

Implementación de eficiencia energética en la industria manufacturera en aserradero mediante la implementación de banco de capacitores

OVANDO-SIERRA, Juan*†, HUCIN-MISS, Mauricio, LEZAMA-ZARRAGA, Francisco Román y ACOSTA-PECH, Israel Del Jesús

Recibido 3 de Enero, 2017; Aceptado 2 de Marzo, 2017

Resumen

El objetivo del trabajo es realizar un análisis sobre las corrientes parásitas que afectan el factor de potencia en las industrias debido a los motores de inducción instalados en los sistemas eléctricos de baja tensión, (Caso de estudio sector manufacturero aserradero), para esto se realizó una auditoría energética de primer nivel en el aserradero ubicado en la comunidad del Ejido Constitución, Silvituk, Campeche México, dentro de la auditoría se percató un bajo factor de potencia 50%, así mismo el sistema tiene motores trifásicos de 1hp hasta 75 hp y 15 años de antigüedad. Además, se encontraron incongruencias relacionadas a demanda máxima, reflejadas en las facturaciones eléctricas emitidas por la compañía suministradora que mostraban un comportamiento erróneo de las mediciones efectuadas por el kilowattímetro, para el análisis se instaló un analizador de redes AEMC power pad 3945-B donde se monitoreo el sistema antes y después de corregir el factor de potencia, con los dos análisis de los parámetros eléctricos se logró comparar el sistema y las mejoras que se tuvo en relación a las corrientes parásitas.

Corrientes parásitas, motores, capacitores, potencia

Abstract

The objective of the work is to perform an analysis on the parasitic currents affecting the power factor in the industries due to the induction motors installed in the low voltage electrical systems, (Case study sawmill manufacturing sector). A first level energy audit at the sawmill located in the comunidad of the Ejido Constitution, Silvituk, Campeche México, Within the audit realized a low power factor of 50%, also the system has 3 phase motors of 1hp up to 75 hp and 15 years old. In addition, there were inconsistencies related to maximum demand, reflected in the electric billings issued by the supply company that showed a wrong behavior of the measurements made by the kilowattimeter, for the analysis was installed a network analyzer AEMC power pad 3945-B where it was installed Monitoring the system before and after correcting the power factor, with the two analyzes of the electrical parameters was able to compare the system and the improvements that was had in relation to the parasite currents. It realized an energy diagnosis.

Parasitic currents, engines, capacitor, power

Citación: OVANDO-SIERRA, Juan , HUCIN-MISS, Mauricio, LEZAMA-ZARRAGA, Francisco Román y ACOSTA-PECH, Israel Del Jesús. Implementación de eficiencia energética en la industria manufacturera en aserradero mediante la implementación de banco de capacitores. Revista de Ingeniería Innovativa 2017. 1-1: 9-15

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jcovando@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

Las PyME manufactureras conforman el 11% de establecimientos en la entidad de Campeche (INEGI, 2009). Los incrementos en los costos de energía eléctrica aplicados al sector de manufactura tuvieron un incremento del 4.5% en el mes de enero 2017 en comparación a diciembre 2016 (Reyna Quiroz, 2017) lo que representa un gasto adicional a los medianos productores de las PyME y más aún, los incrementos en los costos futuros generados por las variaciones internacionales en los precios de los combustibles utilizados para la generación de energía eléctrica. Ante dichos cambios los sectores de manufactura decidieron implementar medidas de ahorro energético con la finalidad de afrontar los nuevos precios en las tarifas eléctricas del año 2017.

Una de las medidas efectuadas para un caso particular consistió en aumentar el factor de potencia (FP) en un aserradero ubicado en el ejido Constitución, Silvituk, Campeche perteneciente al municipio de Escárcega. El cuál presentaba un FP máximo promedio de 51% y en ocasiones menor, generando penalización por parte de Comisión Federal de Electricidad (CFE) con montos mensuales de \$3,000 hasta \$13,000 pesos. Aunado a lo anterior, se encontró, durante el diagnóstico energético, incongruencias relacionadas a la medición de demanda máxima que impactaban en el costo total de energía.

Para dar solución a los inconvenientes en dicha instalación se optó por un banco de capacitores y corregir las lecturas de demanda máxima desde el medidor de energía.

Las secciones que conforman el artículo son: Características de la instalación, parámetros eléctricos mediante analizador de redes, cálculo de banco de capacitores, análisis de demanda máxima y resultados obtenidos.

Características de la instalación

El estudio se realizó en un aserradero ubicado en el ejido Constitución, Silvituk, Campeche perteneciente al municipio de Escárcega.



Figura 1 Aserradero

Fuente: (Ovando Sierra & Huchin Miss, 2016)

Las características del servicio contratado ante CFE se muestran en a tabla 1

Sistema trifásico 3F-4H	
Número de servicio	793-110-601-051
Tarifa	OM
Carga conectada	80 kw
Demanda contratada	80 kw

Tabla 1 Servicios contratados

Fuente: (Ovando Sierra & Huchin Miss, 2016)

Además, el inmueble esta formado por cargas de fuerza, iluminación y equipos eléctricos varios como se muestran en la tabla 2 y 3 respectivamente.

Motor	Cantidad
75 HP	1
30 HP	1
25 HP	1
7.5 HP	1
3.0 HP	1
1.0 HP	2

Tabla 2 Cargas de fuerza

Fuente: (Ovando Sierra & Huchin Miss, 2016)

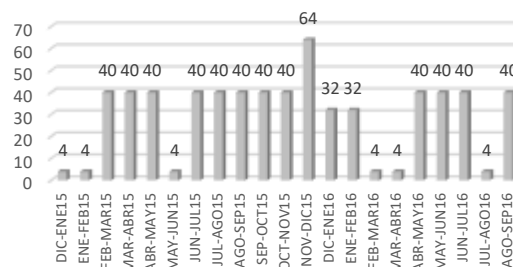


Gráfico 2 Demanda máxima 2015-2016

Fuente: CFE

Equipos	Carga W
Lamparas de 75 W	900
Lamparas Fluorescentes de 9 W	27
Lamparas Fluorescentes de 9 W	60
Refrigerador	400
Televisión	200
Caja digital	12
Parrilla eléctrica	750
Ventilador de techo	120
Total	2469

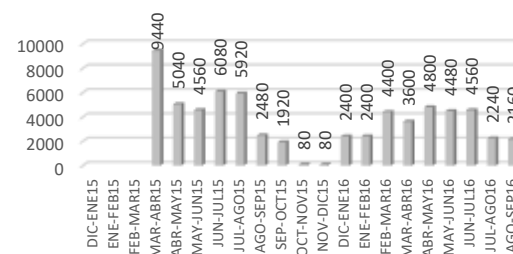


Gráfico 3 Energía reactiva 2015-2016

Fuente: CFE

Tabla 3 Cargas de iluminación y equipos

Fuente: (Ovando Sierra & Huchin Miss, 2016)

De acuerdo a las facturaciones eléctricas emitidas por CFE se analizaron los consumos de energía, demanda máxima, energía reactiva y factor de potencia.

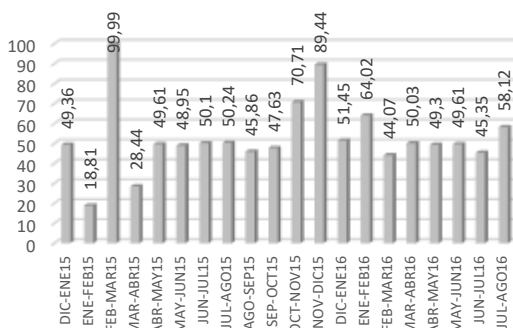


Gráfico 4 Factor de potencia 2015-2016

Fuente: CFE

Se pueden observar valores considerables de energía reactiva demandada por la instalación que impactan en el bajo factor de potencia como se observa en el gráfico 4.

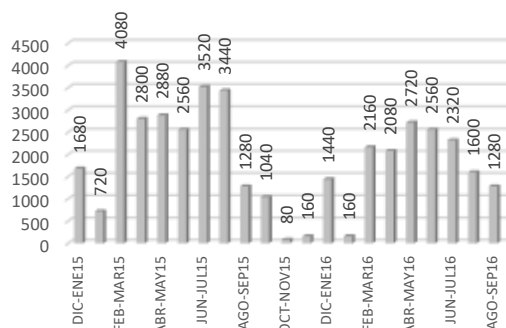


Gráfico 1 Kilowatts hora 2015-2016

Fuente: CFE

Parámetros eléctricos mediante analizador de redes



Figura 2 Analizador de redes instalado

Fuente: (Ovando Sierra & Huchin Miss, 2016)

Para verificar los datos emitidos en las facturas eléctricas, se colocó un analizador de redes power pad 3945-B durante una semana. Los resultados arrojados se resumen en las siguientes tablas.

Voltajes RMS						
Fase	A	B	C	A-B	B-C	C-A
Máx.	134.1	133.3	138.1	229.4	236.1	237.4
Mín.	127.0	126.6	129.2	217.8	222.9	222.7
Med.	131.3	130.6	134.4	224.7	230.4	231.5

Tabla 4 Valores promedios de tensión registrados

Fuente: Analizador de redes 3945-B

AMPERAJE POR FASE				
Fase	A	B	C	Neutro
Máximo	159.9	167.6	187.3	14.90

Tabla 5 Amperajes máximos promedio

Fuente: Analizador de redes 3945-B

FACTOR DE POTENCIA %				
Fase	A	B	C	Medio
Máximo	43	62	68	51

Tabla 6 Factor de potencia promedio máximo registrado por fase

Fuente: Analizador de redes 3945-B

Potencia reactiva KVAR				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	17.8	16.07	20.39	53.88

Tabla 7 Valores promedio máximos de potencia reactiva registrados

Fuente: Analizador de redes 3945-B

Potencia activa KW				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	9.492	13.94	13.04	36.47

Tabla 8 Valores promedios máximos de potencia activa registrados

Fuente: Analizador de redes 3945-B

De acuerdo a las lecturas registradas por el analizador se pudo corroborar si eran correctos los valores de FP (Factor de Potencia) y potencia reactiva por parte de CFE. Sin embargo, las diferencias entre los valores de demanda máxima eran considerables. Por lo anterior, se procedió a verificar los reseteos con los que contaba el medidor. De esta forma se llegó a la conclusión que el medidor sólo tenía tres reseteos a lo largo de cinco años de operación, causando acumulación de valores de demanda máxima erróneos y cobrados mediante facturación eléctrica al cliente.

Cálculo de banco de capacitores

El factor de potencia mínimo permitido por CFE es de 90% (CFE, 2012). El sobrepeso estimado para un factor de potencia de 50% es de: $90/50=1.8$, lo que significa que el cliente paga un 80% adicional de la facturación normal (Garduño Fernandez, 1982).

En dichas condiciones conviene mejorar el factor de potencia.

Se optó por corregir el FP mediante la instalación de un banco de capacitores considerando el precio y la facilidad de aplicación en la instalación.

Se tomaron en cuenta los siguientes datos registrados por el analizador:

$$KWh = 164$$

$$KVARh = 282.62$$

Aplicando las ecuaciones 1, 2, 3 (Garduño Fernandez, 1982) se determina la carga capacitiva:

$$\cos \varphi = \frac{KWH}{\sqrt{KWH^2 + KVARH^2}} \quad (1)$$

$$\cos \varphi = \text{factor de potencia}$$

$$KWH = \text{Kilowatts hora}$$

$$KVARH = \text{kilovolts ampereactivos hora}$$

$$\tan \varphi = \frac{\sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}}{\cos \varphi} \quad (2)$$

$$\varphi = \text{ángulo de desfase}$$

$$KVAC = KW(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (3)$$

$$KVAC = \text{Kilovolts amper capacitivos}$$

$$KW = \text{Kilowatts}$$

$$\varphi_1 = \text{ángulo de desfase 1}$$

$$\varphi_2 = \text{ángulo de desfase 2}$$

Sustituyendo valores en (1):

$$\cos \varphi_1 = \frac{164}{\sqrt{164^2 + 282.62^2}} = 0.5$$

Para corregir el factor de potencia a $\cos \varphi_2 = 0.94$, se procede:

$$\text{Demanda media} = \frac{164000 W}{30 \text{ días} \times 24 H} = 278 KW$$

Sustituyendo valores en (2):

$$\tan \varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - 0.5^2}}{0.5} = 1.73$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{\sqrt{1 - 0.94^2}}{0.94} = 0.36$$

Por lo tanto, la carga capacitiva se calcula sustituyendo valores en (3):

$$KVAC = 278(1.73 - 0.36) = 380.86$$

Parámetros eléctricos con banco de capacitores



Figura 3 Banco de capacitores en operación

Fuente: Diagnóstico energético

Se procedió a instalar un banco de capacitores y posterior a una semana de la instalación se realizó el monitoreo de las instalaciones mediante el analizador 3945-B, los resultados fueron los siguientes:

Voltajes RMS						
Fase	A	B	C	A-B	B-C	C-A
Máx.	132.8	132.7	134.7	229.3	231.5	232.3
Mín.	128.8	128.3	130.8	221.5	225.3	225.2
Med.	130.5	130.2	132.4	224.7	228.1	228.1

Tabla 9 Valores promedios de tensión registrados

Fuente: Analizador de redes 3945-B

Amperaje por fase				
Fase	A	B	C	Neutro
Máximo	96.8	103.3	109.8	11.70

Tabla 10 Amperajes máximos promedio*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

Factor de potencia %				
Fase	A	B	C	medio
Máximo	82.2	90	86.5	86.3

Tabla 11 Factor de potencia promedio máximo registrado por fase*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

Potencia reactiva KVAR				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	6.2	5.1	7.6	18.9

Tabla 12 Valores promedio máximos de potencia reactiva registrados*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

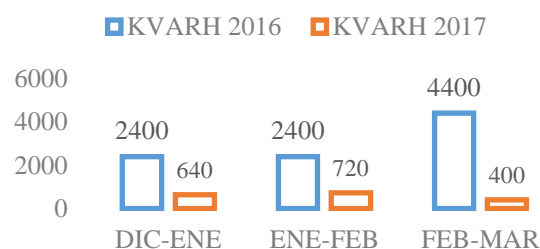
Potencia activa KW				
Fase	A	B	C	Total
Máximo	9.8	11.94	12.22	34.03

Tabla 13 Valores promedios máximos de potencia activa registrados*Fuente:* Analizador de redes 3945-B

Las principales diferencias se encuentran en la tabla 10, 11 y 12 ya que se observa una disminución de amperajes por fase, un incremento del FP hasta un valor promedio de 86% y una disminución de 35 KVAR. Cabe mencionar que el con el analizador se realizó el monitoreo de las instalaciones durante un día.

Los resultados obtenidos se muestran por medio de comparaciones en los siguientes gráficos.

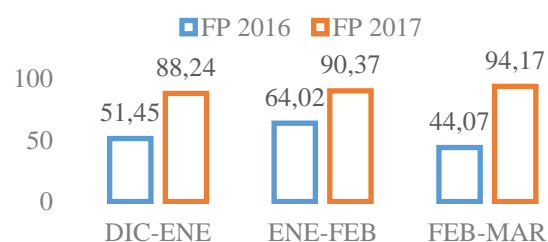
Energía reactiva

**Gráfico 5** Energía reactiva 2016-2017*Fuente:* Diagnóstico energético

De acuerdo a la facturación de CFE, se observa en el gráfico V, una disminución del consumo de energía reactiva para los diferentes períodos. Las diferencias entre los consumos se han reducido significativamente en promedio 77.6% desde la entrada en operación del banco de capacitores.

Respecto al factor de potencia, ha aumentado en los inicios del año 2017 llegando a alcanzar hasta 94% en comparación con el año 2016 en el mismo período.

Factor de potencia

**Gráfico 6** Factor de potencia 2016-2017*Fuente:* Diagnóstico energético

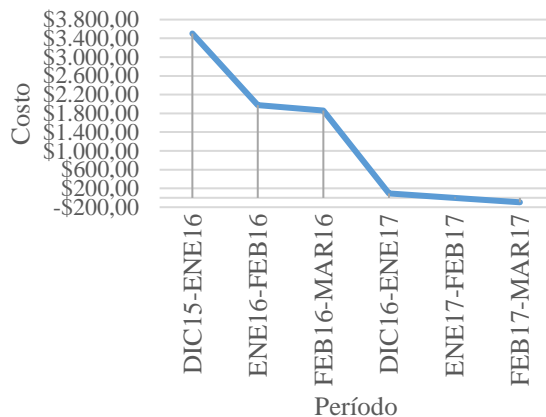


Gráfico 7 Cargo por FP 2016-2017

Fuente: Diagnóstico energético

De igual forma los cargos generados por bajo factor de potencia han ido a la baja de \$3,503 en el período DIC15-ENE16 hasta alcanzar bonificación de \$95.38 en la última facturación de FEB17-MAR17.

Derivado de los anteriores resultados el total a pagar por el consumo de energía eléctrica ha disminuido desde costos por \$68,341 hasta \$29,074 de acuerdo al período FEB17-MAR17.

Conclusiones

La propuesta de eficiencia energética implementada en el aserradero a través de la implementación del banco de capacitores fue importante y valiosa ya que se logró el objetivo de disminuciones de consumo y demanda y mejorar el factor de potencia y se vió reflejado en la disminución de la factura mensual de la CFE.

La siguiente etapa que se pretende implementar es el cambio de tecnologías de alta eficiencia en los motores que operan en el aserradero para continuar con las acciones de eficiencia energética.

Referencias

CFE. (Septiembre de 2012). *Ahorro de energía*. Obtenido de <http://www.cfe.gob.mx/industria/ahorroenergia/lists/ahorro%20de%20energia/attachments/3/factordepotencial.pdf>

Garduño Fernández, J. (1982). *Equipos eléctricos modernos*. México: Continental.

INEGI. (2009). *Industrias manufactureras*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/manufacturas.html#tema4>

Ovando Sierra, J. C., & Huchin Miss, M. I. (2016). *Auditoría energética industrial*. Campeche.

Reyna Quiroz, J. (Martes de Enero de 2017). La CFE aumenta 4.5% la tarifa de energía eléctrica para industrias. *La Jornada*.

Hassaine, L. (2010). *Implementación de un control digital de potencia activa y reactiva para inversores. Aplicación a sistemas fotovoltaicos conectados a red*. Leganés.

Horikoshi, I. (2009). *Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red*. Leganés.

Ley del servicio público de energía eléctrica. (02 de Diciembre de 1975). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lsp ee/LSPEE_abro.pdf

Melero Millán, I. (2013). *Metodos de inyección de potencia reactiva en redes de baja tensión*. 6.