

■ Introducción

La experiencia ha demostrado que los logros obtenidos en proyectos relacionados con la optimización del consumo de energía en las plantas industriales permite aumentar su rentabilidad operativa, y que los mejores resultados se logran cuando las acciones se organizan en forma "integral", abarcando todo tipo de energía, todas las áreas de la planta y todos los ahorros posibles.

Este es el fundamento metodológico de la realización de los proyectos demostrativos que han venido desarrollando el Fideicomiso

para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), cuyos resultados son de alcance nacional, ya sea por la magnitud de los consumos de las ramas seleccionadas o por la posibilidad de extrapolar los resultados a gran número de empresas semejantes

■ Antecedentes

CAMISA, S.A. de C.V., se ubica en el municipio de Santa Catarina, N.L., dentro de la zona metropolitana de la ciudad de Monterrey, está dedicada a la fabricación de camisas para motores de combustión interna (cilindros en donde se desplazan los pistones). Su planta se



divide en dos naves de producción: fundición y maquinado.

El proceso en grandes rasgos, abarca desde la fusión de hierro, pasando por su vaciado en un proceso centrífugo y finalizando con el maquinado y acabado de las piezas.

Los datos de producción que se tienen, en el periodo comprendido de noviembre de 1993 a octubre de 1994 es de 8,942 toneladas fundidas, las cuales fueron vaciadas en moldes y transformadas en camisas para motor.

El energético básico consumido es la electricidad; en la siguiente tabla se indican los parámetros promedio durante el periodo de consumo de noviembre de 1993 a octubre de 1994.

CONSUMO BASE kWh	1,025,929
CONSUMO PICO kWh	84,650
DEMANDA BASE kW	2,958
DEMANDA PICO kW	1,200
DEMANDA FACTURABLE kW	1,552
FACTOR DE POTENCIA %	92
FACTURACION BASICA \$	178,147.93

Con el afán de hacer más competitivas a sus empresas el grupo CONDUMEX tomó la decisión de realizar un proyecto demostrativo de ahorro de energía eléctrica en su planta CAMISA, S.A. de C.V., para después emprender acciones a fin de reducir reducir y optimizar los consumos de la energía.

■ Desarrollo del proyecto

Los fines que pretendía el proyecto de ahorro de energía fueron conseguidos mediante la realización de un diagnóstico energético llevado a cabo en sus instalaciones industriales a partir

del mes de octubre de 1994, y la aplicación posterior de medidas correctivas.

Para cumplir con los objetivos del diagnóstico se analizaron las áreas más importantes de la empresa, las cuales fueron:

- .Area Eléctrica
- .Area de Productividad y calidad
- .Area Térmica

Las medidas detectadas dentro del área de productividad y calidad, involucran directamente el consumo de energía, ya que al disminuir los tiempos de operación, se disminuyen los tiempos de consumo de energía en los hornos de inducción, los cuales son los principales consumidores de la planta.

■ Diagnóstico

CAMISA, S.A. de C.V., cuenta con diferentes etapas en su proceso productivo que incluyen la manufactura de la camisa húmeda, camisa seca y maquinado, cuyos procedimientos se describen mediante el diagrama de flujo mostrado de manera simplificada.

Las áreas con posibilidad de ahorro en el consumo de energía que se encontraron, fueron principalmente, el área de programación y administración de producción, tratando de agilizar la velocidad de las líneas de vaciado logrando una afinidad de consumo de esta línea. Otra área con grandes oportunidades de ahorro de energía detectadas viene a ser el reforzamiento de los aislantes usados en los hornos, buscando materiales con mayor capacidad o incremento de volumen de ellos hasta llegar al óptimo económicamente y minimizar las áreas de refractario o metal fundido expuestas al medio ambiente, reduciendo tiempos de exposición, controlando los tiempos de apertura y reduciendo los huecos encontrados en las juntas de las tapas y los hornos. Esta medida se detecta de inmediato ya que las áreas más aisladas se encuentran a temperaturas superiores a las normales y generan sensación de calor en las personas.

DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO PARA LA PRODUCCION DE CAMISAS PARA MOTOR



■ Metodología

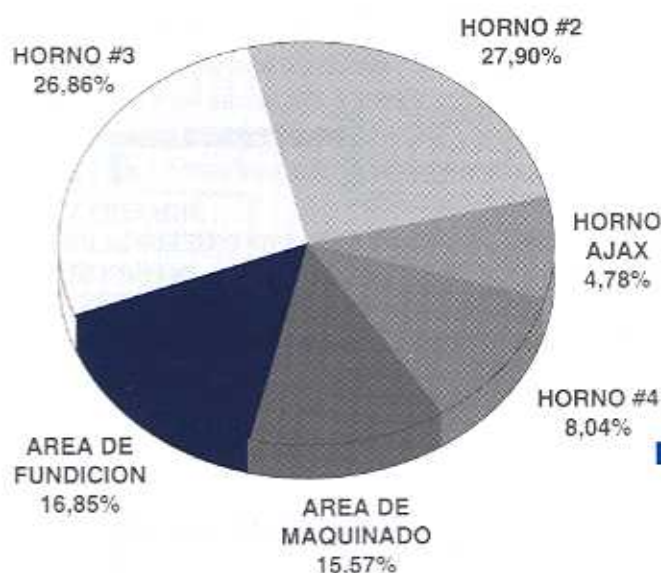
Las áreas de oportunidad identificadas durante el diagnóstico energético fueron el resultado de una serie de actividades conjuntas realizadas por personal de la firma consultora y de CAMISA, S.A. de C.V., estas actividades incluyeron la definición de los objetivos del programa de ahorro de energía, análisis estadístico de la situación energética actual de la empresa, medición y monitoreo de parámetros eléctricos por centros de consumo, una vez identificadas las prioridades, dependiendo del nivel de consumo por áreas, correlación de los consumos de energía contra procedimientos de operación y procesos de manufactura, determinación de índices energéticos y consumos específicos, detección y evaluación de medidas de ahorro de energía así como su factibilidad de implementación, publicidad interna del programa y formación

de un comité de ahorro. Todo esto como parte de un programa integral de ahorro de energía.

■ Consumo de energía eléctrica

La distribución del consumo de energía eléctrica en las diferentes áreas y sistemas de la planta se indica en el siguiente cuadro se presenta, además, una gráfica de los mismos.

AREA	CONSUMO	PORCENTAJE
HORNO NO.2	332,753	27.90
HORNO NO. 3	320,363	26.86
AREA DE FUNDICION	202,941	16.85
AREA DE MAQUINADO	185,719	15.57
HORNO NO. 4	95,911	8.04
HORNO AJAX	57,167	4.78
TOTAL	1'194,854	100.00



■ Áreas de oportunidad detectadas y aplicadas con recursos de la empresa

A partir del diagnóstico y los análisis correspondientes se presenta un programa para mejorar la eficiencia energética, que consta de varias oportunidades de ahorro y un plan de acción para efectuarlo e inversiones para dichas medidas.

Las recomendaciones se presentan como oportunidades de ahorro de energía, varían entre acciones sin inversión con períodos de recuperación inmediatos, hasta medidas que implican cambios en los equipos, requiriendo inversiones con períodos de recuperación a mediano plazo (2 a 3 años como máximo).

En su totalidad las recomendaciones aportan un ahorro de \$ 28,429.15 M.N. por mes, equivalente al 15.96% de ahorro en la facturación básica mensual del consumo de energía eléctrica.

Tomando en cuenta las recomendaciones con inversión nula o marginal (que puede ser cubierta con el presupuesto de las áreas donde se implementen las medidas), se consideran 10 medidas con un ahorro de \$ 20,605.13 M.N. al mes, representando un 11.57% de ahorro de la facturación.

Considerando las recomendaciones con inversión a corto y mediano plazo pueden observarse 4 oportunidades cuyo ahorro asciende a \$ 7,824.02 al mes con un período de recuperación simple de 18.6 meses, el cual equivale a un 4.39% de la facturación, con una inversión necesaria de \$ 145,809.13 M.N.

En seguida aparecen en forma resumida, las acciones realizadas para implementar las medidas recomendadas en la empresa.

■ Mejoramiento del sellado de la tapa con el cuerpo del horno 4

Al elaborar el balance de materia y energía se encontró una pérdida de 80 kW por radiación, en comparación con los 10.30 kW del horno ajax (que también se puede disminuir); al hacer el reconocimiento del equipo y la medición de sus variables, se determinó que la temperatura es mucho más alta en la parte superior donde se ubica la tapa, que en las paredes del cuerpo. Se observaron muchas áreas al rojo vivo de material refractario con constantes de emisiones más altas que el hierro fundido, pero a menor temperatura.

La acción que se llevó a cabo, fue corregir el aislante de sellado de la tapa, eliminando los bordes de material refractario para que la misma cierre herméticamente, de esta manera se eliminó el área de material fundido expuesta al ambiente.

■ Estandarización de la operación en hornos de fusión

En esta área se realiza la operación de manera homogénea, pero los problemas diarios muchas veces no se resuelven, por lo que al disminuir algunas causas de variación son sustituidas casi de inmediato por otras diferentes.

Se puso en marcha la estandarización en el modo de operar los hornos de fusión, por medio de gráficas de control y resolviendo las causas que se reportan diariamente en éstas, las cuales impiden una operación estandarizada (repetible).



Con lo anterior, se ha conseguido mejorar la operación de los hornos de fusión.

■ **Sellado de fugas en las líneas de aire comprimido**

Al hacer un recorrido por cada una de las líneas de aire comprimido, se detectó una elevada cantidad de fugas, las cuales fueron evaluadas y posteriormente corregidas en su mayoría. Los puntos más frecuentes de fugas son: válvulas, juntas de tuberías y mangueras, herramientas neumáticas y equipos.

Generalmente se subestiman las pérdidas económicas por fugas de aire comprimido, sin embargo, su reparación redonda en ahorros considerables. Debido a que el objetivo de una planta de compresores es suministrar aire comprimido, es obvio que cualquier pérdida de éste, motiva a una disminución de la eficiencia del sistema.

Dicha medida se realizó con recursos del propio departamento de mantenimiento, lo cual trajo consigo un ahorro importante a la empresa.

■ **Estandarización de la operación en hornos de mantenimiento**

Al igual que la estandarización para operar los hornos de fundición, se utilizaron las gráficas de control para observar los contratiempos y comenzar a corregir de inmediato la operación de los hornos de mantenimiento.

■ **Mejorar el aislamiento del horno ajax**

En este tipo de hornos (de canal) se ha utilizado el asbesto como aislante entre las paredes de refractario y acero; por los adelantos tecnológicos aparecidos en los últimos años en materia de aislantes, hoy en día surge la posibilidad de usar materiales excelentes con costos muy accesibles; por esta razón, el asbesto uno de los primeros materiales usados para este fin, se está usando menos porque no cumple con los requerimientos de ahorro de energía, y muy frecuentemente porque no soporta las temperaturas de operación cuando éstas son elevadas, además de que los

nuevos materiales resultan económicamente más atractivos, comparando la disminución de pérdidas con su costo un poco más alto.

La medida consistió en sustituir los materiales aislantes destinados a los hornos ajax por materiales con mejores propiedades aislantes, cuidando no interferir con las restricciones técnicas de los mismos tanto en operación como en mantenimiento.

■ **Aislamiento en tapas de hornos**

Se midió la temperatura de la tapa del horno 4 (por ser éste el de mayor facilidad de acceso) siendo ésta de 295°C, en el caso de los hornos de fusión presentan temperaturas mayores pero no pudieron ser medidas, por lo que se tomó un promedio de temperatura de 300°C. Además se encontró que las tapas sólo cuentan con una pared de cemento refractario con una gran deficiencia aislante reflejada en las altas temperaturas encontradas.

En relación con esta área de oportunidad, la medida recomendada y puesta en práctica fue añadir una pared intermedia de una pulgada de aislante entre el cemento refractario y la cubierta metálica que forman en conjunto la etapa de los hornos; con lo anterior se mejoró el aislamiento de estos equipos.

■ **Sustitución de la torre de enfriamientos para el horno 3**

Durante el desarrollo del diagnóstico energético de segundo grado realizado en las instalaciones de Camisa, S.A. de C.V., se detectó que una de las torres de enfriamiento carecía de capacidad suficiente, debido a que estaba deformada y sucia por lo que su área de transferencia efectiva estaba disminuida de una manera considerable. Estos problemas provocaban una mayor posibilidad de empalme entre los hornos, lo que aumentaba el consumo de energía por unidad de producto así como una disminución en la velocidad de producción.

La medida que se introdujo fue sustituir la torre de enfriamiento que da servicio al horno 3 con el fin de disminuir las demoras por alta

temperatura de agua de enfriamiento. De lo anterior, se aprovechó una torre nueva de enfriamiento guardada en el almacén y que cumplió con las necesidades del sistema, considerando esto, la inversión se considera prácticamente nula.

■ Limitar el tap máximo para disminuir demoras por demanda

Desde hace varios años existe un control de demanda que consiste en la desconexión de los hornos de fusión para no rebasar el límite máximo de control, esto se efectúa dejando fuera en cierto orden los hornos. Por ejemplo, si están usándose la dupla de hornos 2-3 siempre se desconectará primero el horno 2 y si es necesario el horno 3, sin importar que esto (el seguir un orden que forzosamente no es el óptimo en todas las circunstancias) provoque que los hornos se empalmen y por esto incrementen el tiempo necesario de desconexión por demanda y de esta forma la disminución porcentual de tiempo conectado en alto tap (lo que sería el tiempo productivo). Esto significa que el operador no decide cuál horno debe desconectar para mantener un mayor factor de carga (por tener menor tiempo de empalme) para un límite de demanda máxima deseado.

La modificación en estos equipos, consistió en mantener en tap 7 en lugar de 8 como tap máximo, cuando estén en operación normal los hornos 2 y 3 y en tap 8, cuando se tenga en funcionamiento el horno 1 con cualquiera de los otros también en tap máximo.

■ Aumentar a 2 los bancos de capacitores permanentes en transformador del área de maquinado

El transformador que alimenta al área de maquinado cuenta con 4 bancos de capacitores de 60 kVar's cada uno, de los cuales 3 bancos están controlados por medio de un *timer* que los activa y desactiva de acuerdo con una programación previa (periodos de baja carga eléctrica). De acuerdo con esta programación, los 3 bancos permanecen apagados un total de 95.25 hrs. a la semana. Los domingos son días en que la demanda de

reactivos es menor (del orden de los 70 kVar's aún con el banco fijo en operación), por lo que se recomienda aumentar a 2 los bancos que permanecen fijos en el transformador; esto traerá una bonificación adicional en la factura equivalente a \$ 295.29 en promedio al mes. Al colocar este banco extra, el transformador estará lo más cerca de la unidad en los periodos de baja carga (principalmente domingos), lo que no sucede con un sólo banco en operación permanente.

Una vez analizada esta área de oportunidad, se procedió a separar uno de los tres bancos de capacitores que están siendo controlados por medio del *timer* y colocarlo de modo que siempre esté pasando energía reactiva a la línea.

■ Apagado de maquinaria durante horarios de comida y tiempos muertos

A través de recorridos efectuados por las líneas durante varios días, fueron localizados y enumerados las cargas que permanecían encendidas sin necesidad con mayor frecuencia durante los periodos de comida y tiempos muertos. Se evaluó el ahorro de energía que se tendría al mantenerlos desenergizados durante tales periodos.

Para corregir la situación, fueron necesarias las siguientes acciones:

- Se concientizó al personal por medio de pláticas y pancartas referentes al apagado de equipo que no se estuviera utilizando.
- Se colocaron los botones en lugares visibles y de fácil acceso.

■ Eliminación de iluminación no indispensable en la planta

Respecto a esta medida, la empresa llevó a cabo ciertas acciones que estuvieron contempladas durante el diagnóstico y desde el inicio del proyecto.

- Apagado de iluminación fluorescente innecesaria
- Instalación de iluminación piloto en el área

- Seccionamiento adecuado de los circuitos eléctricos de encendido de luminarias
- Instalación de iluminación ahorradora de energía
- Localización de apagadores en lugares visibles

■ **Instalación de capacitores para la mejora del factor de potencia general**

La planta tiene en la actualidad, un factor de potencia superior al 90% mensual en promedio, sin embargo, al mejorarlo se evitará que en cualquier momento el factor de potencia disminuya hasta recibir algún recargo además de mejorar las condiciones de operación de la red eléctrica ya que descenderán las pérdidas en los cables de conducción, así también se aumentarán las bonificaciones por este concepto.

Durante el desarrollo del proyecto se visualizó la oportunidad de mejorar el factor de potencia por medio de capacitores, por lo que se decidió esta medida una vez definida la capacidad de estos equipos.

La medida consideraba los siguientes puntos:

- Los capacitores fueron colocados lo más cerca posible de la carga previamente seleccionada y con su banco de capacitores adecuado.
- Se instalaron los capacitores para ser controlados con el mismo interruptor termomagnético del arrancador, de modo que entra y sale el banco de capacitores conforme el motor trabaja.

■ **Instalación de reflectores ópticos y lámparas de alta eficiencia en iluminación fluorescente**

Cuando se analizó el sistema de alumbrado, se identificaron gabinetes de lámparas en los cuales se podrían instalar reflectores especulares para mejorar la iluminación de las áreas donde se localizan dichos equipos.

Al instalar los reflectores especulares se eliminaron aproximadamente el 50% de las lámparas de cada gabinete y el 50% de balastos de la instalación total. Por lo cual se modificó el cableado a fin de

que las balastras proporcionen servicio a dos lámparas con reflector óptico.

Asimismo, se sustituyó la iluminación fluorescente tradicional (slimline) por tubos fluorescentes ahorradores de energía.

■ **Cambio de la succión del aire de los compresores hacia un lugar más fresco**

El compresor que suministra el aire necesario para las labores en la planta, se encuentra encerrado en un cuarto pequeño, durante el funcionamiento de éste, aumenta la temperatura hasta índices muy elevados; durante las mediciones, se registró una temperatura promedio de 39°C en el interior del cuarto, mientras en el exterior existía una temperatura ambiente promedio de 30°C.

A temperatura más baja, la densidad del aire aumenta, por lo que para el mismo volumen, la cantidad de masa de aire es mayor. El compresor al succionar aire más denso por estar a más baja temperatura, éste comprime más masa de aire con el mismo trabajo.

Cuando se optó por esta medida economizadora, se trasladó la succión de aire de los compresores localizados en maquinado y fundición hacia el exterior del cuarto por medio de una tubería de acero galvanizado, orientado preferentemente hacia el lado norte o hacia el lugar más fresco.

■ **Conclusiones**

El proyecto demostrativo de ahorro de energía eléctrica arrojó excelentes resultados a la empresa CAMISA, S.A. de C.V., a través de la aplicación de las medidas detectadas durante el desarrollo del diagnóstico energético, con lo cual ha disminuido su facturación en más de un 15%.

En la siguiente tabla aparecen de manera resumida las áreas de oportunidad que se aplicaron con recursos del FIDE y de la empresa. Se muestra el ahorro en energía, demanda y facturación de CAMISA, S.A. de C.V.



TABLA DE OPORTUNIDADES DE AHORRO

CLASIFICACION SEGUN PLAZO DE RETORNO DE INVERSION	OPORTUNIDADES DE AHORRO	AHORRO DE ENERGIA MENSUAL			AHORRO EN COSTO MENSUAL \$	% AHORRO FACT. BASICO TOTAL	INVERSION \$	PERIODO DE RECUPERACION EN MESES	
		kW DEM	kWH BASE	kWH PICO					
INMEDIATO	CORRECCION DEL SELLADO DE LA TAP CON EL CUERPO DEL HORNO 8B4	62	6,696.00	3,9432.00	7,575.03	4.25	NULA	0	
	ESTANDARIZACION DE PRODUCCION EN HORNO DE FUSION	----	2,1134.18	2,393.40	3,047.73	1.71	NULA	0	
	SELLADO DE FUGAS EN LA LINEA DE AIRE COMPRIMIDO	----	18,144.00	3,381.77	2,875.8	1.61	NULA	0	
	ESTANDARIZACION DE PRODUCCION EN HORNO DE FUSION	----	2,426.76	14,290.92	2,757.66	1.55	NULA	0	
	MEJORAR EL AISLAMIENTO DEL HORNO AJAX	23	14,818.40	2,516.40	2,656.74	1.49	NULA	0	
	AISLAMIENTO EN TAPAS DE HORNO	----	4,060.60	689.50	596.6	0.33	NULA	0	
	SUSTITUCION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO PARA EL HORNO No. 3	----	2,552.10	522.55	413.66	0.23	NULA	0	
	LIMITAR EL TAP MAXIMO PARA DISMINUIR DEMORAS POR DEMANDA	----	1,708.13	----	208.54	0.12	NULA	0	
	AUMENTAR A 2 LOS BANCOS DE CAPACITORES PERMANENTES EN TRANSFORMADOR DE MAQUINADO	----	----	----	295.29	0.17	NULA	0	
	APAGADO DE MAQUINARIA DURANTE HORARIOS DE COMIDA Y TIEMPOS MUERTOS	----	1,458.61	----	178.08	0.1	NULA	0	
	CORTO	ELIMINACION DE ILUMINACION NO INDISPENSABLE EN PLANTA	17	12,298.77	1,817.88	2,250.6	1.26	7,714.5	3.43
		MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE LA INSTALACION DE BANCOS DE CAPACITORES	----	----	----	2,137.77	1.2	34,615.2	16.19
		INSTALACION DE REFLECTORES OPTICOS Y LAMPARAS DE ALTA EFICIENCIA EN ILUMINACION FLUORESCENTE	51	14,320.00	1,689.00	3,265	1.83	98,979.43	30.32
	TRASLADAR LA SUCCION DE LOS COMPRESORES A UN LUGAR MAS FRESCO	----	1,078.00	200.34	170.65	0.1	4500	26.37	
	TOTAL	153	100,703.55	66,933.76	28,429.15	15.95	145,803.13	5.13	