

# Formas sencillas de reducir los costes con un analizador de calidad eléctrica Fluke 434

Artículo cedido por Fluke

**FLUKE**

www.fluke.es/4ch

Hay cientos de medidas de calidad eléctrica que puede realizar en los equipos y sistemas eléctricos. Estas instrucciones se centran en cuatro medidas de mantenimiento predictivo y en dos medidas de consumo eléctrico que le pueden servir de ayuda a la hora de identificar costes ocultos, proteger los equipos de condiciones peligrosas, reducir el tiempo asociado a paradas no programadas y mejorar el rendimiento del sistema.

## Medida de mantenimiento predictivo n.º 1: desequilibrio de la tensión

**¿Qué es?** En un sistema trifásico equilibrado, las tensiones de fase deberían ser iguales o prácticamente iguales. El desequilibrio es la medida que cuantifica la diferencia entre las tensiones de fase.

**¿Qué ocasiona?** El desequilibrio de tensión puede provocar que los motores trifásicos y otras cargas trifásicas tengan un rendimiento bajo o fallos prematuros debido a las siguientes causas:

- Esfuerzo mecánico en los motores debido a un rendimiento del par menor de lo normal.
- Corrientes más altas de lo normal en los motores y los rectificadores trifásicos.

- La corriente desequilibrada se transmitirá por los conductores de neutro en los sistemas trifásicos en estrella.

### ¿Qué coste puede tener un incidente?

Los principales costes son los asociados a la sustitución del motor (mano de obra y equipo) y a las pérdidas de ingresos relacionadas con los disparos de dispositivos de protección del circuito.

### Ejemplo de cálculo

Supongamos que el coste asociado a la sustitución de un motor de 50 HP cada año es de 3.495 €, incluida la mano de obra.

Contemos también con 4 horas de inactividad al año con unas pérdidas de 4.195 € por hora.

Coste total:  
3.495 € + (4 x 4.195 €) = 20.275 € anuales

**¿Qué debo comprobar?** Entradas de los motores, variadores de velocidad y SAls<sup>1</sup>.

**¿Qué nivel es correcto?** La norma de calidad eléctrica EN50160 requiere un desequilibrio de tensión, entendido como el cociente entre la componente de secuencia negativa y la positiva, inferior al 2% en el punto de acometida. Las especificaciones NEMA exigen menos del 5% para los motores. Consulte los manuales de uso para obtener la información correspondiente a otros equipos.

### ¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430 de Fluke?

1. Conecte los cables de tensión del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Seleccione "Unbalance" (Desequilibrio) en el menú principal.

<sup>1</sup> VFD: variador de velocidad; SAI: sistema de alimentación ininterrumpida

## Medida de mantenimiento predictivo n.º 2: distorsión armónica total

**¿Qué es?** La distorsión armónica total (THD) es la suma de la contribución de todos los armónicos. La distorsión armónica es una consecuencia normal en una instalación eléctrica que alimenta a cargas electrónicas como ordenadores, maquinaria de oficina, balastos electrónicos de iluminación y sistemas de control.

### ¿Qué ocasiona?

La distorsión armónica puede provocar:

- Corrientes elevadas en los conductores de neutro.
- Los motores y transformadores se calientan, por lo que se acorta la vida útil de los mismos.
- Mayor susceptibilidad a caídas de tensión, que pueden provocar reinicios inesperados.
- Reducción en la eficiencia de los transformadores, o necesidad de unidades mayores para soportar los armónicos.
- Ruido perceptible.

**¿Qué coste puede tener un incidente?** Los costes principales están asociados a la reducción de la vida útil de los motores y los transformadores. Si el equipo forma parte de los sistemas de producción, también pueden verse afectados los ingresos.

### Ejemplo de cálculo

Supongamos que el coste asociado a la sustitución de un transformador de 100 KVA es de 4.895 € al año, incluida la mano de obra.

Contemos también con 8 horas de inactividad al año con unas pérdidas de 4.195 € por hora.

Coste total:  
4.895 € + (8 x 4.195 €) = 38.455 € anuales.

Figura 1. Vneg es el ratio de tensión de secuencia negativa a positiva y Vzero es el ratio de tensión de secuencia cero a positiva. Ambos proporcionan información acerca del desequilibrio de tensión.

Unbalance				
	Vneg.	Vzero	Fneg.	Rzero
Unbal.(%)	1.6	0.9	2.7	1.9
	A	B	C	N
Vfund	276	275	275	0.4
Hz	60.16			
∑V(°)	-360	-121	-240	-95
∑R-V(°)	-8	-15	-1	0
	A	B	C	N
Rfund	89	93	94	0
09/16/04 04:44:38 277V 60Hz 3Ø WYE EN50160				

HARMONICS TABLE				
Volt	A	B	C	N
THD%r	2.5	7.1	3.1	94.8
H3%r	0.5	1.1	1.1	30.7
H5%r	0.8	0.2	1.4	38.7
H7%r	1.9	0.6	1.5	39.7
Amp	A	B	C	N
H3%r	7.7	11.4	2.0	20.1
H5%r	5.2	1.9	4.5	40.7
H7%r	2.8	2.5	3.5	21.0

**¿Qué debo comprobar?** Motores, transformadores y conductores de neutro que alimentan cargas electrónicas.

**¿Qué nivel es correcto?**

Debe comprobarse la distorsión de la tensión (THD) para conocer si es superior al 5% en alguna de las fases. Un cierto grado de distorsión en la corriente (THD) es normal en cualquier parte del sistema que alimente cargas electrónicas. Compruebe los niveles de corriente y temperatura en los transformadores para asegurarse de que no se sobrecargan. La corriente en el neutro no debe superar la capacidad de dicho conductor de neutro.

**¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430 de Fluke?**

1. Conecte los cables de tensión y corriente del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Seleccione "Harmonics" (Armónicos) en el menú principal.

### Medida de mantenimiento predictivo n.º 3: aumento de la corriente de fase

**¿Qué es?**

A medida que el aislamiento se deteriora, comienzan a producirse corrientes de fuga. Las cargas consumirán una corriente ligeramente mayor conforme se van envejeciendo y el aislamiento se va deteriorando,

obstante, también puede comprobar el equipo mientras está en marcha supervisando todas las corrientes (de fase, neutro y de conexión a tierra) para asegurarse de que ninguna de ellas está aumentando de forma significativa con el paso del tiempo.

**¿Qué ocasiona?**

- Las corrientes de fase excesivas pueden dañar aún más el aislamiento y sobrecalentar la carga, con lo que se reduciría la vida útil de la carga.
- Las sobrecorrientes podrían provocar el disparo de los dispositivos de protección, lo que se traduciría en una parada no programada y la correspondiente pérdida de tiempo.
- Una corriente de conexión a tierra excesiva puede crear tensiones peligrosas en chasis metálicos, armarios eléctricos y conductos.

**¿Qué coste puede tener un incidente?**

Los costes estarían asociados a averías prematuras del motor y a pérdidas de ingresos debido al disparo de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes.

**Ejemplo de cálculo**

Supongamos que la avería del motor de una bomba supone al año 4.895 € por su sustitución y la inactividad del proceso continuo (el cual supone unos ingresos anuales de 1.747.765 €)

lo cual da lugar a la aparición de corrientes de fuga a tierra. Las averías del equipo también pueden provocar una alta corriente a tierra. La mejor manera de comprobar el aislamiento consiste en revisar periódicamente el equipo con un comprobador de aislamiento. No

durante 10 horas. Contemos también con que se necesitan dos personas durante 6 horas para que limpien y reinicien el proceso con un coste de 50 € por hora y persona.

Pérdidas de ingresos = 10 horas \* (1.747.765 € / [365 días/año \* 24 horas/día]) = 1.995 €

Sustitución del motor = 4.895 €

Limpieza y reinicio = 420 €

Coste total: 7.310 € al año

**¿Qué debo comprobar?** Cualquier carga crítica, especialmente los motores, variadores de velocidad y transformadores.

**¿Qué nivel es correcto?** Los valores nominales que se indica en la placa de características de la carga no deben superarse nunca. Si realiza un seguimiento de la corriente de fase consumida por una carga durante meses o años, debería tener cierta certeza de si una corriente está cambiando.

**¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430 de Fluke?**

1. Conecte los cables de tensión y corriente del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Seleccione "Volt/Amps/Hertz" (Volts/amperios/hercios) en el menú principal.
4. Pulse "Save Screen" (Guardar pantalla) para registrar las mediciones y compararlas con futuras lecturas.
5. Controle la corriente de fase con regularidad por si se producen cambios.

Volt/Amps/Hertz				
	A	B	C	N
Urms	116.7	112.9	112.6	1.5
Upk	167	163	158	4
CF	1.4	1.4	1.4	2.4
Hz	60.16			
	A	B	C	N
Arms	288	277	285	1
Apk	420	410	430	0
CF	1.5	1.5	1.5	1.9

Figura 2. Debe comprobarse la distorsión de la tensión (THD) para conocer si es superior al 5% en alguna de las fases.

Figura 3. Realice un análisis en mayor profundidad si las lecturas de corriente de verdadero valor eficaz aumentan de forma radical o muestran una tendencia en aumento entre los intervalos de mantenimiento.

### Medida de mantenimiento predictivo n.º 4: huecos de tensión

¿Qué son? Los huecos de tensión son reducciones momentáneas de la tensión RMS con una duración entre 1 ciclo y 2 minutos. Puede que se instalen nuevas cargas sin informar de ello a los responsables de la planta, las cuales pueden reducir la tensión en la instalación, especialmente si consumen elevadas corrientes de arranque. Asimismo, a medida que los sistemas eléctricos envejecen, la impedancia del sistema puede aumentar, lo que hace que el sistema sea más propenso a padecer el efecto de los huecos de tensión.

*¿Qué ocasionan?* Los huecos de tensión pueden provocar:

- Reinicios inesperados de los equipos electrónicos, como ordenadores y controladores.
- Los huecos en una o dos fases de la alimentación de cargas trifásicas provocan que las otras fases consuman una corriente mayor en un intento de compensación. Esto puede dar lugar al disparo del dispositivo de protección contra sobrecorrientes.

*¿Qué coste puede tener un incidente?* Las principales consecuencias en términos económicos son las pérdidas asociadas a los reinicios de los ordenadores y sistemas de control, el bloqueo de variadores de velocidad y una reducción de la vida útil de los sistemas de alimentación ininterrumpida debido a las frecuentes transferencias.

### Ejemplo de cálculo

Supongamos que una caída de tensión provoca que un variador de velocidad de una cinta transportadora deje de trabajar al menos una vez al año. No hay pérdidas de ingresos permanentes, pero 10 trabajadores tienen que invertir 4 horas para finalizar los envíos a 21 €/hora, lo que supone horas extras.

Mano de obra adicional = 10 personas \* 4 horas \* 21 €/hora = 840 € al año

*¿Qué debo comprobar?* Motores, variadores de velocidad, SAls, cuadros o unidades de distribución eléctrica (PDU) que alimentan a equipos informáticos y controles industriales.

*¿Qué nivel es correcto?* La mayoría de las cargas funcionarán con una tensión del 90% del valor nominal. La curva ITIC sugiere que las cargas monofásicas como los equipos informáticos deberían ser capaces de trabajar con tensiones de alimentación del 80% del valor nominal durante 10 segundos y del 70% durante 0,5 segundos.

*¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430 de Fluke?*

1. Conecte los cables de tensión y corriente del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Seleccione "Dips and Swells" (Huecos y sobretensiones) en el menú principal.

4. Controle el comportamiento de la alimentación con el paso del tiempo.
5. Puede observarla en la pantalla de tendencias o mediante la lista de eventos.

### Consumo eléctrico

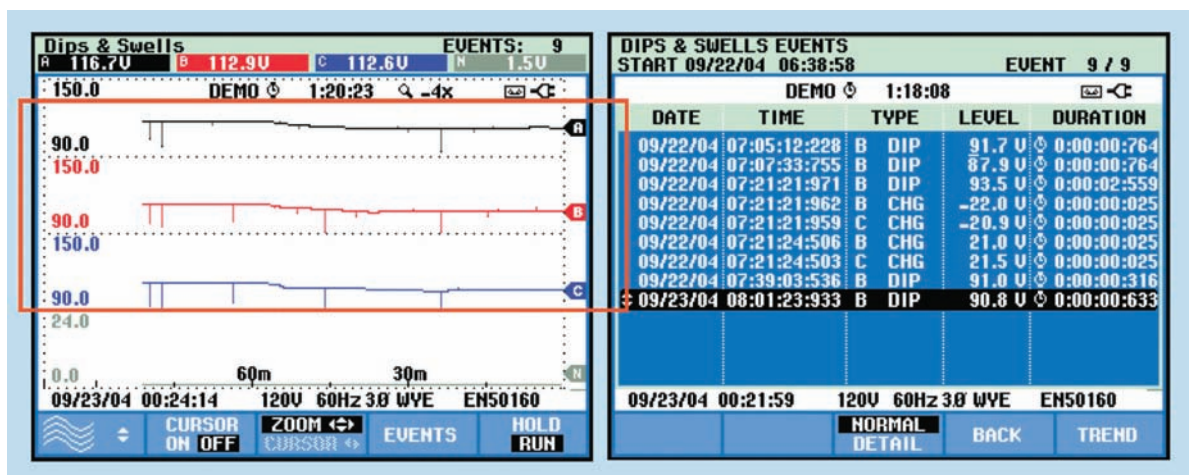
Los consumidores eléctricos comerciales e industriales pagan por el consumo eléctrico según diferentes variables, incluidas la energía (kWh), el pico de consumo (kW) y el factor de potencia. Los analizadores de calidad eléctrica pueden servir de ayuda para gestionar las facturas de la compañía eléctrica, ya que permiten determinar qué cargas tienen un efecto significativo en el pico de consumo y el factor de potencia.

### Medida de potencia n.º 1: pico de consumo

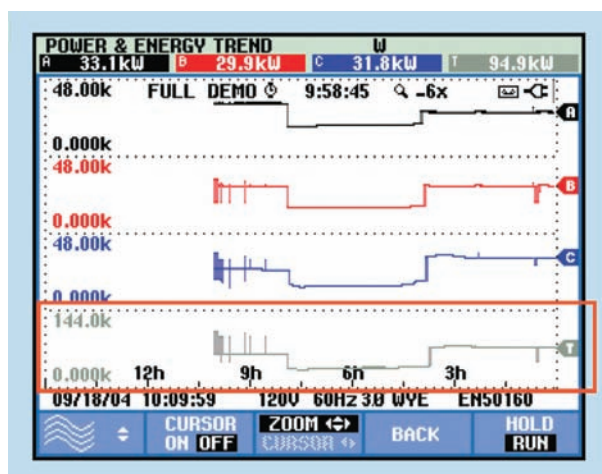
*¿Qué es?* Las compañías eléctricas controlan la cantidad de potencia que se consume en unas determinadas instalaciones y calculan varias veces cada hora el consumo medio correspondiente a ese intervalo. El pico de consumo es el consumo medio más alto durante todos los intervalos en un ciclo de facturación.

*¿Para qué sirve?* Las tarifas que aplican las compañías eléctricas se basan en el pico de consumo, ya que deben mantener una infraestructura lo suficientemente grande para suministrar alimentación en niveles de picos. Los responsables de instalaciones comerciales e industriales pueden gestionar el alto coste que pueden suponer las tarifas de pico de consumo alternando

Figura 4. Los huecos de tensión frecuentes y con una reducción importante de la tensión pueden causar problemas, especialmente en ordenadores y sistemas de control industriales.







en el tiempo los ciclos de las cargas para reducir el consumo total en cualquier instante.

#### ¿Qué coste puede tener un incidente?

Depende del esquema de tarifas de la compañía eléctrica. Puede ser mayor durante los meses de verano y en determinadas horas del día.

#### Ejemplo de cálculo

Supongamos que el consumo normal es de unos 600 kW, pero tres sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado se activan a la vez y el consumo llega a los 750 kW a las 4 p.m. de un miércoles de julio.

Contemos también con que la tarifa por pico de consumo de la compañía eléctrica es de 70 €/kW.

$(750 \text{ kW} - 600 \text{ kW}) * 70 \text{ €} = 10.500 \text{ €}$  de posible ahorro en julio

#### ¿Qué debo comprobar?

- Averigüe qué intervalo de consumo utiliza la compañía eléctrica (lo habitual es 15 minutos).
- Mida el consumo en la acometida de servicio a lo largo del tiempo.
- Busque cargas significativas que funcionen simultáneamente y utilice las medidas de consumo para comprobar las lecturas de cada carga.

**¿Qué nivel es correcto?** No existen límites de seguridad o regulatorios determinados; simplemente, los que las instalaciones estén dispuestas a tolerar.

**¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430?**

1. Conecte los cables de tensión y corriente del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Establezca el intervalo de consumo para que se corresponda con el especificado por la compañía eléctrica. Pulse Setup (Configuración) y Function Pref (Preferencia de función, F3). Seleccione "Power & Energy" (Potencia y energía) en el menú Select Function (Seleccionar función). Diríjase hacia la parte inferior de la pantalla hasta que quede resaltado "Demand int" (Intervalo de consumo).

4. Seleccione "Power & Energy" (Potencia y energía) en el menú principal y controle la potencia durante el tiempo necesario.
5. Utilice la pantalla de tendencias para observar el pico de consumo. El cursor le servirá de ayuda para observar el consumo en cualquier momento durante el registro.

### Medida de potencia n.º 2: factor de potencia o consumo reactivo

**¿Qué es?** El factor de potencia comparado para la potencia real (vatios) que se consume con la potencia aparente (voltios-amperios) de la carga. Una carga resistiva pura tendría un factor de potencia de 1,0.

**¿Para qué sirve?** La potencia disponible para realizar un trabajo se denomina potencia real o eficaz (kW). Las cargas inductivas, como los motores, los transformadores y la iluminación de alta intensidad, introducen potencia reactiva (kVAR) en el sistema de alimentación. La capacidad del sistema está definida en función de la potencia aparente (kVA), que debe ser lo suficientemente alta para soportar tanto la

potencia real (kW) como la potencia reactiva (kVAR). Debido a que la potencia reactiva exige una mayor capacidad del sistema, pero no realiza trabajo alguno, las compañías eléctricas y las empresas intentan mantener los kVAR netos en un valor lo más reducido posible. Una potencia reactiva alta se traduce en un factor de potencia bajo.

- Las compañías eléctricas pueden aplicar tarifas más altas o sanciones por un factor de potencia bajo o una cantidad de var alta.
- Las restricciones de capacidad del sistema provocan caídas de tensión y sobrecalentamiento.
- Los VAR de carácter inductivo se pueden corregir aplicando baterías de condensadores o acondicionadores activos.

#### ¿Qué debo comprobar?

- Compruebe si la tabla de tarifas de su compañía eléctrica impone un cargo por el consumo reactivo o el factor de potencia.
- Averigüe cómo mide la compañía eléctrica el factor de potencia o la cantidad de VAR. Por ejemplo, ¿tienen en cuenta intervalos con valores pico o valores promedio?
- Identifique las cargas que causan el desfase por retardo de la potencia reactiva y desarrolle una estrategia para corregir el factor de potencia.

**¿Qué nivel es correcto?** Para evitar el pago de tarifas más altas a la compañía eléctrica, el factor de potencia debe ser superior a 0,97. Pueden aplicarse condensadores a cargas individuales, a grupos de cargas o en la acometida de servicio para mejorar el factor de potencia.

Nota: esto puede variar. Algunas compañías eléctricas aplican una tarifa por cada punto de porcentaje entre 0,85 y 0,97. Algunas aplican una tarifa basada en el consumo de VAR y otras no establecen ningún cargo.

#### ¿Qué coste puede tener un incidente?

##### Ejemplo de cálculo

Asumamos que la compañía eléctrica añade a la factura un cargo del 1% por cada 0,01 por debajo de un factor de potencia de 0,97.

Figura 5. Si se configura correctamente el intervalo de consumo, los analizadores Fluke serie 430 mostrarán las lecturas de consumo medio para cada intervalo de consumo. El pico de consumo será el valor más alto de estas lecturas.

Figura 6.

a) Independientemente de si la compañía eléctrica aplica tarifas por el factor de potencia total o por la cantidad total de kVARh, podrá verlo en la pantalla.

b) Los cursores pueden servir de ayuda para registrar el valor más bajo (PF) de una sesión de registro.

Contemos también con que el valor promedio de su factor de potencia es de 0,86/mes y que su factura por consumo es de 4.895 €.

$$(0,97-0,86) * 100\% = 11\%$$

$$(11\% \times 4.895 \text{ €}) \times 12 \text{ meses} = 6.460 \text{ € de coste anual evitable}$$

¿Cómo se realizan dichas mediciones con el analizador de calidad eléctrica de la serie 430? Comience por la acometida de servicio, donde la compañía eléctrica obtiene sus datos y, a continuación, compruebe cada carga y los transformadores.

1. Conecte los cables de tensión y corriente del analizador.
2. Configure el analizador para el sistema de alimentación trifásico que corresponda: en triángulo o en estrella.
3. Establezca el intervalo de consumo para que se corresponda con el especificado por la compañía eléctrica. Pulse Setup (Configuración) y Function Pref (Preferencia de función, F3). Seleccione "Power & Energy" (Potencia y energía) en el menú Select Function (Seleccionar función). Diríjase hacia la parte inferior de la pantalla hasta que quede resaltado "Demand int" (Intervalo de consumo).
4. Seleccione "Power & Energy" (Potencia y energía) en el menú principal

y controle la potencia.

**Medición del factor de potencia mínimo para un intervalo de consumo:** pulse F4 Trend (Tendencia) y, después, F1 para cambiar de parámetro hasta que se muestre el factor de potencia.

**Medición del promedio del factor de potencia:** anote el promedio de kWh/kVAh para obtener el promedio del factor de potencia durante el período de registro. En el ejemplo que se muestra en la figura 6,  $2,267/2,309 = 0,9818$ .

