

## Medidas de mantenimiento desde el cuadro eléctrico

### Nota de aplicación

#### Nota

Antes de efectuar cualquier medida, familiarícese con el equipo que va a utilizar. Lea el manual de usuario del instrumento, prestando especial atención a las secciones **ADVERTENCIA** y **PRECAUCIÓN**. No utilice los instrumentos de medida en aplicaciones para las que no hayan sido diseñados. Tenga siempre en cuenta que si el equipo se utiliza de alguna forma no especificada por el fabricante, las protecciones de que está dotado el equipo podrían verse afectadas y usted podría encontrarse ante el riesgo de un accidente eléctrico innecesario.

Las caídas de tensión, protecciones que saltan inopertamente, paneles y cuadros eléctricos que vibran y se calientan, y niveles de tensión excesivos indican la existencia de un posible problema en un sistema de distribución eléctrica. Resulta útil conocer que estos síntomas nos indican la existencia de algún problema en el sistema o instalación eléctrica. Pero, ¿dónde empieza la búsqueda para aislar la causa exacta de estos problemas de calidad de la electricidad?. De la misma manera que los automóviles tienen un único punto de conexión para controlar funciones vitales, el sistema eléctrico tiene un punto de conexión similar: el cuadro eléctrico de servicio. Puesto que se trata de un punto común para la distribución de energía a circuitos derivados, el cuadro eléctrico de servicio es el lugar adecuado para conocer el estado del sistema eléctrico. Incluso, para localizar problemas ubicados en otras partes del sistema, las medidas efectuadas desde el cuadro pueden indicar dónde buscar. Algunos problemas pueden descubrirse mediante una inspección visual rápida, mientras que otros requieren llevar a cabo medidas.

#### Búsqueda de la causa del problema

Este artículo elaborado por expertos de Fluke describe cómo hacer frente al problema de localización y solución de posibles y reales problemas eléctricos en la instalación. Comenzamos con seis categorías o áreas a tener en cuenta antes de comenzar la inspección y son:

1. Nivel de tensión y su estabilidad en el suministro (caídas, huecos, cortes, subidas)
2. Equilibrio y carga de corriente
3. Armónicos
4. Conexión a tierra
5. Puntos calientes: conexiones o terminales sueltos
6. Protecciones cortadas, derivadas y/o dañadas.

#### Nivel y estabilidad de la tensión

El primer paso consiste en ver si los niveles y estabilidad de la tensión son los causantes del problema comprobando los niveles de tensión de los circuitos derivados, fase a neutro y en el lado de carga de los disyuntores / protecciones.

**Nota:** Por motivos de seguridad, al efectuar medidas de tensión mantenga siempre un nivel de protección entre usted y la fuente de energía que alimenta al sistema.

Si los niveles de tensión son bajos en el disyuntor, en la carga serán aún menores. Otras de las causas probables incluyen conexiones sueltas o en mal estado, grandes recorridos del cableado y transformadores sobrecargados, que crean una impedancia excesivamente alta (impedancia desde la carga a la fuente). La impedancia de la fuente de energía y la caída de tensión en la carga son dos caras de la misma moneda.

Si se sospecha de la existencia de caídas intermitentes de tensión, comience en el cuadro a realizar sus medidas con el objetivo de determinar si son caídas provocadas por cargas del



propio circuito o están producidas por cargas de otras ubicaciones del sistema de distribución (incluidas caídas generadas por el suministro). Como punto de partida podemos empezar a aislar el origen de la caída utilizando un instrumento portátil con dos canales de entrada y con funciones de registro, como el Analizador de calidad de la energía eléctrica Fluke 43B. Esta herramienta puede registrar tanto la tensión como la corriente simultáneamente.

Conecte las sondas de tensión y la pinza amperimétrica del instrumento en el lado de carga del disyuntor, tal como se muestra en la Figura 1. Mediante el modo de registro de Fluctuaciones del 43B, se pueden registrar eventos de tensión en la parte superior de la pantalla y sucesos de corriente en la inferior (Figura 2). Cada punto del gráfico (240 puntos para el registro en pantalla completa) representa tres valores en el periodo de muestra: el valor mínimo en un ciclo (mín o caída), el valor máximo en un ciclo (máx o subida), así como el valor promedio de todos los ciclos en el periodo de muestra.

El periodo de muestra es el tiempo transcurrido entre un punto y el siguiente. El 43B permite seleccionar el tiempo de muestra deseado, siendo el periodo mínimo un segundo (que corresponde a un tiempo de registro de cuatro minutos). El cursor puede moverse al punto deseado del registro y, junto con los valores mínimo, máximo y promedio, se muestra la *indicación del tiempo real* del suceso.

## Aguas arriba, Aguas abajo

¿Qué información buscar en un registro de la tensión y la corriente?

- Si se produce una *caída de tensión* simultáneamente con una *subida de corriente*, la causa de la caída habrá que buscarla en la carga derivada del punto donde hayamos efectuado el registro (Figura 2). En otras palabras, la causa de la caída se produce aguas abajo al punto de medida y, por tanto, se puede pensar que existe una *perturbación relativa a la carga*.
- Por otra parte, si la caída de tensión coincide con un cambio muy pequeño de la corriente, es probable que la causa de la caída haya sido aguas arriba al punto de medida y se puede pensar que existe una *perturbación relativa a la fuente de energía o suministro*. Las perturbaciones relativas a la generación suelen estar producidas por arranques de motores trifásicos de potencia, conectados a la misma fuente de energía o caídas originadas a nivel de suministro en la instalación. Si la caída es profunda y se aproxima a la discontinuidad de suministro la causa más probable será un fallo en la fuente energética. El suceso seguramente se reflejará en una posible avería y el consiguiente disparo del disyuntor, seguido por una reconexión automática del mismo.

## Equilibrio y corriente de carga

Para comprobar el equilibrio del sistema y corriente de carga, mida sobre cada una de las fases aguas arriba y la corriente en cada circuito derivado, receptor o carga. Al efectuar dichas medidas, es fundamental utilizar una pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz o un multímetro digital de verdadero valor eficaz (DMM) con una sonda de corriente.

Una pinza amperimétrica de valor medio no proporcionará una medida precisa, cuando la forma de onda de la corriente esté distorsionada. Este tipo de instrumentos interpretan la forma de onda de como una senoide independientemente si está distorsionada o no, por lo que tenderá a *leer a la baja*, lo que puede

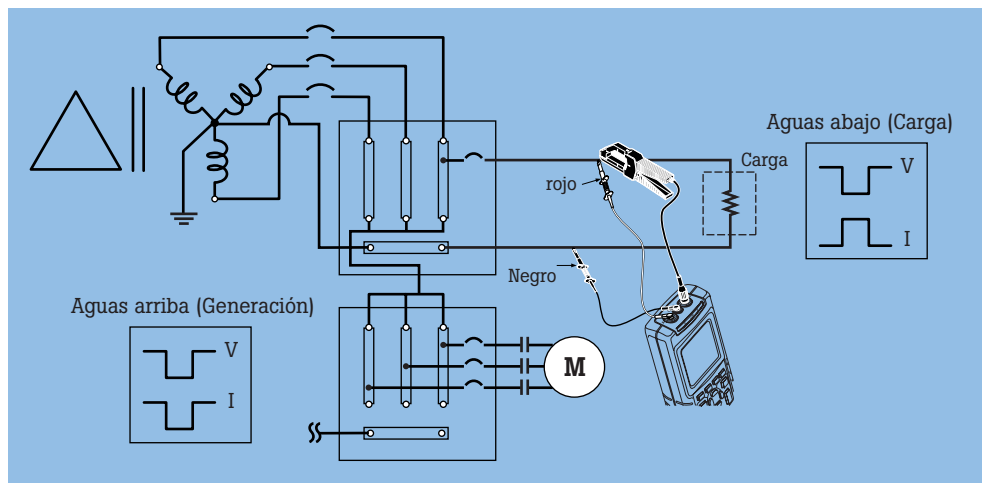


Figura 1. Aislando la fuente del problema.

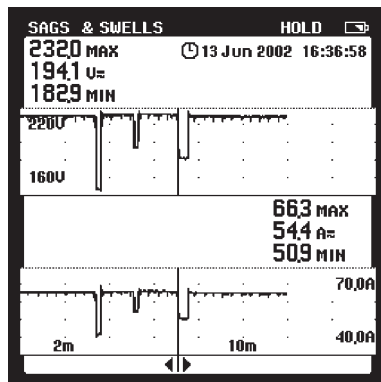


Figura 2. Tensión en la parte superior, corriente en la inferior. Indicación de tiempo real en la parte superior.

llevarle a asumir que los circuitos tienen menos carga de la real. Esto es lo que buscamos al efectuar esta medida:

- La carga entre las tres fases debe ser lo más equilibrada posible. La corriente no equilibrada resultante volverá por el neutro y, como veremos, el neutro ya tiene bastante trabajo.
- Ni los transformadores, ni las protecciones ni los circuitos derivados y sus conductores deben sobrecargarse a regímenes cercanos a sus máximas especificaciones. Es conveniente trabajar por debajo (desclasificarlos) para "tolerar" la presencia de armónicos.

Como regla general, se puede aplicar una sencilla fórmula para calcular esta desclasificación o reducción de los valores nominales especificados en los transformadores para cargas monofásicas que es, aplicable también a los conductores.

$$\text{Factor de desclasifi. (HDF)} = \frac{1,4}{\text{FC de corriente}} = \frac{(1,4) \text{ (RMS)}}{\text{Pico}}$$

Se trata de un concepto bastante claro. Factor de cresta (CF) es la relación de pico a rms.

Para una onda sinusoidal, dicho valor es 1,4. Por tanto, para una onda sinusoidal, que por definición no tiene contenido armónico ni distorsión, HDF = 1, lo que significa que no es necesario reducir los valores especificados. A partir de aquí se va reduciendo. Si CF = 2, un valor más probable para circuitos con máquinas de oficinas, HDF = 1,4/2 = 0,70. Por tanto, un elemento conductor con valor nominal de 20 A sólo debe cargarse hasta un 70% de su capacidad ó 14 A máx.

¿Cómo se mide el factor de cresta? Es necesario utilizar un multímetro digital o pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz y, además, el multímetro tiene que poder medir el valor de pico de la forma de onda de corriente. Esta medida la proporcionan también los analizadores de armónicos u osciloscopios digitales de mano tipo ScopeMeter.

## Armónicos

Una forma rápida de chequear la presencia y nivel de armónicos, es la de medir la corriente y frecuencia en el conductor de *neutro*. Si existen armónicos (en este caso armónicos "triples" o de orden 3 y sus múltiplos) la corriente, oscilará entre un 80 y un 130% de la corriente nominal de fase. Este curioso fenómeno se produce aunque el equilibrio del sistema sea perfecto y ocasiona el que circulen corrientes importantes por los conductores de neutro. La Figura 3 muestra algunas lecturas que se efectuaron en un cuadro eléctrico de nuestra oficina. La frecuencia de 150 Hz denota el foco del problema: corriente armónica de orden 3.

Estas formas de onda se capturaron con un Analizador de la calidad eléctrica 43B de Fluke. Observe que la corriente por el conductor de neutro (Figura 3b) supera bastante lo esperado incluso para corrientes no equilibradas. Aunque la mayoría de nosotros conocemos el hecho de que las corrientes del tercer armónico (denominadas también de secuencia cero) generadas por cargas no lineales se añaden al neutro, nos preguntamos por qué. La Figura 4 intenta explicar gráficamente este fenómeno. Básicamente, al mismo tiempo que existe un desfase de 120 grados entre las corrientes de cada una de las tres fases, las corrientes armónicas de orden 3 se caracterizan porque vibran en fase, sumándose y circulando por la única salida posible que es el conductor de neutro. Es decir, todos alcanzan sus picos y puntos de cruce por cero prácticamente al mismo tiempo (en realidad, existe un cambio de fase, pero es muy pequeño comparado con el de los armónicos de orden diferente).

En estas circunstancias, el tamaño del conductor neutro se convierte en una preocupación. El neutro debe conducir no sólo corriente proveniente de desequilibrios del sistema, sino también de la suma de las corrientes de todos los armónicos "triplen". El nuevo R.E.B.T. establece en su instrucción técnica ITC-BT-19p3 que "En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del neutro será como mínimo igual a la de las fases." En efecto, se necesita que el conductor de neutro sea al menos igual al tamaño de los conductores de fase.

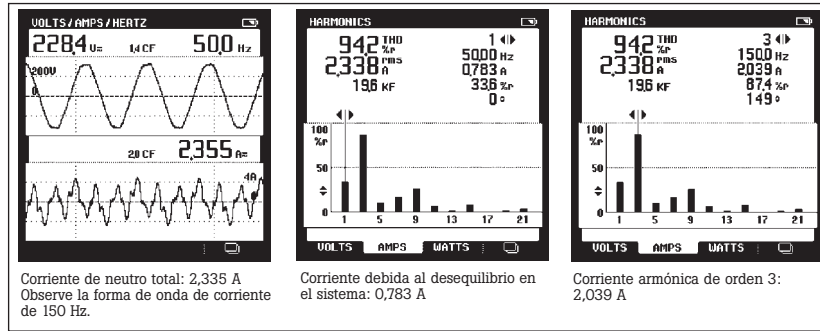


Figura 3b. Corriente neutra.

Pero, esto puede resultar insuficiente y en algunos casos es recomendable que la sección del conductor de neutro sea el doble de la de las fases. Es habitual la presencia de neutros compartidos, la presencia de armónicos triplen en una parte de la instalación se reflejará en el resto de la misma e incluso se añadirán; convirtiéndose en incontrollable la corriente que circula por ellos. El riesgo de quemado e incendio es elevado. Después de todo, hay que pensar en que el neutro no lleva protecciones que eviten esta peligrosa sobrecarga. Una medida de tensión tierra-neutro también indicará si el neutro tiene demasiada carga o si la impedancia del transformador es demasiado alta.

La tensión tierra-neutro suele estar sobre los 0,25 V en el cuadro, mientras que el valor real depende de la distancia al transformador. Cualquier valor por encima de 0,5 V debe anotarse e investigarse. ¿Qué ocurre si, en condiciones normales, la tensión tierra-neutro es prácticamente cero? Posiblemente estemos delante de un problema real de conexiones y ante conexiones de tierra inseguras e ilegales.

### Conexión a tierra

Las conexiones tierra-neutro en cuadros secundarios suponen una violación de normativa técnica. Las conexiones tierra-neutro deben realizarse en el transformador (aunque la normativa permite realizarlas en el cuadro principal). En cualquier caso, nunca deben realizarse aguas abajo al cuadro principal, de un cuadro secundario o un receptor. Cuando se efectúa una conexión tierra-neutro en un panel secundario o receptor, la ruta de conexión a tierra se convierte en una ruta de retorno paralela para la corriente de carga normal, lo que proporciona cierta corriente de tierra. ¿Cuál es una corriente de tierra normal y cuál no?

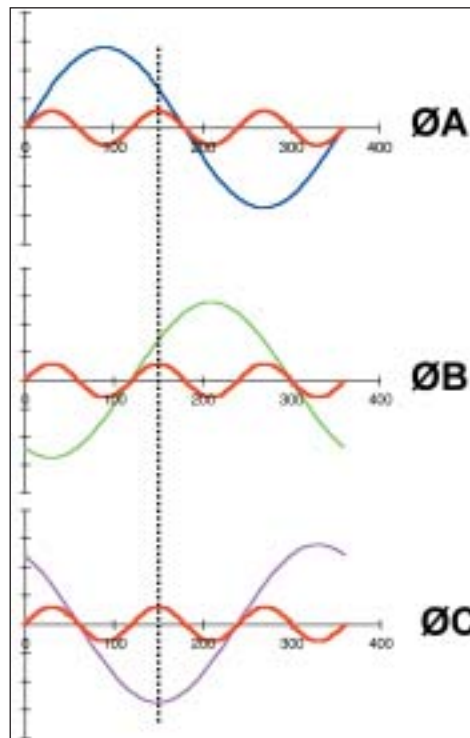


Figura 4. ¿Por qué el tercer armónico se añade al neutro? Los terceros armónicos (en rojo) de cada fase (A,B y C) vibran en fase. No se compensan vectorialmente como ocurre con las corrientes fundamentales, cuyo desfase ideal es de 120°.

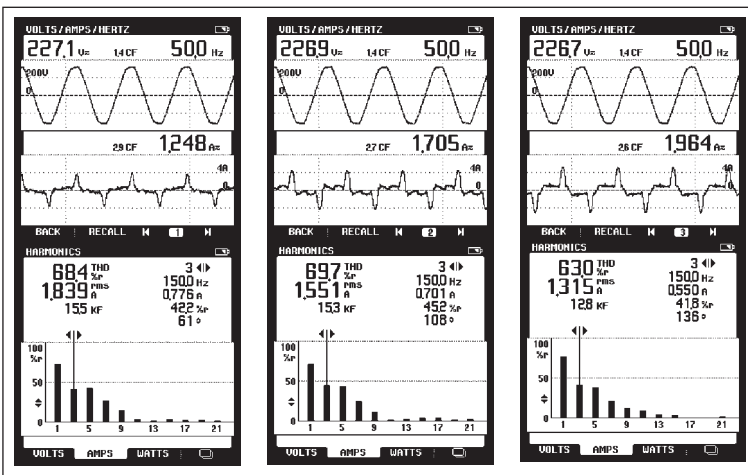


Figura 3a. La parte superior de la pantalla muestra formas de onda y la corriente rms de fase, la parte inferior muestra la amplitud del tercer armónico.

Para determinarlo, un método lógico es medir la corriente en el conductor de neutro y, después, la corriente del cable de conexión a tierra. Si la corriente de neutro es, digamos, 70 A, y la corriente de conexión a tierra es de 2 A, es más probable que la corriente de conexión a tierra sea una corriente de fuga. Si en el neutro tenemos 40 A y la corriente de conexión a tierra es de 20 A, es probable que existan conexiones tierra-neutro cableadas aguas abajo del transformador. Cuanto menor sea el ratio corriente de neutro a corriente de tierra, mayor será la probabilidad de que exista una conexión tierra-neutro. Las conexiones tierra-neutro también pueden existir en receptores e incluso en la propia carga, por lo que podríamos tener que utilizar esta misma técnica para medir corrientes de tierra en circuitos derivados del cuadro eléctrico. El instalador puede haber pensado que todos los paneles están conectados como cuadros eléctricos para servicio doméstico o que la manera más rápida de reducir la tensión de tierra-neutro era realizar un puente a tierra aguas abajo del transformador. O quizá pensó que cuantas más conexiones a tierra, mejor. En cualquier caso, elimine todas las conexiones tierra-neutro, sin excepción.

## Puntos calientes

Las conexiones flojas y las pérdidas de calor resultantes son el mayor origen de la ineficacia de un sistema o instalación eléctrica (según un estudio del año 1995 de la Washington State Energy Office). Desde el punto de vista de la calidad de la energía, las terminaciones flojas contribuyen de manera decisiva en la impedancia excesiva en transformadores, UPS's, alternadores, cables, etc.. Afortunadamente, se pueden localizar fácilmente con un termómetro por infrarrojos.

Las medidas por infrarrojos (IR) con herramientas como el Fluke 61 ó 65 son una técnica segura y eficaz para la detección sin contacto de puntos calientes en un cuadro eléctrico. No obstante, existen algunos conceptos clave que es necesario comprender si se van a efectuar estas medidas:

- ¿Qué tamaño tiene el área que vamos a medir?  
La respuesta está en la resolución óptica del termómetro. Esta importante especificación es la que determina la relación de la distancia desde el objeto medido hasta el tamaño del punto a medir. Si la relación es de 4:1, quiere decir que si usted se encuentra a 4 m de la superficie que va a medir, medirá una circunferencia con 1 m de diámetro.
- Las sondas por infrarrojos portátiles como el Fluke 80PK-IR se utilizan más fácilmente para medidas de temperatura comparativas, no para medidas absolutas. Por ejemplo, si exploramos una serie de disyuntores, bornas o barras colectoras con la sonda, podemos determinar fácilmente si uno está mucho más caliente que el otro.
- Si realmente necesitamos efectuar medidas precisas de temperatura absoluta con instrumentos por infrarrojos de bajo coste (por debajo de € 500), el proceso se complica más. El problema en termómetros de este tipo se llama "factor de emisividad". La emisividad indica la capacidad de un objeto para emitir energía infrarroja en función de su temperatura y puede oscilar entre 0 y 1. Por lo general, las superficies no pulidas o más oscuras tienen mayor emisividad (cercana a 1) y viceversa (cercana a 0). La mayor parte de instrumentos infrarrojos de coste reducido tienen una emisividad fija de 0,95 y cuanto más se aproxime la superficie que se va a medir a este nivel de emisividad, más precisa será la medida. Hay un método muy extendido para evitar el error que se produce cuando se mide con un termómetro con factor de emisividad fija a 0,95 sobre objetos con un factor muy por debajo de este valor. Consiste en utilizar cinta negra para cubrir la superficie a medir. De esta forma se consigue acercar el factor de emisividad a 0,95.

## Disyuntores

Muchos técnicos dudan que los disyuntores tengan una duración limitada. En realidad, los contactos y muelles se desgastan. Las medidas de caída de tensión en los disyuntores pueden ayudar a determinar su estado.

Efectúe una medida en el lado de carga del disyuntor.

Si la caída de tensión supera los 100 mV, es necesario cambiar el disyuntor. En el intervalo de 35 a 100 mV, las lecturas deben documentarse y registrarse.

En resumen, el cuadro eléctrico es la intersección donde se cruzan todos los cables del sistema eléctrico del edificio y el lugar donde el técnico de mantenimiento eléctrico e industrial puede comenzar la búsqueda y localización del problema.

*Fluke quiere dar las gracias a Steve Urich de Valley Electric, Mt. Vernon, WA, por compartir su experiencia y descubrimientos en la elaboración de este artículo.*

*Adaptación libre por J.David Rodríguez, ingeniero de soporte de Fluke Ibérica, S.L.*

**Fluke.** *Manteniendo su mundo en marcha.*

### Fluke Ibérica, S.L.

Centro empresarial Euronova  
C/ Ronda de Euronova, nº 2  
28760 Tres Cantos  
Madrid

Tel.: 914140100

Fax: 914140101

Dirección Web: <http://www.fluke.es>

©2002 Fluke Corporation. All rights reserved.  
5/2002 Pub-ID 10562-es Rev-01