

INTA, Industria Textil Argentina S.A.
San Martín, Provincia de Buenos Aires
República Argentina
Junio 2012

Sustitución de motor de eficiencia convencional por motor de alta eficiencia en industria textil



SIEMENS







Sustitución de motor de eficiencia convencional por motor de alta eficiencia en industria textil

Antecedentes

La Secretaría de Energía de la Nación (SEN) cuenta, desde el año 2009, con el apoyo institucional, técnico y económico de la International Copper Association (ICA-Procobre) (www.procobre.org) para el desarrollo de iniciativas vinculadas al uso más eficiente de la energía en los distintos sectores de la actividad socio-económica de Argentina.

En el marco de este acuerdo de cooperación, y contando con el apoyo institucional del Departamento de Infraestructura de la Unión Industrial Argentina (UIA) y de la Cámara de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y de Luminotecnia (CADIEEL), se planteó realizar una experiencia piloto de sustitución de un motor estándar por un motor de alta eficiencia en la planta San Martín de Industria Textil Argentina S.A., (INTA).

El acuerdo incorporaba como aportante a Siemens Argentina S.A., quienes donarían un motor de alta eficiencia (especificación IE2) a ser instalado en INTA. Siemens contribuía a la experiencia interesada en promover la eficiencia energética en general y sus productos de alta eficiencia en particular, en el mercado industrial argentino.

El desarrollo de la experiencia piloto, las condiciones generales y particulares de la misma y los aportes de las partes, se plasmaron en un Acuerdo Institucional entre Siemens Argentina S.A. e ICA-Procobre, rubricado por los representantes de cada institución en el mes de marzo de 2012.

Posteriormente se acordaron con la Gerencia de Ingeniería de la planta textil INTA S.A. las condiciones particulares del proyecto de sustitución de un motor. La empresa seleccionó sustituir un motor de un ventilador de inyección de aire húmedo a la sala de tejeduría (el servicio cuenta con dos ventiladores iguales).



La Empresa: INTA, Industria Textil Argentina S.A.

Se encuentra ubicada en calle 54 N° 5548, San Martín, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

INTA, Industria Textil Argentina fue fundada en 1944. Comenzó sus actividades como hilandería, incorporando posteriormente los sectores de tejeduría, tintorería y terminación.

A través del tiempo se especializó en la fabricación de tejidos lisos en mezclas de poliéster/viscosa y poliéster/algodón, destinados principalmente a la confección de uniformes para empresas y profesionales y la vestimenta sport.

La planta INTA en San Martín tiene una sección de tejeduría con los siguientes equipos y capacidad productiva:

59 telares Sulzer-proyectil.
29 telares Picanol Air-jet.
12 Picanol a pinzas.

1.400.000 m² por mes.

Tipos de tejido: tejidos lisos, dibujos Ratier, fantasías con hilados tejidos.

La planta también cuenta con la sección de acabado o terminación.

Las máquinas principales en esta sección son las siguientes:

- Autoclave Krantz y Then para teñido de hilado en conos y plegadores de urdimbre.
- Tren continuo Kusters de desacolado, descruce y blanqueo.
- Dos líneas de termosolado Monforts.
- Pad Steam TEPA.
- Tres ramas marcas Artos y Krantz.
- Sanforizadora TEPA.
- Mercedizadora MCS.

Capacidad productiva: 300.000 kg/mes.

Destino de la producción:

- Tejidos para venta en el mercado local e internacional.
- Teñido, sanforizado y preparación apto para terceros.

Con respecto al motor sustituido en la experiencia piloto, se cuenta con la siguiente información:

Las horas anuales de marcha de dicho motor eran 6.762¹, con un consumo de energía eléctrica en el año 2011 de 171.755 kWh.

En dicho año, el gasto total en energía eléctrica de la empresa fue de \$ 54.600 (US\$12.134) (a 4,50 \$/US\$).

Desarrollo de la experiencia

Una vez concluida la fase preliminar de evaluación acerca de qué equipo deseaba INTA que fuera objeto de la experiencia demostrativa, se procedió a realizar una medición ex ante de las condiciones de funcionamiento del motor a ser sustituido.

Esta medición fue realizada por personal altamente calificado perteneciente al **Departamento de Energía del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)**.

Los datos correspondientes al motor "viejo" a ser sustituido eran:

Marca: Corradi (reparado)
Modelo: MTA-200L
Tipo: asíncrono - cuatro polos - 50 Hz
Potencia: 30 kW (40 HP)
Eficiencia: desconocida
Velocidad de rotación: 1.470 rpm
Tensión: 380/440 VAC

El equipo donado por Siemens S.A. es un motor de alta eficiencia, con las siguientes características:

Marca: Siemens
Modelo: 1LG6220-4MA
Tipo: asíncrono - cuatro polos - 50 Hz
Potencia: 37 kW (50 HP)
Eficiencia: IE2 (EFF1)
Velocidad de rotación: 1.470 rpm
Tensión: 400/690 VAC

INTA aportó los costos asociados al cambio del motor estándar por un motor IE2. Estos costos incluyeron el torneado del ventilador que se armó con el nuevo motor, dado que éste era de mayor potencia y el eje era de un diámetro mayor al que estaba funcionando.



- 1) El nuevo motor tendrá el mismo número de horas anuales de marcha.
- 2) El motor donado por Siemens S.A. fue entregado a INTA el 12 de abril de 2012.



Ahorros obtenidos por sustitución de motor estándar por uno de alta eficiencia

Para evaluar los resultados concretos de la sustitución de un motor de eficiencia estándar por un motor de alta eficiencia, se realizaron mediciones del consumo de energía eléctrica ex ante (al motor "viejo") y ex post (al motor nuevo).

A continuación, el resumen de estas mediciones hechas por el Departamento Energía del INTI.

Objetivo del trabajo: comparación de rendimiento de dos motores asíncronos trifásicos que accionan un mismo ventilador.

Características del instrumental utilizado en las mediciones

Medidores de energía eléctrica marca Yokogawa modelo 2531A de dos y tres sistemas, rango de tensión y corriente variables. Incertidumbre de medición $\pm 0,1\%$.

Transformadores de corriente para medición de la potencia, instalados en barra de 380 V de relación de transformación 400/5 A, clase 0,2S.

Conclusiones

Se midieron los parámetros de funcionamiento de ambos motores durante 24 horas de operación, tomando datos con un intervalo de 15 minutos. Las mediciones de los motores viejo y nuevo se realizaron entre los días 24 y 26 de abril (el primero) y entre los días 15 y 16 de mayo el segundo.

Los parámetros medidos fueron los siguientes: Tensión (V), Corriente (A), Potencia Activa (kW) y Factor de potencia (%).

Como resultado de las mediciones se pudo comprobar en ambos casos que los valores leídos se mantuvieron constantes durante toda la prueba.

Descripción de los motores ensayados.

Especificaciones de placa.

	MOTOR NUEVO	MOTOR VIEJO
Marca	Siemens	Corradi (reparado)
Tipo	Asíncrono - 4 polos - 50 Hz	Asíncrono - 4 polos - 50 Hz
Modelo	1LG6220-4MA	MTA - 200L
Potencia	37 kW	30 kW
Eficiencia	IE2 (EFF1)	Desconocida
Velocidad	1.470 rpm	1.470 rpm
Tensión	400 - 690 VAC	380 - 440 VAC



Motor estándar



Motor eficiente

Los resultados de las mediciones fueron los siguientes:

	MOTOR NUEVO	MOTOR VIEJO
Marca	Siemens	Corradi (reparado)
Tensión	381 V	381 V
Corriente	43,5 A	47,6 A
Potencia	23,3 kW	25,4 kW
Factor de Potencia	0,81	0,81

Características técnicas

SUSTITUCIÓN DE MOTOR ESTÁNDAR POR UNO DE ALTA EFICIENCIA (IE2)

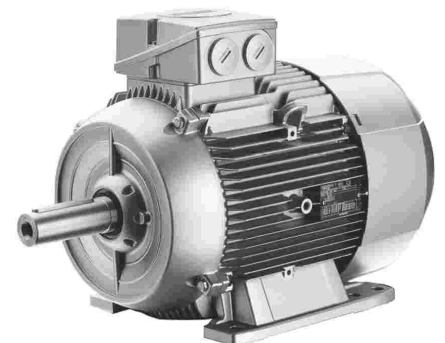
El motor de alta eficiencia instalado en la planta textil INTA es de marca Siemens, modelo 1LG62220-4MA, cuyas características técnicas principales se describieron previamente.

Descripción ampliada

Especificaciones técnicas para el pedido de los motores trifásicos tipo jaula de ardilla 1LG6220-4MA60

DATOS ELÉCTRICOS				
Voltaje nominal del motor/	(6) 400 VD/690 VY, 50 Hz, 460 VD, 60 Hz			
Frecuencia	50 Hz		60 Hz	
Potencia nominal del motor/	37.00 kW		42.50 kW	
Velocidad nominal del motor	1470 1/min		1770 1/min	
Par nominal del motor	240.4 Nm		229.3 Nm	
Intensidad nominal del motor (IE)	VD	VY	VD	
	66.0 A	38.3 A	65.5 A	
Arranque- / intensidad nominal del motor	6.5		6.5	
Desenganche / par nominal del motor	3.0		3.0	
Arranque- / par nominal del motor	2.6		2.6	
Clase de eficiencia	IE2			
Eficiencia (60034-2-1)	100%/50 Hz	75%/50 Hz	100%/60 Hz	
	92.7	93.6	93.6	
Factor de potencia	0.87	0.84	0.87	
Letra de diseño / código	A		L	
CC 032A			No	

DATOS MECÁNICOS		
Ruido a 50 Hz/ 60 Hz	61.00 dB	66.00 dB
Momento de inercia	0.4 kg*m ²	
Rodamiento AS /	6213 ZC3	
Rodamiento BS	6213 ZC3	
Rodamiento fijo	Rodamiento fijo, NDE (estándar)	
Orificios de drenaje	Si	
Dispositivo de reengrase	No	
Tipo de lubricación	Esso Unirex N3	
Intervalo de lubricación a 40°C	40.000 h	
Cantidad de grasa para la nueva lubricación a 40°C	- g	
Conexión a tierra externa	Si	
Pintura	Acabado estándar RAL7030 gris	





PROTECCION CONTRA EXPLOSIONES

Tipo de protección	Ninguna (estándar)
--------------------	--------------------

CONDICIONES DEL SITIO

Temperatura ambiente	-20.0°C – +40°C
Altitud sobre el nivel del mar	1000 m
Estándares y especificaciones	IEC, DIN, ISO, VDE, EN

DATOS GENERALES

Tamaño del chasis	225 S
Tipo de construcción/	(0) IM B3 / B6 B7 / B8 / V5 sin capota abatible
Peso en kg sin accesorios optativos	285.00 kg
Material del chasis	Fundición gris
Protección	IP 55
Método de enfriamiento, TEFC	IC 411
Calidad vibracional	A
Aislamiento	155(F) to 130(B)
Tipo de servicio	S1= servicio continuo
Sentido de giro	Bidireccional

CAJA DE TERMINALES

Material de la caja de terminales	Aluminio
Tipo	gk 431
Rosca de los terminales /	M8
Área transversal máxima del cable	35.00 mm ²
Diámetro del cable de..... a.....	27.0 mm a 38.0 mm
Entrada de cable	2xM50x1,5
Prensacables	2 conexiones

(Fuente: Siemens Argentina S.A.)





Razones que hacen conveniente la sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia

La tecnología de fabricación de motores ha evolucionado mucho en los últimos años. Hoy en día los motores estándar se van reemplazando por motores de alta eficiencia debido a que se obtienen menores costos de operación, significando un ahorro en el consumo de energía.

Los motores de alta eficiencia demandan una menor potencia del sistema de distribución para obtener la misma potencia de salida necesaria para realizar un trabajo específico.

La mayor eficiencia de estos motores se debe a un conjunto de factores. Entre las principales características de fabricación de los motores de alta eficiencia tenemos:

- ✓ Rotor inyectado en cobre y más compacto, con una consecuente mayor conductividad y un menor momento de inercia.
- ✓ El ventilador tiene un diseño aerodinámico, ligero y de bajas pérdidas por fricción. Poseen mayor cantidad y mejor calidad de cobre para reducir la resistencia a la corriente y reducir las pérdidas en este concepto.
- ✓ Reducción de la dispersión del campo a través de una mayor área de laminación.
- ✓ Rodamientos antifricción de bajo calentamiento, bajo ruido y bajas pérdidas por fricción.
- ✓ Entrehierro más estrecho, lo que reduce las pérdidas magnéticas y por fricción.
- ✓ Núcleo estatórico con láminas de hierro-silicio, reduciendo las corrientes de Foucault y las pérdidas del campo magnético.

Otras ventajas que tienen los motores de alta eficiencia frente a los motores estándar son:

- Los fabricantes dan un mayor tiempo de garantía.
- Mayores ciclos de lubricación.
- Mayor tolerancia al estrés térmico.
- Habilidad para operar en ambientes de elevadas temperaturas.
- Factor de servicio 1,15 en 50 Hz.

La viabilidad económica de cambiar motores estándar por motores de alta eficiencia depende del tiempo de utilización, del factor de carga, del porcentaje de rendimiento incrementado, de la potencia del motor y del incremento en el costo de los mismos.

Beneficios del uso de motores de alta eficiencia

Una característica importante de los motores en general es que el costo operacional suele ser superior a su costo de adquisición. Dependiendo del tiempo de funcionamiento y de la potencia de su rendimiento, un motor puede costar en consumo de 25 a 150 veces su valor de compra.

Es por eso que vale la pena apostar a una correcta gestión de los motores en uso en cualquier instalación, sea industrial o de servicios, minimizando los gastos con un uso eficiente y adecuado de la energía eléctrica.

En el mercado global, altamente competitivo, mantener costos de procesos reducidos puede significar una diferencia entre el éxito y el fracaso en la comercialización de muchos productos. Los motores eficientes ayudan a reducir los costos de los procesos de producción.

La promoción de motores eficientes en la industria ha aumentado la competitividad del sector, ya que los sistemas electromotores representan un porcentaje significativo de sus costos.

Típicamente, el tiempo de retorno de la inversión en motores eficientes varía de 6 meses a 3 años, lo que justifica económicamente su utilización.

Más allá de la preservación ambiental y el desarrollo sustentable, un motor de alto

rendimiento genera bajas pérdidas de energía, reduce notablemente la elevación de la temperatura y por lo tanto brinda una mayor vida útil en comparación con un motor convencional, gracias a que poseen mayor cantidad de cobre y una mejor disposición y diseño de sus partes internas.

Los motores de alta eficiencia poseen otros beneficios adicionales, tales como:

- Trabajar a temperaturas menores y ser más resistentes a las variaciones de tensión que los motores convencionales.
- Tener un factor de potencia media superior al de los motores convencionales equivalentes.
- Ser más silenciosos que los motores convencionales.
- Aliviar el stress eléctrico de la instalación al consumir menos energía.

Aunque los motores modernos tienen rendimientos relativamente altos gracias a la alta conductividad del cobre, se han creado nuevos diseños que permiten un mejor aprovechamiento energético.

Los motores eficientes fueron diseñados para reducir al mínimo las pérdidas constantes por carga. Con estos diseños, se genera menos calor residual y por ende, se requiere menos energía para enfriar el motor. Esto permite emplear un ventilador más pequeño, obteniendo un doble ahorro y una operación mucho más silenciosa.

Los motores eficientes se diseñaron para ahorrar energía logrando una mejor eficiencia en un rango comprendido entre tres cuartos y plena carga.

Para lograr el máximo ahorro energético y de costos, es primordial especificar motores eficientes en la etapa inicial de todo proyecto.





Eficiencia Energética en motores y en el mundo

Existen en la actualidad diversos planes de inversión en diferentes países del mundo para mejorar el suministro y la utilización de la energía para contribuir de esta forma a mejorar la situación energética global y los condicionamientos que ésta acarrea. En este marco, en el ámbito de la industria el potencial de ahorro energético es importante.

Por otro lado, en el plano estadístico de la industria internacional, la participación del motor eléctrico (*en todas sus potencias*) en el consumo eléctrico comúnmente oscila entre el 50% y el 75%. Por lo tanto, el motor representa, en forma global y dependiendo los casos, aproximadamente un 30% del consumo total de energía eléctrica.

Asimismo, el motor, como máquina esencial de cualquier industria, es el actor principal de la mayoría de las plantas productivas, impulsando diferentes aplicaciones o bien en diferentes procesos de producción. En este marco, las razones para centrar un enfoque de análisis en el motor eléctrico y su importancia en la Eficiencia Energética resultan claras y concretas.

Respecto a este tema se ha publicado la actualización de la Norma IEC 60034 (la norma IEC que detalla todos los requerimientos que deben cumplir las máquinas eléctricas rotantes), que además de establecer una ampliación en las tablas con una gama de potencias ampliada, en uno de sus puntos define nuevas categorías en lo referente a valores de rendimiento.

Las categorías ahora son (de la eficiencia estándar a la mayor eficiencia): IE1, IE2 e IE3.

La IEC como toda otra norma técnica es voluntaria y establece valores mínimos de eficiencia, pero cada legislación local estipula la forma y el tiempo de aplicación. Desde las instituciones regionales relacionadas al tema normativo se da impulso al etiquetado de Eficiencia Energética, tomando como base las tablas de la Norma IEC.

Por ejemplo, en Argentina la Norma IRAM en vigencia es la IRAM 62405, cuyas tablas de etiquetado son equivalentes a las publicadas por IEC.

Inversión y rentabilidad

La instalación del motor eficiente de Siemens S.A. significó una inversión aproximada a los \$ 16.000 (aprox. US\$ 3.550). Este valor incluyó el costo del motor (unos US\$ 2.400) y el costo del trabajo de adecuación realizado para poder instalar el motor nuevo (\$ 5.000)³.

No obstante, y dado que debe considerarse que el gasto adicional de instalación es en este caso particular y no necesariamente replicable para cada sustitución eventual de motores que se haga a futuro en planta INTA, se calcularon dos periodos de repago simples de la inversión, uno con el costo adicional realizado para poder instalar el motor y otro "limpio", es decir, considerando únicamente el costo del motor de recambio.

El gasto anual en energía eléctrica de la empresa en 2011 fue de \$ 54.600 (US\$ 12.134). De haberse realizado la sustitución en el total de dicho periodo, el ahorro hubiera sido de \$ 4.514 (US\$ 1.003).

En consecuencia, el periodo de repago simple de la inversión para el caso que considera el costo adicional incurrido para la instalación fue de 3,5 años ó 42 meses.

Y en el caso de considerar sólo el costo "neto" de un motor nuevo, sin gastos adicionales de instalación, el periodo de repago hubiera sido de 2,4 años ó 28 meses.

También se puede estimar la rentabilidad por medio de la siguiente ecuación:

$$R_s = \frac{I}{A} = \frac{C_1 - C_2}{0.746 \times (hp_{nom} \times fc) \times \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) \times h \times T}$$

Donde:

- R_s = recuperación simple de la inversión (en meses).
- I = inversión en dólares. Para instalaciones nuevas o motores que cumplieron su vida útil, la inversión es la diferencia entre el costo de un motor de alta eficiencia (C_1) y el costo de un motor estándar (C_2).
- A = ahorro mensual (en dólares).
- hp_{nom} = potencia nominal del motor en HP.
- fc = factor de carga del motor. Si el factor de carga es menor al 50%, ninguno de los motores es el correcto.
- T = tarifa de energía eléctrica en US\$/kWh.
- h = número de horas de uso al mes.
- η_1 = rendimiento del motor estándar.
- η_2 = rendimiento del motor de alta eficiencia.



³Fuente: Gerencia de Ingeniería de INTA

Monitoreo de Ahorros

En conjunto con la implementación de la sustitución del motor de eficiencia convencional o estándar, la empresa INTA S.A. desarrollará un programa de seguimiento de los resultados en el mediano y largo plazo como una manera de generar replicabilidad, tanto en su planta como en otras del sector industrial.

Cabe acotar que es intención de la empresa continuar, de manera progresiva pero constante, la sustitución de motores de baja eficiencia por motores IE2, como parte de un programa de mejora en la eficiencia del uso de la energía en su planta industrial.

La empresa pone a disposición sus instalaciones para contribuir a la sensibilización sobre este tema de mejora en el uso de la energía, como una manera de contribuir a la difusión de tecnologías de alta eficiencia en el sector industrial.



Conclusiones

El proyecto piloto resultó exitoso y cumplió con las expectativas de demostrar la conveniencia técnico-económica de proceder a la sustitución de un motor convencional de baja eficiencia existente por uno nuevo de alta eficiencia (IE2).

Basado en esta experiencia, se hace evidente que un programa exhaustivo de ahorro de energía a nivel industrial, enfocado en la sustitución de motores obsoletos representa una alternativa replicable y rentable para hacer más eficiente el uso de la electricidad en los usuarios del sector, a fin de mejorar su competitividad y hacer un uso más eficiente de los recursos técnicos y económicos de las empresas productivas y de servicios en una de sus necesidades operativas principales, tal como es la impulsión de fluidos.

El derroche de energía reduce los recursos naturales mundiales y genera un elevado impacto ambiental, ya que a mayor desperdicio se corresponde la necesidad de una mayor producción de las centrales de generación que utilizan combustibles fósiles, lo cual redundará en la emisión adicional de gases de efecto invernadero (GEI), principales contribuyentes al cambio climático.

Durante los últimos años, la producción y el uso de la energía de manera sostenible se han convertido en una prioridad fundamental para quienes buscan un futuro que responda al concepto de sustentabilidad. Con esta realidad y la creciente preocupación generada sobre los efectos perniciosos del cambio climático, sobre la seguridad en el suministro energético y sobre el desarrollo de una economía sostenible, nunca se había presentado una ocasión más propicia para concentrarse en la utilización de la energía de una manera más eficiente.

La eficiencia energética ahorra dinero e incrementa la competitividad; el cobre aumenta la eficiencia energética.

El cobre es un material esencial para los sistemas energéticos del futuro, al ser el mejor y más rentable conductor eléctrico disponible. Presenta beneficios económicos y permite el avance hacia una economía con bajas emisiones de carbono.

El cobre es un instrumento fundamental para aumentar la eficiencia de todos los equipos eléctricos y es el patrón de referencia para la conductividad eléctrica. Si se utiliza más cobre, por ejemplo con cables más gruesos, se pierde menos calor. De este modo, la energía se conserva y la demanda de generación se reduce. Por otro lado, el cobre es 100% reciclable.

Consecuencias cuantitativas de la mejora en el uso de la energía eléctrica en motores

Si para el año 2030 todas las economías del mundo adoptaran las mejores prácticas para sus sistemas motores, el consumo de energía eléctrica descendería en un 10 % respecto al consumo proyectado.

Esto sería equivalente a:

- 2.000 a 3.000 Teravatios-hora de demanda eléctrica
- 1,3 a 1,8 Gigatoneladas de emisiones evitadas de CO₂

Los ahorros citados equivaldrían a:

- 3 veces los ahorros energéticos provocados por la sustitución progresiva de las lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo (LFC y otras).
- Cerca de una vez y media veces la cantidad de emisiones actuales provenientes de la energía consumida en la India o en Japón.
- Las emisiones de CO₂ de más de 500 plantas de 500 MW de capacidad instalada cada una que utilizaran carbón como combustible.
- 75% de la demanda actual de energía eléctrica de Estados Unidos.
- El doble de los ahorros de carbono derivados del cumplimiento del Protocolo de Kyoto, asumiendo que todos los países signatarios cumplieran sus compromisos de reducción de emisiones.







**International Copper
Association Latin America**
Copper Alliance

Equipo de Trabajo del Proyecto:

- **Hugo Magaldi**
Gerente de Ingeniería, planta INTA.
- **Ing. Mariano de Luca**
División Motores Industriales, Siemens Argentina S.A.
- **Grupo Técnico de Mediciones**
Departamento de Energía, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
- **Ing. Claudio Carpio**
Consultor ICA-Procobre en Argentina, Coordinador Técnico del Proyecto
- **Ings. Alicia Baragatti y Camilo Bourges**
Dirección de Promoción, Secretaría de Energía
- **Lic. Hernán Sierralta**
Director de Comunicaciones para LA, ICA-Procobre, Coordinador General del Proyecto