

Factor de Potencia y Bancos de Capacitores para no Electricistas

Por: Remy Rodríguez y Ramsés Antillón
Power Quality Panamá, S.A. (PQP)

En muchas ocasiones al observar nuestra factura de electricidad, nos hemos percatado de que además de los cargos por la energía eléctrica que hemos consumido aparecen otros cargos, los cuales no sabemos de dónde vienen y mucho menos qué hacer para eliminarlos. Los recargos más importantes son el cargo por demanda máxima y el cargo por bajo factor de potencia, siendo este último el que nos ocupa en esta ocasión.

La finalidad de este documento es la de explicar de manera clara y sencilla el significado del concepto del factor de potencia y cómo influye en nuestra factura de energía eléctrica.

Este concepto se explicará dando respuesta a las 6 preguntas más comunes del cliente con respecto al factor de potencia.

I. ¿Qué es el factor de Potencia?

Para entender este concepto primero debemos comprender algunos términos básicos.

Kilowatt (kW) es la potencia activa o real que energiza los equipos y les permite realizar trabajo útil.

kvar es la potencia reactiva. Es la potencia que necesitan los equipos electromagnéticos (transformadores, motores eléctricos, bobinas), para producir el flujo magnético.

kVA es la potencia aparente. Es la suma vectorial de kvar y kW.

Ahora analicemos la siguiente analogía sencilla, para entender mejor estos términos:

Digamos que estamos en el estadio de fútbol en un día caluroso viendo a nuestro equipo favorito jugar. Así que ordenamos un vaso de cerveza (**figura N°1**), pero desafortunadamente nunca nos brindarán un vaso 100% lleno de cerveza, más bien siempre obtenemos un vaso con un

porcentaje de cerveza y un porcentaje de espuma. La cerveza es la que logra aplacar nuestra sed, pero la espuma sólo ocupa espacio que de otra manera ocuparía más cerveza.

En este sencillo ejemplo podemos decir que la cerveza es nuestra **kW** y que la espuma es nuestra **kvar**, al mismo tiempo la suma de la cerveza y la espuma será nuestro valor de **kVA**.



Figura N°1

Ahora que entendemos estos conceptos básicos, podemos comprender mejor el significado del factor de potencia. El factor de potencia no es más que la relación entre la potencia real (**kW**) y la potencia aparente (**kVA**).

Recordando la analogía de la cerveza esta relación sería:

$$fp = \frac{kW}{kVA}$$

$$fp = \frac{kW}{kW + k\text{ var}}$$

$$fp = \frac{\text{cerveza}}{\text{cerveza} + \text{espuma}}$$

Por lo tanto, para un valor de KVA dado:

- Entre más espuma se tenga (entre más alto sea el porcentaje de kvar), menor será la relación de kW (cerveza) a KVA (espuma + cerveza). Entonces menor será nuestro factor de potencia.
- Entre menos espuma se tenga (entre menor sea el porcentaje de kvar), mayor será su relación de kW (cerveza) a kVA (espuma + cerveza). De hecho, cuando la cantidad de espuma (kvar) se aproxima a cero, nuestro factor de potencia se aproxima a 1.

Nuestra analogía de la cerveza es un poco simple. En realidad, cuando calculamos kVA, debemos determinar la suma vectorial de kvar y kW.

Por lo tanto, iremos un paso más adelante y mirar el ángulo entre estos vectores.

Veamos otra analogía.....

Pedro empuja una carga pesada (**figura 2**). La potencia real es dirigida hacia la izquierda o sea kW.

Desafortunadamente, Pedro no puede empujar la carga en un plano perfectamente horizontal, así que la altura de sus hombros añadiría una cierta cantidad de potencia reactiva, o sea kvar.

La potencia aparente, (KVA), es la suma vectorial de de kvar y kW.

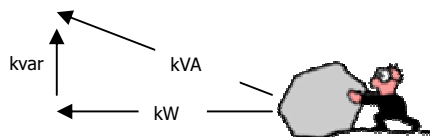


Figura N°2

En vista de que la relación entre kW, kVA, kvar, y Factor de Potencia es vectorial, y se define por el triángulo de la figura anterior, en realidad, las relaciones reales entre estas variables es trigonométrica:

$$fp = \frac{kW}{kVA}$$

$$fp = \frac{kW}{\sqrt{kW^2 + kvar^2}}$$

Para la analogía de la cerveza, en realidad sería:

$$fp = \frac{\text{cerveza}}{\sqrt{\text{cerveza}^2 + \text{espuma}^2}}$$

En resumen, para tener un sistema realmente eficiente, queremos tan pocos kvar como sea posible, lo que equivale a un factor de potencia tan cerca de 1 como sea posible, sin embargo, muchas veces el factor de potencia es mucho menor que 1, y a continuación veremos por qué.

II. ¿Qué causa un bajo factor de potencia?

¿Qué causa el consumo de kvar en el sistema?, la respuesta es cargas inductivas. Éstas incluyen:

- Transformadores
- Motores de inducción (motores eléctricos)
- Generadores de inducción
- Luminarias de descarga de alta intensidad (haluro metálico, sodio a alta presión, vapor de mercurio) y luminarias fluorescentes.

Volviendo a la analogía del vaso de cerveza, imagine que este tipo de equipos equivalen a clientes que sólo consumieran grandes cantidades de espuma, y que la red de cables de la empresa de distribución eléctrica fuera un gran sistema de tuberías que distribuye cerveza.

Para este tipo de clientes la distribuidora tendría que suministrar no sólo cerveza, sino también grandes cantidades de espuma, pero sólo cobrarles por la cerveza, que es lo que en realidad les quita la sed.

Esto significaría que la capacidad de la distribuidora se vería mermada por la gran cantidad de espuma que viajaría por su red, sin poder cobrarla, y que de otra manera podría reemplazarse por cerveza que sí pudiera entregar a más personas que solicitan cerveza.

De la misma manera, la potencia reactiva (kvar) requerida por estas cargas incrementa la cantidad de potencia aparente (kVA) en el sistema de distribución, pero sólo pagamos por la potencia real (kW).

III. ¿Por qué mejorar el factor de potencia?

Imagine ahora que la distribuidora de cerveza tuviera la capacidad de cobrarnos un recargo por el consumo de espuma que le resta capacidad a su red, y que el remedio a esto estuviera en manos del cliente, que por ejemplo pudiera tener un equipo propio capaz de crear la espuma que requiere. Esto liberaría capacidad de la red de la distribuidora para poder transportar y distribuir más cerveza, además de que no tendría que utilizar su planta para producir espuma, sino sólo cerveza.

Además, imagine ahora que aquellos clientes que requieren grandes cantidades de espuma, al suministrárselas por medios propios, disminuyen las pérdidas en su propio sistema por no tener que recibir esa espuma a través de la red de la distribuidora, ni de sus tuberías de suministro principal: perdería menos cerveza.

En resumen, y para puntualizar sobre el tema técnico, mejorar el factor de potencia:

- Reduce la demanda de energía: recordemos que las cargas inductivas que necesitan potencia reactiva causan un bajo factor de potencia, por lo que al mismo tiempo aumenta la potencia aparente requerida, que es lo que suministra la empresa de distribución eléctrica.

Así que un bajo factor de potencia obliga a las empresas eléctricas a incrementar su capacidad de generación y transmisión para manejar la demanda adicional.

Mejorando nuestro factor de potencia, consumimos menos potencia reactiva (kvar), esto significa que consumimos menos potencia aparente (kVA), esto equivale a un ahorro en dólares para la empresa eléctrica.

- Elimina el recargo por bajo factor de potencia: las empresas eléctricas penalizan al cliente con un recargo cuando su factor de potencia es menor a 0.90, entonces mejorando nuestro factor de potencia a valores mayores o iguales a 0.90, eliminamos este recargo y el monto de nuestra facturación disminuye.
- Aumenta de la capacidad de las instalaciones del cliente y reduce sus pérdidas: corrigiendo el factor de potencia en las instalaciones del cliente se disminuyen las pérdidas en todos los conductores que se encuentran aguas arriba del punto en que se encuentra el equipo corrector del factor de potencia.

Para el caso en el que un cliente cuente con medición en media tensión, (los transformadores son propiedad del cliente), y se cuente con equipo para mejorar el factor de potencia en el interruptor principal, en el lado de baja tensión, se obtiene un aumento de capacidad y un ahorro a nivel de reducción de pérdidas en los transformadores de su propiedad.

Por ejemplo, un transformador de 1000 kVA con un factor de potencia de 80% entrega 800 kW (600 kvar) de potencia, esto es:

$$\frac{1000\text{kVA}}{\sqrt{(800\text{kW})^2 + (? \text{k var})^2}}, \text{ kvar} = 600$$

Incrementando el factor de potencia a 90%, se pueden suministrar más kW por la misma cantidad de kVA.

$$\frac{1000\text{kVA}}{\sqrt{(900\text{kW})^2 + (? \text{k var})^2}}, \text{ kvar} = 436$$

La capacidad de potencia real del sistema se incrementa a 900 kW y la empresa eléctrica suministra 436 kvar solamente.

Para el caso de un cliente conectado en baja tensión, con equipo corrector del factor de potencia cerca de su interruptor principal (compensación global), el aumento de capacidad y ahorro por reducción de pérdidas se ve a nivel de los conductores de la acometida, es decir, los conductores entre el transformador de la distribuidora y el interruptor principal del cliente.

Para el caso de un cliente conectado en baja tensión, con equipo corrector del factor de potencia conectado en los puntos de mayor consumo de kvar (compensación puntual, distribuida), como grandes motores de inducción (ejemplo: grandes equipos de acondicionamiento de aire, grandes maquinarias, etc.), el aumento de capacidad y ahorro por reducción de pérdidas se ve reflejado en todo el resto del sistema que se encuentra aguas arriba del mismo, es decir, desde los conductores de la acometida, pasando por el interruptor principal y todos los demás conductores de distribución interna de energía de la instalación (barras, tableros, circuitos), que se encuentran por delante del o los puntos en que se instalen los equipos correctores.

- d. Aumenta el nivel de voltaje y hace funcionar a los motores eléctricos más eficientemente: ya se ha mencionado que un bajo factor de potencia causa pérdidas en su sistema de distribución eléctrica. Si las pérdidas eléctricas se incrementan, se pueden dar una disminución en el nivel de voltaje. Las caídas de voltaje excesivas pueden causar recalentamiento y falla prematura de motores y otros equipos inductivos. Por lo tanto, elevando nuestro factor de potencia minimizamos estas caídas de voltaje y los problemas relacionados a éstas. Como resultado de esto, los motores funcionarán a menor temperatura y serán más eficientes.

IV. ¿Cómo se corrige o mejora el factor de potencia?

Hemos visto que las cargas eléctricas consumidoras de potencia reactiva disminuyen el Factor de Potencia:

- Transformadores
- Motores de Inducción
- Generadores de Inducción
- Luminarias de descarga de alta intensidad (HID)

De manera similar, existen dispositivos que generan potencia reactiva y mejoran el factor de potencia:

- Capacitores
- Generadores sincrónicos
- Motores sincrónicos

Por lo tanto, no es de sorprender que una manera de mejorar el factor de potencia es añadir capacitores al sistema. Esta y otras maneras de mejorar el Factor de Potencia se describen a continuación:

1) Instalando capacitores (Generadores de kvar)

Al instalar capacitores decrece la magnitud de la potencia reactiva (kvar, o espuma recordando la analogía de la cerveza), y se mejora el factor de potencia. En la **figura N°3** se describe este proceso.

La potencia reactiva (kvar), consumida por las cargas inductivas, siempre actúa a un ángulo de 90° con respecto a la potencia real (kW).

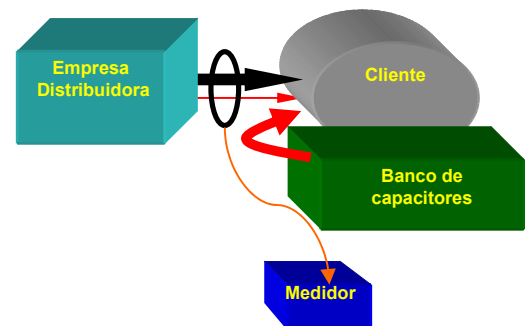


Figura N°3

La inductancia y la capacitancia actúan a un ángulo de 180° una con respecto a la otra. Los capacitores almacenan potencia reactiva (kvar) y liberan esta energía oponiéndose a la energía reactiva consumida por el inductor.

La presencia de capacitores e inductores en el mismo circuito, da como resultado una transferencia continua de energía entre ambos.

De esta manera, cuando el circuito está balanceado, toda la energía reactiva consumida por el inductor es generada por el capacitor.

2) Evitar la operación de motores sin carga o en condiciones de carga mínima

Sabemos que una de las causas de un bajo factor de potencia es la presencia de motores de inducción, pero específicamente esto empeora al operar motores de inducción en condiciones de carga mínima o dicho de mejor forma, cuando un motor de inducción es muy grande para la aplicación que se le está dando.

Aún con motores eficientes, el factor de potencia se ve afectado por variaciones en la carga. Un motor debe ser operado lo más cerca posible de su carga de diseño, para obtener los beneficios de un diseño de alto factor de potencia.

V. ¿Cuánto tiempo pasará antes de que recupere la inversión relacionada con la mejora del factor de potencia?

Como ejemplo mostramos un caso común. Supongamos que pagamos un recargo por bajo factor de potencia de \$300.00/mes, y que nuestra instalación requiere un banco de capacitores de 30 KVAR para elevar nuestro factor de potencia a valores superiores a 0.90 (-).

El costo de un banco de capacitores fijo se aproxima a los 30.00 \$/kvar, entonces:

$30 \text{ KVAR} \times 30\$/\text{KVAR} = \$900.00$, se puede ver que si instalamos el banco de capacitores y eliminamos el cargo por bajo factor de potencia, podemos recuperar nuestra inversión en muy corto tiempo.

Tiempo de recuperación = $\$900/\$300/\text{mes} = 3$ meses

VI. ¿Cuál es el siguiente paso a seguir?

Este documento nos permite ver que la mejora del factor de potencia es uno de los métodos más sencillos para reducir los costos relacionados con el consumo de energía eléctrica, además de mejorar el factor de potencia, también aumentamos la eficiencia al disminuir nuestras pérdidas eléctricas. La instalación de un banco de capacitores en la actualidad, no sólo implica la instalación del mismo, sino también un análisis sobre qué tipo de banco utilizar (fijo o automático), o cómo será la respuesta de nuestras instalaciones a su instalación (riesgo de resonancia armónica, sobrevoltaje sostenido, etc.), por lo que la mejor solución es consultar con personal técnicamente idóneo para implementar la mejor solución costo-beneficio tanto en términos económicos como técnicos.



se especializa en brindarle asesoría para resolver este y otro tipo de problemas relacionados al tema de la calidad de la energía eléctrica.

Para mayor información no dude en contactarnos.