

## Motores Eléctricos Eficiencia, Factor de Potencia y Carga.

Un programa de ahorro y conservación energética, pasa primero por conocer a profundidad los conceptos de eficiencia y características de operación en motores eléctricos. Uno de los elementos menos considerados es el factor de potencia al igual la aplicación adecuada y la eficiencia.

La gran mayoría de las empresas no toman en consideración los aspectos importantes al momento de reemplazar o entender los problemas operativos de los motores eléctricos; los niveles de adiestramiento del personal en esta materia también es baja y muchas decisiones son tomadas en ausencia de los aspectos más relevantes en esta área.



La mayoría de las decisiones acerca de los motores, son tomadas en planta y en el departamento de compras.

La gran mayoría de las decisiones asociadas con la compra y mantenimiento de los motores eléctricos, que afectan la eficiencia eléctrica se toman a nivel de planta y en

muchos países, el departamento de compras tiene un papel importante en estas decisiones; adicionalmente, las empresas han limitado mucho el adiestramiento de su personal en esta materia. Muchas empresas toman decisiones sin crear especificaciones o evaluar los reemplazos de motores y se limitan a comprar “algo similar” a lo ya instalado.

## **Eficiencia en los motores**

**El acta de política energética en USA** (The Energy Policy Act, mejor conocido como EPAct) se hizo efectivo a partir de 1997. EPAct requiere que los motores de uso general, desde 1-hp hasta 200-hp general, que se comercialicen en USA, deban reunir los estándares mínimos de niveles de eficiencia referidos en la mencionada norma. La ley de independencia y seguridad en la energía, mejor conocido como The U.S. Energy Independence and Security Act (EISA), en Diciembre del 2010 actualizo lo requerido por la EPAct y ahora requiere que los estándares mínimos de eficiencia se aumente hasta los motores de 500 hp.



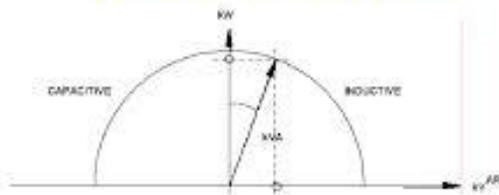
**El monitoreo del uso de la potencia en los motores puede determinar los costos de operación y las mejoras en la eficiencia.**

La eficiencia en un motor, es la relación entre la cantidad de trabajo mecánico realizado por el motor y la potencia eléctrica que consume para hacer ese trabajo, mostrado en forma de porcentaje; un porcentaje mayor, indica una eficiencia más alta. La eficiencia de un motor eléctrico es dependiente pero no limitado al diseño, material, construcción, valores nominales, carga, calidad de energía y condiciones de operación...

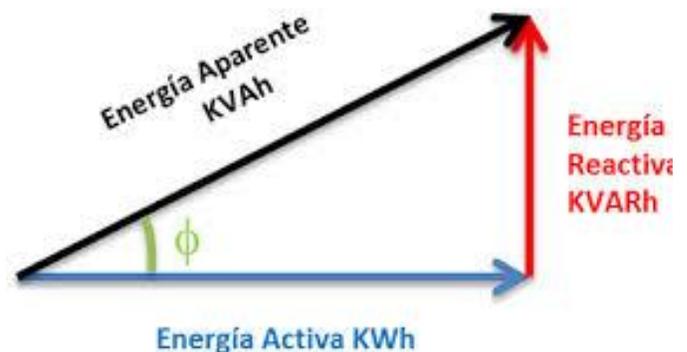
### Factor de potencia, conceptos básicos

El factor de potencia, tantas veces mencionado como una medida de reducción de costos de energía, no es realmente en realidad una variable directa de ahorro energético; el mejoramiento del factor de potencia puede reducir los costos energéticos siempre y cuando el usuario final está sujeto a penalizaciones por bajo factor de potencia, los usuarios que solo están sujetos a cargos por energía sin cargo por demanda, por ejemplo los usuarios residenciales, pequeños consumidores comerciales y usuarios industriales conectados bajo consideraciones especiales, no reciben beneficio alguno por el mejoramiento del factor de potencia. La corrección del factor de potencia se aplica principalmente para evitar cargos extras por parte de la empresa de servicio eléctrico al intentar reducir la circulación de energía reactiva por las líneas y liberar capacidad en los generadores; las empresas generadoras de electricidad, incentivan a sus clientes conectados a consumir la energía de la manera más eficiente posible y definen sus tarifas basado en ciertos parámetros; así aparece el cargo por bajo factor de potencia incidiendo en la demanda eléctrica o mediante cobro directo de exceso de consumo de energía reactiva.

#### FACTOR DE POTENCIA



KW = POTENCIA ACTIVA (REAL)  
 KVA = POTENCIA ( APPARENT)  
 KVAR = POTENCIA REACTIVA ( REACTIVE)  
 INDUCTIVE P.F. = INDUCTIVE LOAD, ISYNCHRONOUS MOTOR, TRANSFORMER ...  
 (CURRENT LAGS THE VOLTAGE)  
 CAPACITIVE POWER FACTOR : FLUORESCENT LIGHT, CAPACITOR ...  
 (CURRENT LEADS THE VOLTAGE)





La mejor forma de describir y entenderlo, es revisando los componentes de un sistema eléctrico. El factor de potencia PF es la relación entre kilowatts (kW) y kilovolt-amps (kVA). La potencia aparente kVA, tiene dos componentes: Potencia Real kW y Potencia Reactiva kilovolt-amps reactivos (kVAR) — matemáticamente descrito como:

$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2$$

y

$$\text{Factor de potencia} = kW \div kVA$$

La gran mayoría de las cargas conectadas en comercios e industrias, son motores eléctricos, cargas inductivas que requieren de potencia reactiva; los capacitores, proporcionan energía reactiva, en la dirección opuesta a la potencia reactiva inductiva requerida por los motores. La energía reactiva inductiva kVAR puede reducirse o cancelada en su totalidad mediante la adición de potencia reactiva capacitiva, añadiendo capacitores al sistema y podemos obtener aunque en la práctica no es deseable, un factor de potencia unitario, o 100% PF, cuando kVA = kW. Un factor de potencia PF en atraso es cualquier PF inferior al 100, tal como lo es la mayoría de las plantas industriales; un factor de potencia PF en adelanto es una condición poco deseable por una cantidad de razones técnicas. Las variaciones en la componente reactiva de la potencia no tiene efecto en la potencia real o efectiva requerida por la carga ;la potencia reactiva no tiene efecto en la potencia total kVA que se le suministra a la carga y puede hacer mayor la carga impuesta al generador La colocación de

capacitores fijos en la acometida principal, es una de las medidas más comunes que se utilizan para mejorar el factor de potencia; sin embargo, es una medida que hay que mirar con mucha atención debido a la posibilidad de hacer capacitivo el sistema bajo condiciones de baja carga y/o la presentación del fenómeno de resonancia en ambientes contaminados por armónicos



### **Factor de Potencia y eficiencia en los motores**

Ya que la potencia reactiva no realiza ningún trabajo, el PF indica el porcentaje de la potencia útil con respecto a la potencia total y es más eficiente cuando la relación se acerca a la unidad; un bajo PF contribuye con una menor eficiencia, aumento de las pérdidas y a cargos innecesarios por parte de la empresa de energía eléctrica.

Es importante recalcar que para su funcionamiento, los motores requieren de tanto la energía activa como de la reactiva. La potencia real (kW) produce trabajo y calor; la potencia reactiva (kVAR) establece el campo magnético en el motor y permite que opere.

El factor de potencia PF de un motor es más bajo cuando el motor está con poca carga y su reducción se vuelve más significativa cuando la carga disminuye por debajo del 70 %, por lo que los motores deben ser seleccionados con potencias muy cercanas al valor de la carga

### **Ejemplo de mejoramiento del factor de potencia en una planta.**

En una pequeña industria, se condujo un proyecto de mejoramiento del factor de potencia; en esa planta industrial hay un contenido alto de motores grandes; dicha planta tenía una demanda de 480kW con un 85% PF, esto daba como resultado. Una penalización mensual por parte de la empresa de servicios eléctricos de \$276.

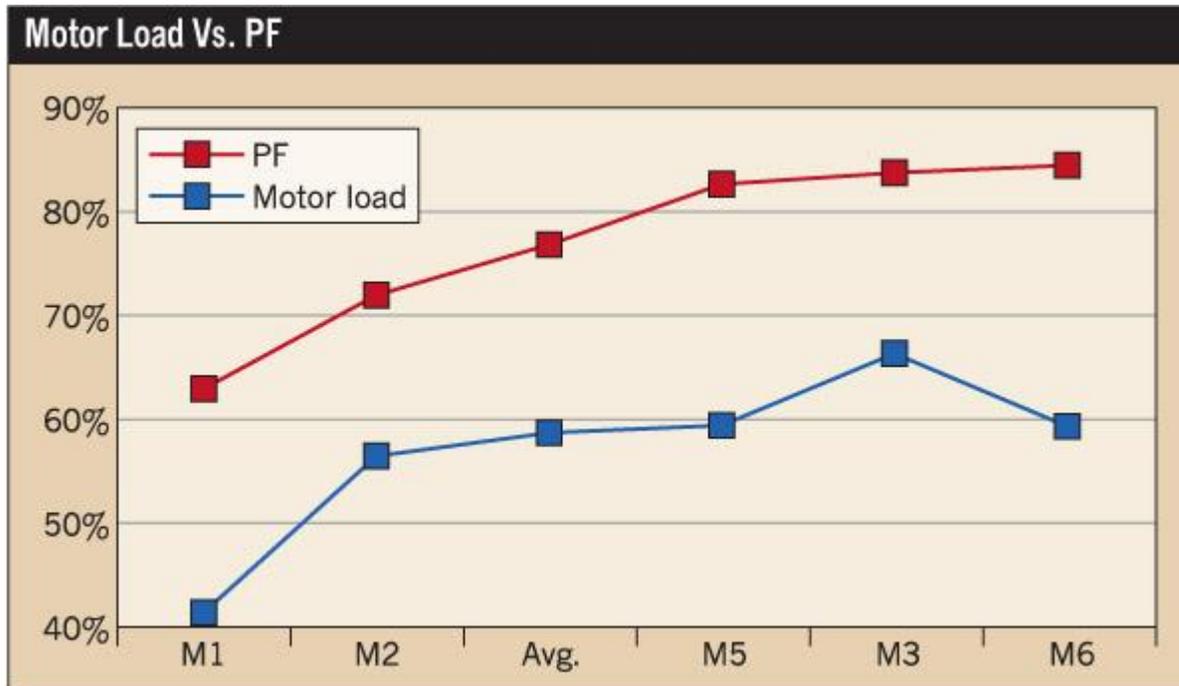
Motor	Hp Rating	Full Load kW	Average Load kW	Average Load HP	% load	% PF
M1	75	60	25	31	41%	63%
M2	200	160	90	112	56%	72%
M3	125	100	66	83	66%	84%
M4	150	120	71	89	59%	85%
M5	125	100	59	74	59%	83%

La data medida, muestra que el factor de potencia se desmejora cuando el motor se encuentra con baja carga...

El objetivo primario de este proyecto, fue el de identificar los motores que contribuían con un factor de potencia inferior al mínimo deseado y también tuvo por objetivo, incrementar el factor de potencia global de la planta hasta un valor tal que se elimine la penalización impuesta por la compañía de electricidad.

Una línea dentro del proceso industrial, consistía en cinco motores de inducción (75 hp, 150 hp, 200 hp, y dos de 125 hp) se identificó con la finalidad de monitorear el uso de energía y el factor de potencia durante un día de producción normal; se utilizó una plataforma de análisis de calidad de energía y perfil de carga, así se tomó información adicional para otro proyecto.

Las mediciones realizadas, indicaron que todos los motores tenían baja carga y los motores M1 y M2 tenían un factor de potencia bastante bajo; las mediciones también demostraron que la línea de producción estaba sobredimensionada con la potencia utilizada en los motores.



Los motores con baja carga, operan con un pobre factor de potencia

### Mejoras en el sistema

Con la finalidad de evitar las penalizaciones de la empresa de electricidad, el factor de potencia debía estar por encima del 90%. Después de analizar cuidadosamente los resultados y la línea de producción, se decidió reconfigurar de una manera tal que el motor M1 de 75 hp fuese removido; este motor estaba cargado en apenas un 41% y operaba con un factor de potencia del 63%. También hubo una reducción en el consumo energético y en la demanda diversificada en Kw ya que el motor M4 ahora realiza el trabajo de M1; esta reducción es difícil de calcular pero efectivamente si está presente en el sistema.

También se decidió instalar un capacitor de 50 kVAR en el motor M2 de 200-hp motor. Basado en la carga y las mediciones realizadas en M2, el añadir un capacitor de 50 Kvar no corrigió el factor de potencia del motor M2 hasta un 90% pero las mejoras que se obtuvieron con M1 t M4 si se logró que el factor de potencia de la planta fuese llevado a un 90%.

## **Los resultados**

Las mejoras implementadas resultaron en un factor de potencia del 93% eliminando el pago mensual de \$276 por bajo factor de potencia y se redujo también la demanda pico en 10 Kw con un subsecuente ahorro adicional de \$90 mensuales solo por este concepto aparte del ahorro primario del factor de potencia; la planta ya tenía en operación un banco de capacitores de 200 Kvar que permanece operando; el ROI del proyecto fue de 18 meses.

## **Consideraciones**

Hay muchos aspectos que deben considerarse al intentar mejorar los distintos aspectos asociados con los sistemas de motores eléctricos por lo que el ingeniero electricista deberá actuar cautelosamente e iniciar el proyecto con la realización de mediciones estratégicas para evaluar el entorno