves depende de las circunstancias particulares del consumidor y de las características de la red de distribución.
- Los límites recomendados por la ley española (máximo de 1000 huecos y 100 cortes breves por localización y año) no se exceden.
- La mayoría de los eventos registrados se hallan incluidos en un rango de profundidad del 10-60% y en un rango de duración de 10-500 ms.
- Aquellas localizaciones con un número excesivo de eventos fueron objeto especial de estudio: en estos casos, las causas más importantes de huecos de tensión y cortes breves fueron faltas en las líneas aéreas debidas a condiciones climáticas adversas, como descargas atmosféricas o la acción del viento, puestas a tierra defectuosas, o transmisión de eventos entre diferentes niveles de tensión. Diversas soluciones fueron asimismo propuestas.

Agradecimientos

Agradecer la ayuda recibida del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) complementada con fondos FEDER a través del proyecto de investigación DPI2002-04416-C04-02, así como la colaboración de Unión Fenosa.

Referencias

- [1] Roger C. Dugan. *Electrical Power Systems Quality*. Editorial McGraw-Hill, 1996.
- [2] Ministerio de Economía. *Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica*. BOE, Diciembre 2000.
- [3] Comité técnico AEN/CTN 208 CEM. *Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución*. AENOR, Enero 2001.
- [4] Alex McEachern. *Sources of voltage sags*. Power Standards Testing Laboratory, 2000.
- [5] Pacific Gas and Electric Company. *Short duration voltage sags can cause disruptions*. PG&E, pp 1-12, Junio 2000.
- [6] Ambra Sannino. *Mitigation of voltage sags and short interruptions through distribution system design*. Dept. of Electrical Engineering University of Palermo, pp 1-6, 2000.
- [7] M. F. McGranaghan. *Voltage sags in industrial systems*. IEEE Trans., 29(2), pp 397-403, Abril 1993.
- [8] Eduardo Alegría. *Power conditioning using the STS and SVR*. PG&E Energy Services, Julio 1998.
- [9] California Distributed Energy Resource Guide. *Energy storage and UPS systems*, Enero 2002.
- [10] P. Dähler. *Requirements and solutions for DVR a case study*. ABB Industrie AG, pp 5-13, 2000.
- [11] Manuel Pérez Donsión, *Calidad de potencia en los sistemas de energía eléctrica: perspectivas futuras*. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo, pp 1-9, 2002.
- [12] J. Erwee. *Distribution system protection and reliability*. Electrical+Control, Abril 1997.
- [13] Westinghouse. *Custom Power Systems*. Power Generation, 1996.
- [14] Grupo de trabajo "Calidad de onda" de UNESA. *Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas*. UNESA, Comité de distribución-Comisión técnica, 1996.
- [15] Manuel Pérez Donsión. *Calidad de onda de los sistemas eléctricos de potencia*. PROGRAMA ERASMUS, Septiembre 2001.