

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA PLANTA  
AUTOMOTRIZ

MODALIDAD DE TITULACIÓN  
Opción VI: Por Trabajo Profesional

José Enrique González Solórzano  
No. Cuenta 0-7749532-3

Supervisor: M. I. Héctor Raúl Mejía Ramírez

Carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Área: Eléctrica y Electrónica

Nombre de la Empresa: Nissan Mexicana S. A. de C. V.

## INDICE

➤ Objetivo	3
➤ Introducción	3
➤ Capitulo 1 Características de la Carga	4
➤ Capitulo 2 Plan de Ahorro de Energía	14
➤ Capitulo 3 Diagnóstico Energético	18
➤ Capitulo 4 Implantación de Medidas de Ahorro	23
➤ Capitulo 5 Resultados	28
➤ Conclusiones	30
➤ Glosario de términos	31
➤ Anexo 1 Participación en el Premio Nacional	32
➤ Anexo 2 Tabla para Corrección del Factor de Potencia	34
➤ Anexo 3 Equipo de Medición Power Logic Serie 3000	35
➤ Anexo 4 Analizador de Redes PowerSlight PS3000	37
➤ Bibliografía	39

## **OBJETIVO**

El objetivo de éste proyecto fue el de encontrar las áreas de oportunidad para reducir el consumo de energía en el proceso de ensamble de vehículos en una Planta Automotriz.

A través del análisis detallado del consumo de energía eléctrica se sustentaron las actividades que finalmente se establecieron en el programa de ahorro de energía que se adoptó.

Finalmente, al implantar dicho programa se obtuvo el beneficio de reducir el costo de producción generado por el consumo de energía eléctrica por unidad producida.

A partir de éste proyecto, el complejo industrial ubicado en Cuernavaca, Morelos ha sido reconocido mundialmente por ser el que ha tenido y mantiene el mejor índice energético de todas las plantas de Nissan Motors.

## **INTRODUCCION**

Para el ensamble de un vehículo intervienen diversos factores en donde resalta el consumo de energía eléctrica, además, su proceso es demandante de grandes cantidades de mano de obra. Con estas dos características fácilmente se puede tener un área de oportunidad para reducir los costos de fabricación.

El complejo industrial debía trabajar fuertemente para lograr el cumplimiento de sus principales objetivos los cuales son: Calidad, el Costo y el Cumplimiento al Volumen de producción.

A pesar que el costo de la energía consumida durante el proceso de ensamble es mínimo comparada con los costos de la mano de obra o materiales (menor del 1%), pero cuando éste costo se integra a los costos de mantenimiento, dicho presupuesto cobra una gran relevancia ya que alcanza un impacto de hasta el 30%.

La reducción del costo de producción es el objetivo principal y sistemáticamente se hace imprescindible implantar acciones que conlleven a la reducción del costo de los energéticos por unidad de producción, para poder alcanzar este objetivo se requiere de contar con un plan de acciones, este es el Plan de Ahorro de Energía.

## CAPITULO 1

### CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Planta Cuernavaca tiene una capacidad de 132,000 vehículos por año. Ésta ubicada en la Ciudad del Valle de Cuernavaca (CIVAC) en Jiutepec, Morelos. Su principal actividad es el ensamble de automóviles y camiones ligeros, maquinado de partes, ensamble de motores y producción de accesorios automotrices.

Consta de 4 naves industriales en donde la Planta No. 1 se ensamblan los automóviles, la Planta No. 2 se manufactura los camiones ligeros, en la Planta No. 3 se pintan los chasis para los camiones ligeros, maquinado y ensamble de motores, y la Planta No. 4 donde se producen las defensas de plástico.

El complejo industrial tiene una alimentación por parte de CFE a una tensión de 23 KV, tarifa HM, registrando una demanda máxima de 8,073KW, un consumo promedio mensual de 3'064,629 KWH.

Cuenta con una plantilla laboral de 2,630 empleados.

En la figura 1 se muestra la vista aérea del complejo industrial en referencia.



Fig. 1 Vista aérea del complejo industrial Planta Cuernavaca

El proceso de ensamble de los automóviles de la Planta No. 1 y el proceso de ensamble de los camiones ligeros de la Planta No. 2 son idénticos. Las Plantas 3 y 4 son auxiliares a ambos procesos.

## Descripción del proceso de ensamble:

Planta Cuernavaca recibe partes en sus almacenes y son enviadas al área de carrocerías donde se realizan los sub-ensambles a través de un proceso de electro-soldadura por resistencia (punteadoras) en ésta área se conforma la carrocería del vehículo, es decir, se obtiene el cuerpo del vehículo quedando listo para el proceso de pintura.

El proceso de pintura consiste en: Limpieza de la carrocería, fosfatizado, aplicación de pintura anticorrosivo por electroforesis, aplicación de selladores, filler, esmalte y finalmente el área de retoque, una vez terminado éste proceso, la carrocería queda lista para pasar al proceso de vestidura y grupos mecánicos.

El proceso de vestidura consta del ensamble de todas las partes de vista, desde los asientos y vestiduras hasta las partes exteriores como faros, parrilla, etc.

El proceso de grupos mecánicos se ensambla los componentes tales como la suspensión, transmisión, llantas, eje trasero y motor.

El proceso final es el de línea final, donde se ejecuta la alineación de ruedas y luces y se efectúan las pruebas de ruidos, lluvia, velocidad, además de verificar la calidad del vehículo.

En la figura 2 se muestra el esquema del ensamble del vehículo.

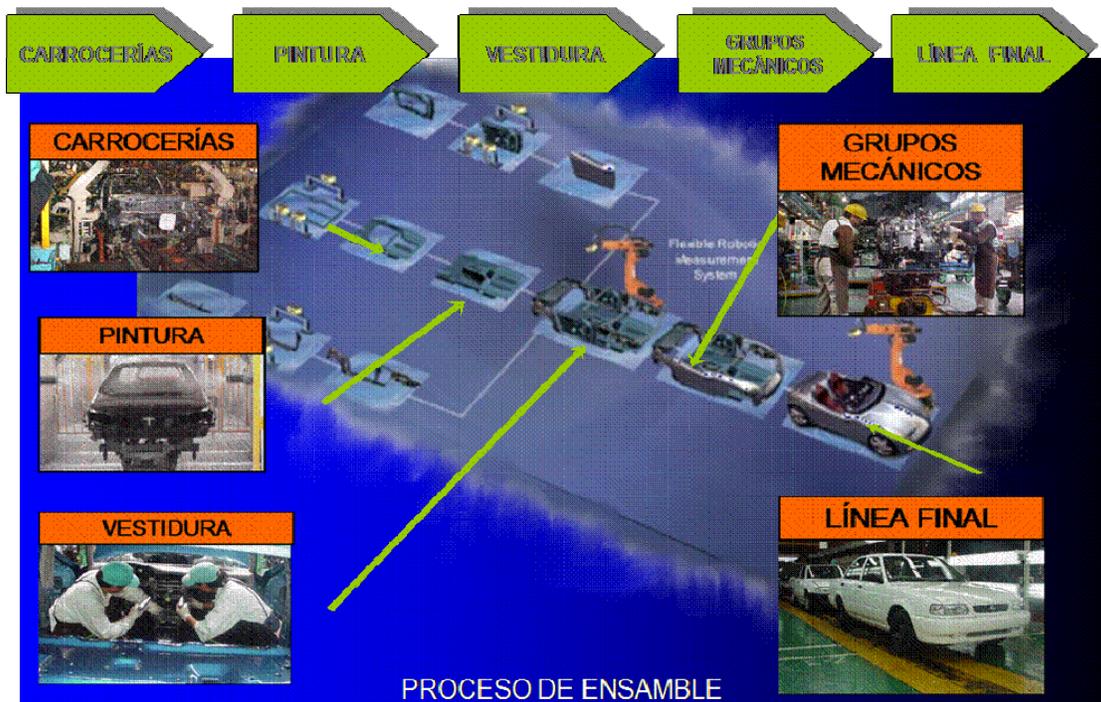


Fig. 2 Etapas del proceso de ensamble del vehículo

### Características de la Carga

La planta de ensamble es alimentada por CFE en media tensión 23KV, cuenta con una distribución interna de 23KV en dos circuitos, uno con cable aéreo (266 ACR) para alimentar las plantas 2, 3 y 4 y otro con cable aislado XLP que alimenta la planta 1. La carga total instalada es de 26.5 MVA, en donde la mayor carga eléctrica está en la Planta No. 1 con 13,250 KVA y 9 subestaciones; la Planta No. 2 tiene 8,750 KVA y 5 subestaciones; la Planta No. 3 tiene una subestación con 2,500 KVA y finalmente la Planta No. 4 con una subestación y 2000 KVA, éstas subestaciones se resumen en la tabla No. 1.

La mayoría de las subestaciones son de las siguientes características: 23,000 / 440 V, conexión delta estrella, con transformador en aceite, auto-enfriado con ventilación forzada (OA/FA), protección en lado de alta a través de fusible y en lado de baja con protección LSIG\* a través de un interruptor electromagnético según la capacidad del transformador. Solo la subestaciones identificadas como “RECT” y No. 12 cambia su voltaje a 23,000 / 220 V por las características del proceso que alimentan.

PLANTA	SUBESTACIÓN	CAPACIDAD KVA	AREA
1	1	1,500	CF 1, Carrocerías
	2	1,500	Carrocerías, Ensamble
	RECT	750	Pintura
	3	1,000	Carrocerías, Pintura
	13	2,000	Pintura
	5	2,000	Carrocerías, Pintura
	9	2,000	Carrocerías
	14	1,500	Pintura
	4	1,000	Fuera de servicio
		<b>13,250</b>	
2	10	2,500	CF2
	6	1,500	Carrocerías, Ensamble
	7	2,000	Pintura
	11	2,000	Carrocerías, Pintura
	12	750	Pintura
		<b>8,750</b>	
3	8	<b>2,500</b>	Chassis
4	15	<b>2,000</b>	Defensas
<b>Total</b>		<b>26,500</b>	

**Tabla No. 1 Distribución de la capacidad instalada por subestación**

En la figura 3 se muestra el esquema sobre el sistema de alimentación en 23 KV a las subestaciones del complejo. Asimismo, en la figura 4 se muestra la distribución de las subestaciones en las plantas del complejo.

- LSIG abreviatura de las protecciones eléctricas del interruptor electromagnético: disparo largo, corto, instantáneo y falla a tierra (Long-Short-Instant-Ground)

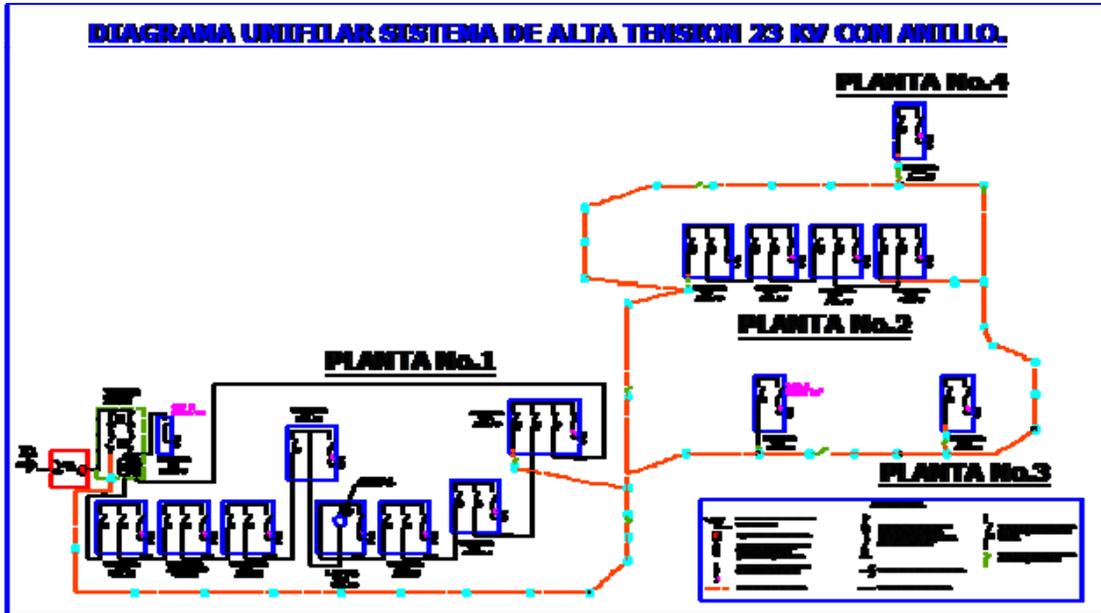


Fig. 3 Esquema general de subestaciones por planta de manufactura

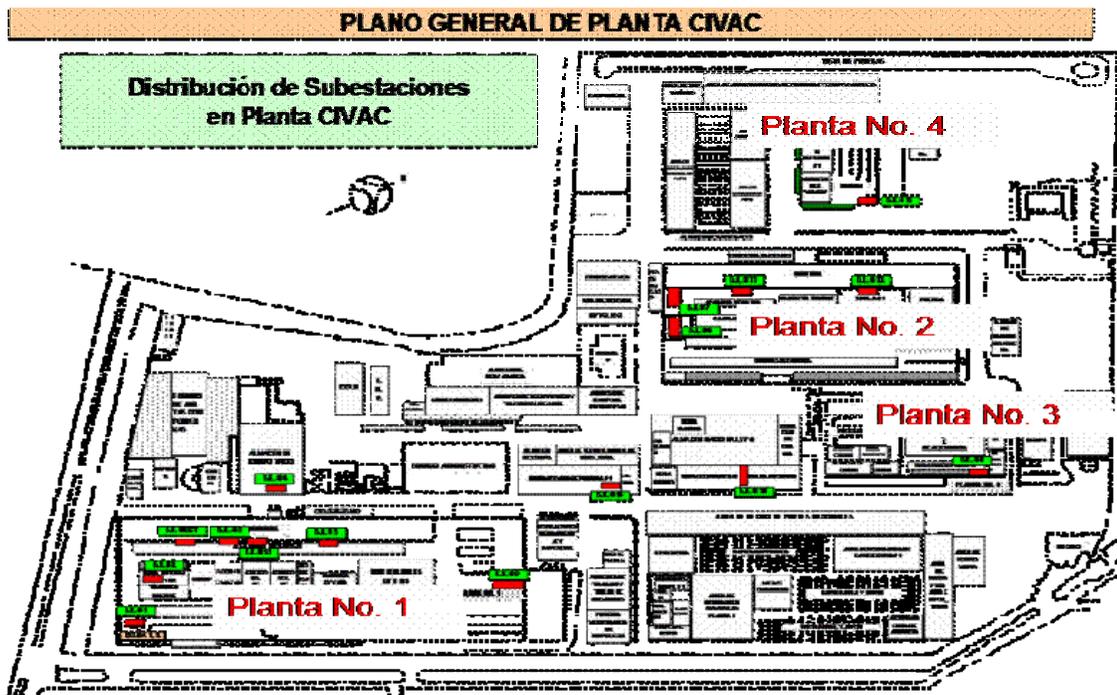


Fig. 4 Ubicación de plantas de manufactura en el Complejo Cuernavaca

## COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA

El comportamiento del consumo de energía eléctrica esta dividido en variable y fijo, representado en el gráfico 1, donde el consumo variable depende de la operación de ensamble y el consumo fijo es aquel que con o sin la operación de ensamble siempre existe, principalmente consiste en operación de compresores de aire y sistemas de bombeo los cuales deben de operar las 24 horas para evitar problemas de calidad o daño en las características de los procesos.

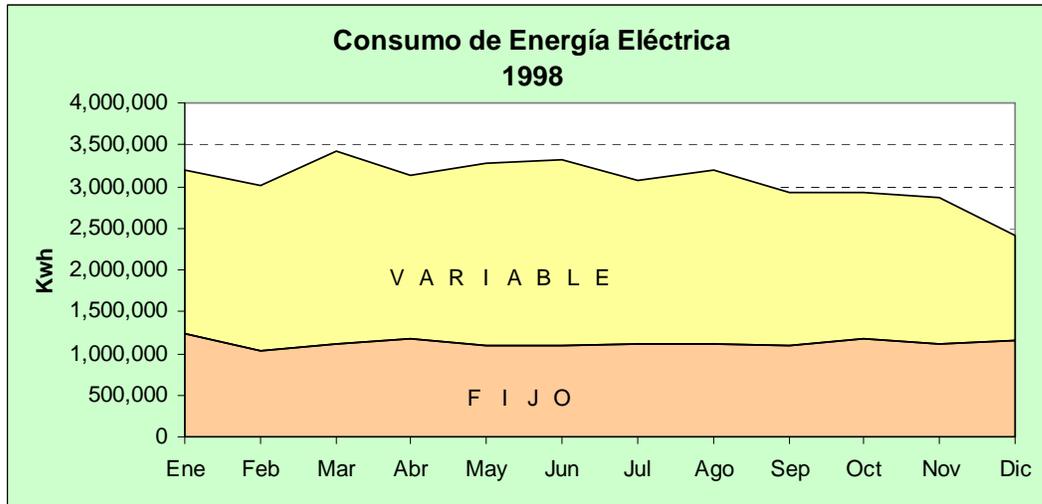


Gráfico 1 Comportamiento del consumo variable y fijo

El factor de carga es de 42%, con una demanda base de 6,822 KW, demanda intermedia de 8,072 KW y una demanda punta de 7858 KW obteniendo un comportamiento de la demanda de facturación es como se observa en el grafico 1A.

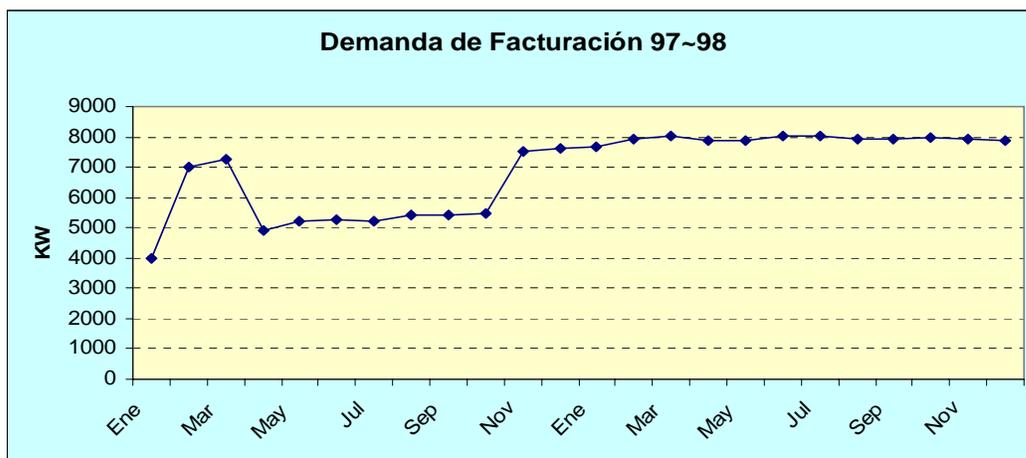


Gráfico 1A Comportamiento de la demanda de facturación 97~98

Así mismo, el consumo de energía según el periodo de facturación de CFE se compone en: Base, Intermedia y Punta. Por la distribución de los horarios de producción (7:00 a 24:00 hrs.) el mayor consumo se efectúa en el periodo Intermedio, ver gráfico 2.

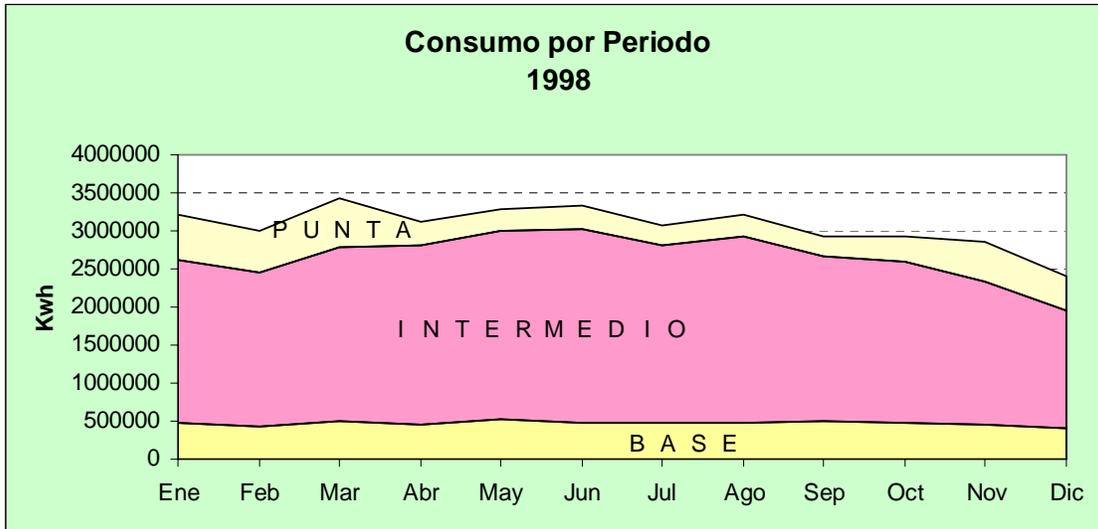


Gráfico 2 Comportamiento del consumo según periodos de facturación

Tomando como base la distribución de las subestaciones que tiene el complejo industrial (Tabla 1 de la página 6) en donde dichas subestaciones alimentan a los diversos procesos, se obtiene el consumo de energía eléctrica por cada planta del complejo tal como se muestra en el gráfico 3, el mayor consumo es en el proceso de ensamble de vehículos con 32%, Planta No. 1, seguido del proceso de ensamble de camiones ligeros (27%), Planta No.2, y en tercer lugar el consumo que generan las Casas de Fuerza con 19%, donde se genera el aire comprimido).

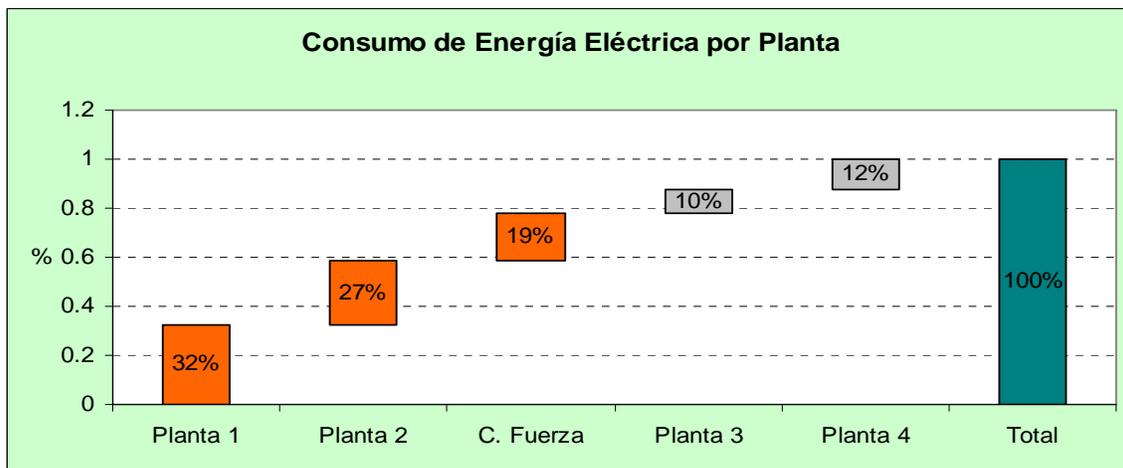


Gráfico 3 Consumo de energía eléctrica por etapa del proceso

Estratificando el consumo de las plantas, se obtuvo el consumo de energía eléctrica de las etapas de cada proceso de ensamble (vehículos y los camiones ligeros), la mayor carga se presentaba en las áreas de pintura tal como se representa en el gráfico 4.

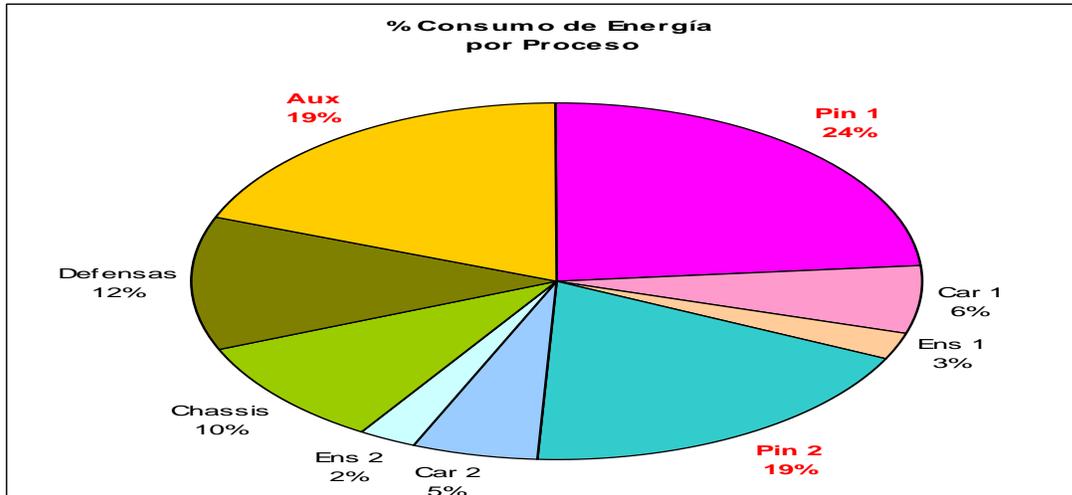


Gráfico 4 Consumo de energía por etapa del proceso y planta de manufactura

Las áreas de pintura son la que generan mayor impacto en el consumo de energía eléctrica debido a la gran cantidad de motores trifásicos que tiene instalados y cuya capacidad oscila entre 1 y 150 HP, estos motores son usados principalmente para el tratamiento de aire (húmedo y caliente) que se utiliza en el proceso de pintura así como en equipos de bombeo de agua utilizados en los pre-tratamientos de limpieza de los vehículos.

Las Casas de Fuerza también tienen alto consumo debido a que existen compresores de aire comprimido con motores trifásicos cuya capacidad oscila entre 200 ~ 450 HP. El aire comprimido es utilizado en el proceso de ensamble de las plantas 1 y 2 donde es el principal fluido que se usa por las herramientas neumáticas.

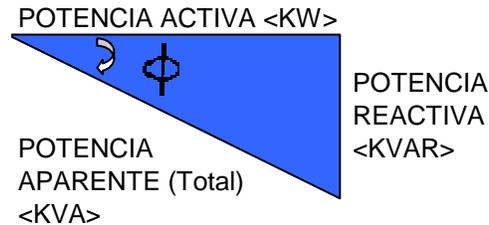
En las áreas de carrocerías principalmente se tienen una gran cantidad de punteadoras bifásicas para hacer la operación de soldadura por resistencia, cada “punto de soldadura” se genera en 2~4 ciclos con una corriente muy alta. Para el consumo de energía eléctrica su aportación es poca comparada con las áreas de pintura.

En resumen, las principales cargas del complejo son motores trifásicos (70%), equipos de soldadura por resistencia (27%) y los equipos de alumbrados principalmente compuestos por lámparas fluorescentes (3%).

## Factor de potencia

Debido a los equipos eléctricos inductivos que se tienen instalados en el complejo, la corriente se retrasa con el voltaje 90°, se requiere de revisar el comportamiento del factor de potencia.

A partir del triangulo de potencia, obtenemos que:



Los equipos consumen potencia activa la cual es la que realmente realiza el trabajo y es medida en KW

$$\cos \phi = \text{FACTOR DE POTENCIA} = \frac{\text{POTENCIA ACTIVA}}{\sqrt{(\text{POTENCIA ACTIVA})^2 + (\text{POTENCIA REACTIVA})^2}}$$

### Problemas de un bajo Factor de Potencia

Una carga que consume la mayor potencia reactiva y el factor de potencia más bajo es el peor fenómeno eléctrico que puede suceder en una instalación industrial.

Para una potencia consumida constante, el factor de potencia más bajo, la potencia aparente será más alta y así también más alta la cantidad de corriente de la red.

Los principales problemas de un bajo factor de potencia son:

Para el usuario:

- Aumenta las pérdidas por efecto joule (calentamiento en cables y equipos)
- Aumenta la caída de voltaje que reduce la potencia de salida de las cargas
- Reduce la capacidad de los transformadores

Para los suministradores:

- Reduce la capacidad de las instalaciones de generación
- Requiere incrementar capacidad (cables y transformadores) para abastecer al usuario

Para compensar un bajo factor de potencia se tiene que generar potencia reactiva la cual es proporcionada por los capacitores\*.

\*Capacitor: Dispositivo eléctrico que sirve para compensar el factor de potencia atrasado.

Para determinar la capacidad del capacitor se puede hacer por cálculos simples (triángulo de potencia) o a través de tablas o nomogramas disponibles en el mercado.

Los capacitores para compensar el factor de potencia pueden ser instalados en varios puntos de la red de distribución de una planta. Hay cuatro tipos de instalaciones:

- Compensación individual
- Compensación en grupo
- Compensación central
- Compensación combinada

Planta Cuernavaca cuenta con banco de capacitores para la compensación del factor de potencia instalados en forma individual en cargas inductivas grandes (mayor a 150 HP), compensación en grupo en los Centros de Control de motores cuya capacidad total es mayor a los 300HP y la compensación central (subestaciones de distribución).

Los principales puntos que hay que cuidar son: las áreas de pintura (por su gran cantidad de motores), las casas de fuerza (por tener los motores de mayor capacidad) y las áreas de carrocerías por su gran cantidad de soldadoras por resistencia.

En la tabla 2 se indican las capacidades de los bancos de capacitores para compensar el factor de potencia instalados en forma centralizada en cada subestación.

Año 1998					
PLANTA	SUBESTACIÓN	CAPACIDAD KVA	AREA	CAPACITORES KVAR	
				MANUALES	AUTOMATICOS
1	1	1500	CF 1, Carrocerías	160	0
	2	1500	Carrocerías, Ensamble	80	0
	RECT	750	Pintura	0	0
	3	1000	Carrocerías, Pintura	160	0
	13	2000	Pintura	440	240
	5	2000	Carrocerías, Pintura	280	0
	9	2000	Carrocerías	200	0
	14	1500	Pintura	200	0
	4	1000	Fuera de servicio	0	0
	10	2500	CF2	240	0
2	6	1500	Carrocerías, Ensamble	200	0
	7	2000	Pintura	240	280
	11	2000	Carrocerías, Pintura	400	0
	12	750	Pintura	0	0
	8	2500	Chassis	80	240
3	8	2500	Chassis	80	240
4	15	2000	Defensas	200	0
<b>Total</b>				<b>2880</b>	<b>760</b>

Tabal 2 Tabla de Capacitares instalados en forma centralizada (subestaciones)

Debido a la instalación de bancos de capacitores se logro mantener el factor de potencia mayor a 0.92, ver gráfico 5, por lo que se obtuvo una bonificación económica de \$131,950 en el año 1998 representada en forma mensual en el gráfico 7.

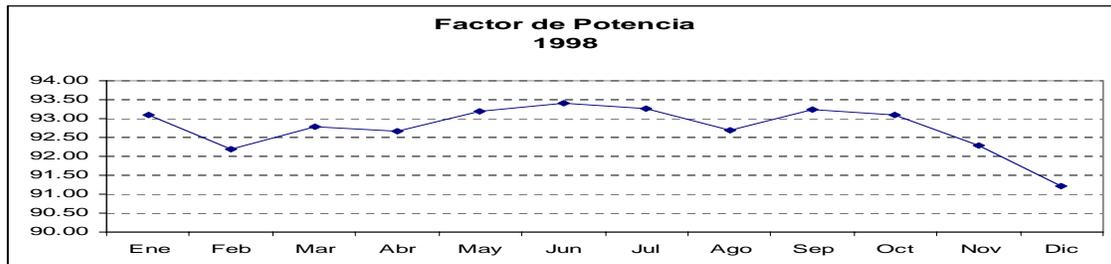


Gráfico 5 Factor de Potencia registrado en la facturación de la energía (1998)

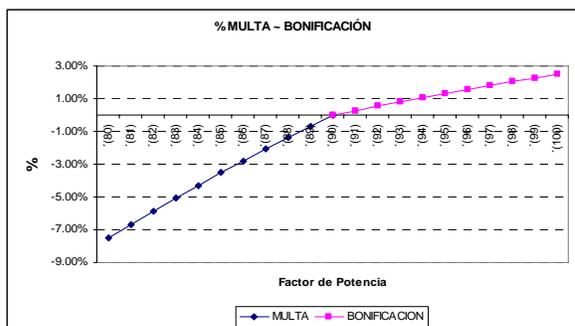


Gráfico 6

Porcentaje de Bonificación/Cargo

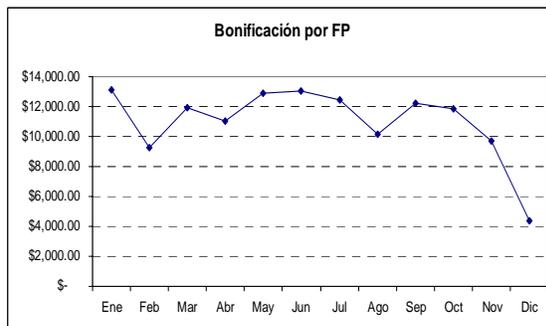


Gráfico 7

Bonificación económica por FP > 0.90

La CFE requiere que el factor de potencia sea tan aproximado a 1.0 como le sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 0.90 atrasado, se tendrá que pagar un porcentaje de recargo del monto de la facturación tal como está establecido en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 0.90, se obtendrá una bonificación que resulta de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la formula que también se señala.

**Fórmula de Recargo:**

Porcentaje de Recargo =  $3/5 \times ((90 / FP) - 1) \times 100$       FP menor que 90% \*

**Fórmula de Bonificación:**

Porcentaje de Bonificación =  $1/4 \times (1 - (90 / FP)) \times 100$       FP mayor o igual a 90%\*

Donde **FP** es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120% (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5% (dos punto cinco por ciento).

\*Formula de recargo y bonificación son establecidas en la forma de cobro de CFE y establecida en el DOF.

## CAPITULO 2

### PLAN DE AHORRO DE ENERGÍA

El costo derivado por la facturación del consumo de energía eléctrica se incrementaba constantemente. El incremento del año 96 al año 97 fue de 34.6%, fue necesario analizar y establecer actividades para atenuar la afectación al costo por unidad producida, la única forma de lograrlo era implantar actividades que ayudaran a reducir el consumo de energía eléctrica, ver gráfico 8.

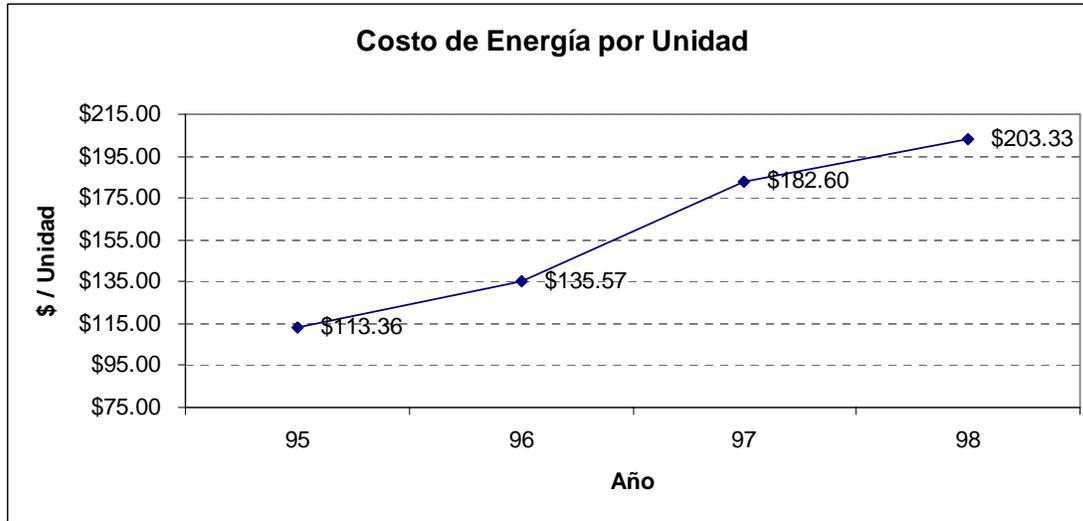


Gráfico 8 Costo de la energía eléctrica por unidad producida Planta Civac (95~98)

Se inicio obteniendo un benchmark, representado en el gráfico 9, del índice energético de consumo de energía por unidad producida con otras filiales de la compañía.

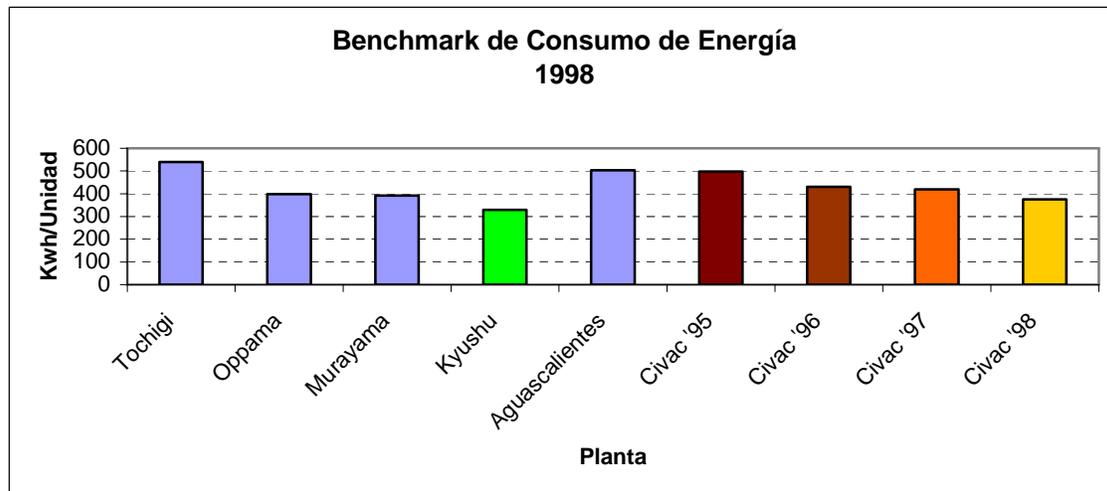


Gráfico 9 Índice energético de plantas industriales de Nissan (Benchmark)

Los objetivos de ahorro se establecieron en base a la experiencia de ingenieros que contaban con la mayor experiencia en los diferentes procesos de la planta, pero aún se requería de un mayor esfuerzo para alcanzar a la planta de Kyushu en Japón, el consumo por unidad que se tenía era de 402 KWH/Unidad producida y el índice energético de la Planta Kyushu era de 312 KWH/Unidad, nuestro reto era reducir más de 90 KWH/Unidad.

Se definió iniciar las actividades del programa de ahorro de energía partiendo de condiciones básicas, es decir, buscando las malas prácticas que se tenían en el uso de la energía eléctrica. Las etapas con las que se inició el programa fueron:

- Eliminar los desperdicios
- Establecer el estándar de consumo de los diferentes procesos.
- Respetar los estándares de consumos de los procesos
- Mejorar los estándares de consumo de los procesos

En la 1ª etapa, eliminar los desperdicios, se establecieron 5 actividades específicas:

- Cancelar lo innecesario
- Respetar los horarios de producción
- Parar equipos no requeridos por Producción
- Reparar equipos fuera de norma de operación
- Eliminar equipos

En la 2ª etapa, Establecer el Estándar, se definieron las actividades de:

- Medición de las condiciones actuales
- Obtención de la eficiencia del equipo
- Comparación con estándares internaciones

En la 3ª etapa, Respetar el Estándar, las actividades fueron:

- Difusión de los estándares del proceso
- Revisión periódica de las condiciones de operación
- Evaluación del cumplimiento del estándar del proceso

En la 4ª etapa, Mejorar el Estándar, las actividades fueron:

- Análisis de las condiciones de operación
- Propuestas de mejora de ahorro
- Evaluación de las mejoras de ahorro
- Aprobación de las mejoras de ahorro

Además de estructurar el programa de energía por las etapas previamente descritas, se establecieron las actividades de cada etapa en básicas, generales y especiales.

Las actividades básicas fueron:

- Control de la Demanda (Punta, Intermedia y Base)
- Control del Factor de Potencia
- Control de alumbrado en horarios no productivos
- Paro y arranque de equipos por producción (solo horario productivo)
- Corrección de fugas de aire comprimido

Las actividades generales fueron:

- Capacitación a operadores de producción
- Facilitar el encendido y apagado de equipos
- Capacitación a auditores de ahorro de energía
- Ejecución de auditorías diarias a la medidas establecidas de ahorro
- Seguimiento al cumplimiento de los responsables de las “tareas” de las auditorías

Las actividades especiales fueron:

- Capacitación especializada a los ingenieros de procesos
- Desarrollo de nuevas tecnologías y sistemas de trabajo
- Renovación de equipo por equipos de alta eficiencia
- Modificación de procesos

### **Perfil de la Demanda**

Se analizó el comportamiento del perfil de la demanda de un día productivo, ver gráfico 10, aquí se detectaron 5 tipos de ahorro que podrían ser las principales áreas de oportunidad para reducir el consumo de energía eléctrica:

Tipo A: Este consumo es el generado por los equipos que deben de operar las 24 horas, principalmente son equipos de bombeo para agitación de pinturas, torres de enfriamiento y compresores de aire. Se le considera consumo fijo ya que no depende del volumen de producción, las oportunidades detectadas sería las de mayor impacto. El consumo estimado en 24 hrs. era de 45,000 KWH y la demanda de 1,900 KW.

Tipo B: Es el consumo generado por los equipos requeridos para producción en dos turnos, de 7:00 a 16:00 hrs. y de 16:00 a 0:30 hrs. Las oportunidades detectadas en ésta zona también serían de gran impacto. El consumo estimado por el tiempo de producción era de 108,500 KWH y una demanda de 6,200 KW.

Tipo C: Consumo generado por los preparativos para la producción así como los tiempos de postproducción. Los tiempos considerados en esta zona son los requeridos para el



## **CAPÍTULO 3**

### **DIAGNÓSTICO ENÉRGETICO**

#### **Objetivo General**

Determinar las condiciones eléctricas de la carga.  
Consolidar las medidas de ahorro estimadas en el programa de ahorro de energía.  
Capacitar a los ingenieros de proceso para realizar futuros diagnósticos energéticos.

#### **Antecedentes**

Conforme se avanzaba en la detección de oportunidades de ahorro se fue investigando las mejores prácticas enfocadas principalmente al uso de la energía eléctrica en los procesos productivos, pero faltaba el análisis específico del consumo de energía de los equipos por lo que se procedió a ejecutar un diagnóstico energético de 2º nivel, el cual se desarrollo en 12 semanas.

#### **Etapas del diagnóstico energético**

- Recopilación de información documental
- Medición de variables eléctricas
- Levantamiento físico instalaciones eléctricas
- Análisis de la información
- Aplicaciones de software comercial (Power Logic, SquareD)
- Análisis de resultados
- Recomendaciones
- Conclusiones

#### **Alcance del diagnóstico energético**

A partir del historial de consumo por planta de manufactura y áreas del proceso, se determinó hacer el diagnóstico energético solo en las áreas de mayor consumo las cuales fueron:

Proceso de Pintura P1 (24%)  
Proceso de Pintura P2 (19%)  
Las Casas de Fuerzas 1 y 2 (19%)

El consumo eléctrico de éstas tres áreas contribuyen a un 62 % en el consumo eléctrico total del complejo industrial, además, las conclusiones se podían extender al resto de las áreas y así incrementar el beneficio del diagnóstico, ver gráfico 11.

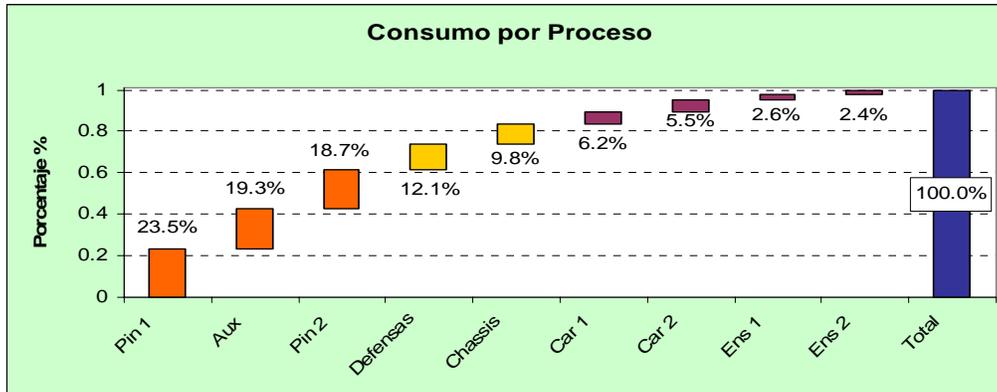


Gráfico 11 Aportación por proceso al consumo total de energía

### Principales actividades del diagnóstico:

1. Se elaboraron balances de energía en los principales equipos y sistemas de Planta Cívic.
2. Se determinó el grado de eficiencia de la utilización de la energía eléctrica de los equipos de mayor consumo.
3. Se obtuvieron los principales indicadores energéticos: consumos y demandas, factor de carga y potencia, consumos por unidad ensamblada y comparar éstos con parámetros nacionales e internacionales (benchmarking).
4. Se identificaron las áreas de oportunidad de ahorro de energía eléctrica.
5. Calcularon los ahorros potenciales de energía eléctrica.
6. Especificaron las medidas de ahorro de energía eléctrica a implantarse.

### Equipo de medición

Para la medición de los parámetros eléctricos se utilizó:

Analizador de energía marca PowerSight modelo PS3000.

Circuit Monitor Power Logic Serie 3000

Software comercial de Power Logic (Square D) de aplicación a redes eléctricas

### Metodología

Las mediciones se realizaron en los puntos estratégicos del sistema eléctrico del complejo. Se inició midiendo en la acometida del suministro eléctrico para verificar las condiciones de la entrega de CFE, posteriormente se midió en la salida de los alimentadores generales de baja tensión que alimentaban a los procesos seleccionados, se continuó midiendo en los centros de control de motores con mayor carga eléctrica y finalmente se midió en los equipos de mayor capacidad.

En la siguiente figura se muestra el arreglo típico de la instalación eléctrica del complejo así como los puntos donde se realizaron las mediciones

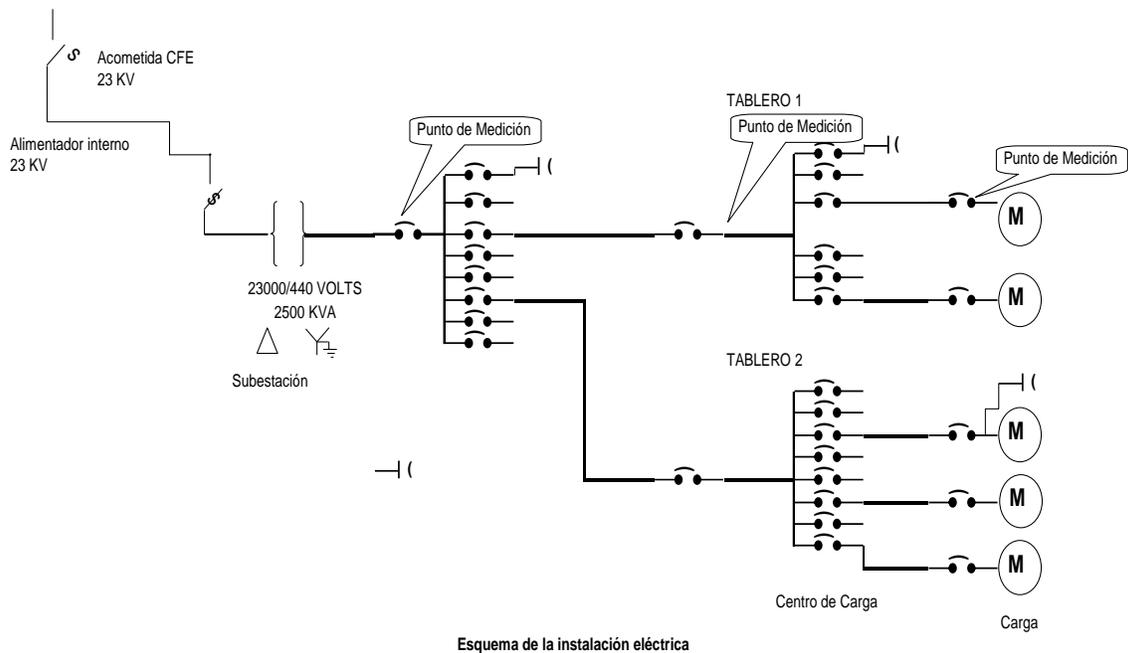


Fig. 5 Esquema de la instalación eléctrica y zonas de medición para el diagnóstico energético

### Resultados de las mediciones

Las mediciones se efectuaron en tres puntos: En el tablero central de las subestaciones, en el centro de control de motores y en la carga. El equipo utilizado midió y reportaba cada 10 minutos las lecturas en un periodo de 24 horas, ver figura 5. El resumen de las mediciones del consumo de energía y demanda se muestran en la tabla 4:

#### Diagnostico Energético

#### Resultado de Mediciones Eléctricas

Area	Demanda KW	Consumo Kwh/mes	Indice Energético Kwh/Unidad
Pintura P1	1,642	913,272	77.0
Pintura P2	1,277	664,198	56.0
Casa de Fuerza 1	392	244,704	21.0
Casa de Fuerza 2	425	235,965	20.0
Iluminación	0	13,109	1.1
Resto (Estimado)	4,327	993,377	194.0
<b>TOTAL</b>	<b>8,063</b>	<b>3,064,625</b>	<b>369.1</b>

Tabla 4 Resultado de las mediciones del diagnóstico energético

Las áreas incluidas en las mediciones correspondieron a las áreas de mayor consumo de energía eléctrica de la planta.

## Áreas de Oportunidad encontradas

De las mediciones realizadas durante el diagnóstico y del análisis de los diversos procesos de la planta, se detectaron áreas con potencial de ahorros de energía interesantes, las cuales se resumen en:

1. Sistemas de bombeo. Se detectó equipo sobredimensionado en los procesos de pintura, por lo general, eran motores instalados sin un previo análisis de ingeniería, es decir, para controlar el flujo o la presión del fluido regulaban las válvulas del sistema.
2. Operación de equipos. Se detectaron dispendios de energía al operar equipos sin ser necesarios para el proceso. También durante los tiempos de descanso dichos equipos continuaban en operación debiendo estar apagados.
3. Monitoreo de la energía. Se tenía el equipo instalado en la subestación principal, pero éste no era analizado y solo se registraba para ser archivado, es decir, no se le daba ningún uso a la información.
4. Control de demanda de los pozos de agua. Se detectó una mejora en la forma de operar los pozos, éstos alimentan unos tanques de almacenamientos con capacidad de 2000 metros cúbicos y operaban en base a un control de nivel y ésta operación coincidía en el horario punta. Se podían dejar sin operar durante el horario punta sin afectar el abasto de agua al complejo.
5. Sistema de aire comprimido. Se encontró con fugas importantes debido a falta de mantenimiento de la red interna, además de no contar con revisiones ni programas preventivos de corrección de fugas, faltaba involucramiento del personal operativo en la detección de las anomalías para ser corregidas por el departamento de mantenimiento.
6. Sensibilización del personal. Se detectaron desperdicios de energía provenientes de malos hábitos de los operadores.
7. Operación de torres de enfriamiento. Se detectó que los ventiladores de las torres de enfriamiento operaban aún sin tener carga térmica, no contaban con control de temperatura.
8. Sistemas de iluminación. No contaban con facilidades para poder controlar las lámparas y equipos fuera de los horarios de producción, tampoco contaban con procedimientos para ello.

Los ahorros estimados se muestran en la siguiente tabla 4A.

Medida	Ahorros Estimados	
	Kw	Kwh/Año
Sistemas de Bombeo	250.0	1,041,250
Control de Operación de Equipo	0.0	312,375
Sistemas de Monitoreo de Energía	150.0	624,750
Control de Operación de Pozos	125.0	0
Sistemas de Aire Comprimido	100.0	416,500
Concientización	50.0	208,250
Control operación T. de Enfriamiento	0.0	83,300
Procedimientos de Operación de Equipos	50.0	208,250
<b>TOTAL</b>	<b>725.0</b>	<b>2,894,675</b>

**Tabla 4A. Ahorros estimados en el diagnóstico energético**

### **Conclusión del Diagnóstico Energético**

Con el desarrollo del diagnóstico energético se encontraron equipos y procesos que operaban con baja eficiencia. La principal área de oportunidad que se detectó fueron los motores eléctricos ya que para controlar los flujos y/o presiones de los procesos lo hacían a través de estrangular válvulas generando que los motores operaran a mayor capacidad que la que se ocupaba.

El diagnóstico energético también desarrolló habilidades técnicas en los ingenieros de proceso al forzarlos a conocer los detalles técnicos de cada parte del proceso que tiene a su cargo

Asimismo, fortaleció las actividades del programa de ahorro de energía al demostrar técnicamente las áreas de oportunidad de ahorro así como el evidenciar equipos y algunos procesos con baja eficiencia.

El diagnóstico energético dio como resultado que podíamos ahorrar un 7.9% en el consumo de energía eléctrica.

Finalmente el diagnóstico energético fue un factor clave para la justificación técnica económica para la inversión en equipos.



## CAPITULO 4

### IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Una vez concluido el diagnóstico energético, se evaluó la factibilidad de la implantación de las medidas recomendadas para reducir el consumo de energía eléctrica de tal forma que se tuviera la mayor rentabilidad así como la facilidad de ejecución para no afectar la continuidad de la operación del complejo industrial.

Para la sustitución de equipo se hizo un plan de inversión definiendo nuevos procedimientos, se creó la partida presupuestal denominada “Ambiental” la cual incluía las acciones de ahorro de energía. Anteriormente para obtener el presupuesto de inversión para renovar equipos e instalaciones por el concepto de reducción del consumo eléctrico se tenía que tener un retorno de la inversión más alto que el resto de las inversiones para el mejoramiento de Calidad y incremento de Productividad, ésta condición prácticamente era imposible ya que las inversiones para la calidad o la productividad tenían un retorno menor de 1 año mientras que las inversiones de ahorro o ambiente tenían retorno de inversión mayores a 5 años.

De las recomendaciones efectuadas en el diagnóstico energético se evaluó su factibilidad en base a las necesidades y prioridades de inversión de tal forma que se obtuviera el incremento de productividad esperado, las acciones quedaron como lo indica la tabla 5 siguiente:

**Diagnostico Energético**  
**Resumen de Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica**

Medida	Ahorros				Inversión	Recuperación
	Kw	Kwh/Año	\$/Año	% Ahorro Vs Facturación	\$	Años
Sistemas de Bombeo	199.3	999,396.00	\$ 211,788.00	3.33	\$ 193,717.45	0.91
Control de Operación de Equipo	0.0	204,048.00	\$ 30,505.20	3.73	\$ 21,588.04	0.71
Sistemas de Monitoreo de Energía	74.0	611,196.00	\$ 114,537.24	1.8	\$ 167,025.40	1.46
Control de Operación de Pozos	143.1	0.00	\$ 44,760.72	0.69	\$ 5,286.00	0.12
Sistemas de Aire Comprimido	0.0	130,884.00	\$ 18,716.64	0.31	\$ -	0
Concientización	31.7	244,752.00	\$ 46,512.84	0.73	\$ -	0
Control operación T. de Enfriamiento	0.0	70,680.00	\$ 10,560.00	0.18	\$ 13,880.00	1.31
Procedimientos de Operación de Equipos	47.6	354,060.00	\$ 67,831.32	1.06	\$ -	0
<b>TOTAL</b>	<b>495.7</b>	<b>2,615,016.00</b>	<b>\$ 545,211.96</b>	<b>11.83</b>	<b>\$ 401,496.89</b>	<b>0.74</b>

Tabla 5 Resumen de las medidas de ahorro con alta factibilidad de ejecución

## Acciones Correctivas Implantadas

A partir de las mediciones realizadas y del análisis de los diversos procesos de la planta, se detectaron áreas con potencial de ahorro de energía las cuales fueron:

1. **Optimización de Sistemas de Bombeo.** En los procesos de fosfatizado de las plantas 1 y 2 se encontraron equipos sobredimensionados por condiciones del diseño original, a través de la reingeniería se actualizaron normas de proceso y se definió el nuevo cálculo del equipo. El total de bombas que fueron sustituidas sumaron 11 y los ahorros obtenidos fueron en consumo de energía eléctrica de 83,283 KWh/mes y una disminución en la demanda facturable de 199.33 KW.
2. **Control en la Operación de los Equipos.** Durante el diagnóstico se detectaron desperdicio en la forma de trabajar los equipos, durante los paros de producción programados los equipos continuaban su operación, esta condición representó un ahorro de 17,004 Kwh/mes debido a que se instalaron dispositivos electrónicos para controlar el arranque y paro automático cuando no eran requerido por producción.
3. **Sistema de Monitoreo Integral de la Energía.** Se adquirió un equipo para el monitoreo de la energía en tiempo real en las subestaciones con mayor consumo de energía de la Planta Cuernavaca, esta información era procesada en una computadora central lo que permitió conocer el comportamiento del consumo de los diferentes procesos de la Planta y así determinar las acciones correctivas cuando había desviaciones en lo establecido en el control de la energía. Los ahorros obtenidos en el consumo y la demanda fueron 50,933 KWh/mes y 74 KW respectivamente.
4. **Control de demanda en Pozos de Agua.** Se tiene 2 bombas de pozo profundo de 100 HP cada una, el arranque y paro automático era a base de un control de nivel y se instaló adicional al control existente un temporizador para evitar que trabajen en el horario punta. El ahorro fue de 143.1 KW de demanda punta.
5. **Sistemas de aire Comprimido.** Las casas de fuerza 1 y 2 suministran aire comprimido a todo el complejo, durante el diagnóstico se detectaron problemas en el mantenimiento de las instalaciones debido a una gran cantidad de fugas de aire, se mejoró el programa de mantenimiento y se involucro al personal productivo para reportar y dar seguimiento a la corrección de las fugas de aire de los equipos productivos, el ahorro que se estimó fue de 10,907 KWh/mes el cual se reflejó en la disminución de la operación de un compresor de 300HP de capacidad.
6. **Campaña de Sensibilización a todo el personal operativo.** Durante la etapa de diagnóstico se detectaron derroches de energía por malos hábitos en la utilización de algunos equipos, tal fue el caso de la iluminación y operación inútil de equipos. La medida de ahorro de energía consistió en la implantación de una campaña interna de sensibilización en todo el complejo automotriz, la cual se basó en difusión

de mejores prácticas de uso de la energía así como etiquetas adhesivas indicando el responsable de la operación, el horario y la persona que debía autorizar dicha operación. El ahorro logrado fue de 20,396 KWh/mes y 31.7 Kw de demanda.

7. **Control en la Operación de Ventiladores de Torres de Enfriamiento.** Se cuentan con dos torres de enfriamiento las cuales operaban en forma permanente si requerirlo ya que en los periodos no productivos la carga térmica se reducía considerablemente. La medida de ahorro consistió en la instalación de un sistema de control por temperatura del agua de tal forma que ahora los ventiladores solo trabajan cuando la carga térmica es alta. El ahorro obtenido fue de 5,890 Kwh/mes.
8. **Procedimiento de Operación de Equipos.** Como medida para evitar que se quedara operando el equipo en forma innecesaria se realizó un procedimiento para la operación de equipo mayor fuera de los horarios de producción, principalmente dirigido a pruebas de equipo después de un mantenimiento. Con esta medida se obtuvo un ahorro de 29,505 Kwh/mes y una reducción en la demanda de 47.6 Kw.

Otras acciones realizadas:

### **Acciones para reducir el consumo y la demanda**

Control del factor de potencia.

- Se instalaron bancos de capacitores conectados directamente al arrancador de motores con capacidad mayor a 100 HP.
- Se adoptaron mejores prácticas de mantenimiento preventivo a cada banco de capacitores donde destacó la actividad de:
  - 1). Prevenir el deterioro a través de las acciones de limpieza, lubricación y apriete de tornillería.
  - 2). Medir el deterioro usando equipo de medición y registrando su historial y finalmente
  - 3). Recuperar el deterioro el cual consistía en renovar partes que habían concluido su vida útil.

Modificaciones en el sistema de alumbrado.

- Se llevaron a cabo rondines para detectar malas prácticas de uso de energía eléctrica.
- Se dieron facilidades para encender y apagar el alumbrado.
- Se automatizó el encendido y apagado del alumbrado a través de fotoceldas, controladores de tiempo y sensores de presencia.
- Se realizó el estudio y análisis de niveles de iluminación.
- Se identificaron los centros de control de alumbrado: circuitos, horarios, responsable con el fin de apagar los equipos sin uso

Detección y evaluación de desperdicios.

- Se cambió la forma de operar los compresores de aire comprimido ya que las 24 horas del día se mantenía una presión de 6.0 Kg/cm<sup>2</sup> y solo se requería dicha presión para los horarios productivos. Se redujo la presión a 4.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

Registro sistematizado del comportamiento del consumo y demanda de la energía eléctrica.

Análisis diario y mensual del consumo y demanda de energía eléctrica.

### **Sistemas operativos y organizacionales.**

Mejora de Procesos.

- Automatización de extractores de humos de escape utilizados durante la prueba de velocidad de la unidades producidas, antes se operaban en forma continúa, después solo operaban durante la prueba.
- Paro programado del proceso de fosfatizado durante el horario punta, el proceso de pintura se tienen zonas de acumulación de unidades para prever los paros cortos, ésta zona tiene capacidad suficiente para absorber el tiempo del horario punta sin afectar al siguiente proceso.
- Solución a los problemas de calidad a través de la metodología del Qc Story (PDCA)\* ya que los defectos en el área de pintura afectan a toda la unidad teniendo que reprocesarla completamente.
- Automatización de extractores de techo a través de temporizadores.
- Incremento de eficiencia en la operación de equipos de enfriamiento. Se tenía una torre de enfriamiento y un chiller para obtener agua fría para la operación de un compresor y un sistema de pintura respectivamente, al revisar las cargas térmicas se plantea usar un solo equipo para ambos, debido a que la carga térmica analizada era muy baja se optó por operar solo la torre de enfriamiento para el compresor y el sistema de enfriamiento.
- Modificación de turnos de trabajo para evitar el horario punta.
- Paro de equipo, durante el balance de energía realizado en los hornos de secado se detecta que cada línea de horneado tenía 4 cámaras de combustión para operar a plena capacidad de producción y la planta Cuernavaca operaba al 80% de su capacidad, se paró una cámara de combustión por cada línea de horneado.
- Reducción de tiempo de operación. También fue detectado que en la prueba del equipo contra-incendio, bomba de 125 HP, se operaba diariamente por 5 minutos, se revisó la normatividad respectiva y se encontró que solo era necesario operarlo 10 minutos cada semana.

\*Metodología para solucionar problemas a través de hacer girar el círculo PDCA (Plan, Do, Check, Action) del Dr Deming.

- Prácticas de mantenimiento. Se estableció un programa de alineación de equipos (acoplamientos) con motores de una capacidad mayor de 75 HP, antes se realizaba en forma empírica en base a la experiencia del operador, después se alineaba a través de un equipo computarizado, se detectaron ahorros de hasta el 3% en el consumo de energía eléctrica.
- Acercar las partes a un lado de la línea de ensamble. Se tenía un almacén de 4,000 m<sup>2</sup> con partes para el ensamble del vehículo, en 2º turno se requería de iluminación, se ejecutó una mejora al abastecer las partes JIT (justo a tiempo) en el punto requerido, con ésta acción se eliminó la necesidad de contar con el almacén.

### **Nuevas tecnologías**

- Instalación de equipo de medición marca Power Logic (Schneider Electric, Square D).
- Instalación de un software comercial de control centralizado (Power Logic).
- Cambió de intercambiador de la línea de Fosfato P2. Anteriormente se tenía un intercambiador para calentar una solución, el intercambiador era del tipo doble tubo el cual requería de 2 horas para calentar la solución, se cambio a un intercambiador de placas el cual solo requiere de 0.5 horas para hacer la misma función que el anterior. Con ello se logró un ahorro en tiempo de operación de dos motores de 25 HP.

### **Capacitación**

- Se capacitó en los propios procesos a los ingenieros de manufactura.
- Difusión de la metodología y herramientas para el uso racional de la energía eléctrica.
- Interpretación de datos de la facturación emitida por CFE (costos, horarios, conceptos, etc.).
- Capacitación especializada a mantenimiento: Análisis de redes eléctricas, medición de armónicas, factor de potencia, detección de puntos calientes en redes eléctricas, detección de transitorios y picos de voltaje, análisis de vibración, alineación de equipos, medición de espesores por ultrasonido.
- Difusión a todo el personal
- Establecimiento de objetivos sobre ahorro de energía a todo el personal administrativo a través del HOSHIN KANRI (despliegue de políticas).
- Establecimiento del Comité de Ahorro de Energía desde el nivel gerencial hasta el nivel operativo.
- Desarrollo de la mejora continúa a través del sistema de KAIZENES.
- Establecimiento de buzón de sugerencia de ahorro y mejoras en general.
- Difusión de consejos de ahorro a través de la revista de comunicación interna.

## CAPITULO 5

### RESULTADOS

Con las medidas implantadas se logró la reducción del índice energético de 418.65 Kwh/Unidad registrado en 1997, a 376.42 Kwh/Unidad en 1998, lo que significo una reducción del 10.08%.

El factor de potencia se incremento a 92.76% por lo que se obtuvo una bonificación de CFE de \$131,950 /Año.

La implantación del Programa de Ahorro de Energía fue un factor decisivo para la reducción de costo de la energía y detonó un mejor uso de la energía eléctrica para los años siguientes.

Al reducir el consumo por unidad producida pudimos reducir también nuestro índice de Kcal por Unidad que requería nuestro Corporativo y Casa Matriz Japón, ver gráfico 12.

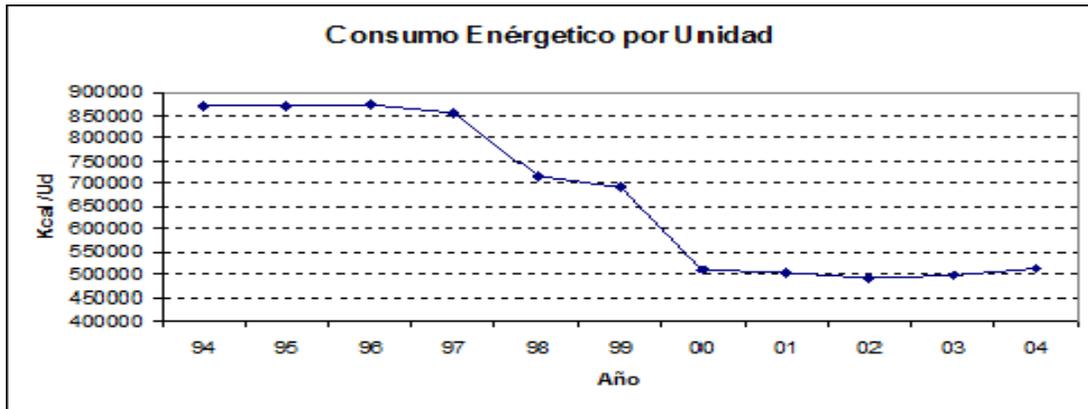


Gráfico 12 Comportamiento del índice energético Kcal/Unidad 94~04

Al reducir los índices energéticos Kwh/Unidad y Kcal/Unidad, permitió atenuar el constante incremento de la energía eléctrica el cuál se reflejo en un menor incremento anual del costo por consumo energético por unidad ensamblada, ver grafico 13.

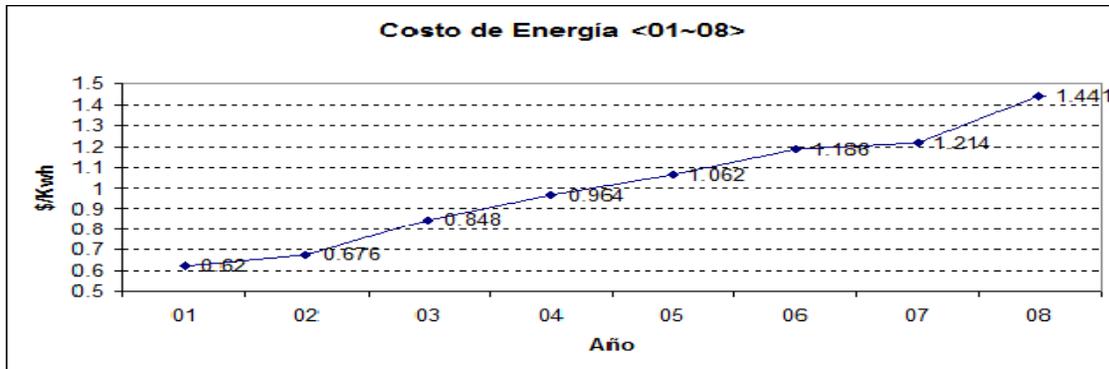


Gráfico 13 Costo de la energía eléctrica por unidad ensamblada 01~08



## CONCLUSIONES

Con el presente proyecto se logró reducir el consumo por unidad producida en el complejo industrial en mención y es hasta la fecha, el mejor consumo de todas las plantas de ensamble de Nissan Motor.

La implantación de las actividades de ahorro con la participación del personal fue el impulso que detonó una cultura de ahorro y a su vez la preocupación por extender los logros en otros índices tal como: el consumo de agua, generación de basura, índices de accidentabilidad, productividad, etc.

Participación:

Como Jefe de Mantenimiento y Energías del complejo industrial, una de las funciones del puesto es la de ser el responsable técnico y administrativo del Comité de Ahorro de Energía.

Para el desempeño del cargo se requirió contar con experiencia en equipos e instalaciones eléctricas, conocimientos en la distribución y aprovechamiento de la energía los cuales fueron adquiridos en las aulas de la Facultad de Ingeniería en materias como Protección de Motores, Redes Eléctricas, Distribución de la Energía, Subestaciones Eléctricas, Máquinas de Desplazamiento Positivo, Medición e Instrumentación, Laboratorios, Técnicas de Evaluación Económica y algunas otras materias.

La coordinación de las actividades del plan de ahorro de energía con los responsables de su ejecución se hizo en el mejor de los ambientes ya que se contó con la participación total para el logro de los objetivos.

Fue una gran experiencia el haber dirigido el diagnóstico energético ya que facilitó la justificación del plan de inversiones y la elaboración de las especificaciones de los nuevos equipos.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### Fosfatizado

Tratamiento que se le da a la carrocería del vehículo, consiste en una serie de enjuagues con productos químicos para hacer la limpieza y la aplicación de una capa protectora a base de fosfato de zinc que funciona como anticorrosivo.

### Electrofóresis

Tratamiento anticorrosivo base de una aplicación por de una capa de pintura que se aplica por inmersión de la carrocería en una tina la cual esta electrificada, la unidad se polariza con carga negativa y en la tina existen unas membranas con carga positiva.

### Punteadora

Equipo que se utiliza para llevar a cabo la soldadura por resistencia de partes metálicas a través de puntos los cuales provocan un corto y funden la lámina uniéndolas entre sí.

### Diagnóstico Energético

Es el diagnostico técnico que se le realiza a una instalación eléctrica con el fin de conocer las condiciones en las que se encuentra operando.

### Qc Story

Metodología empleada para la solución de problemas, se basa en hacer girar el círculo de Deming o PDCA (Plan, Do, Check, Action).

### Periodos de punta, intermedio y base

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

### Benchmarking

Es el proceso continuo y sistemático de evaluar los productos, servicios o procesos de las organizaciones que son reconocidas por ser representativas de las mejores prácticas para efectos de mejora organizacional

## ANEXO 1

### **PARTICIPACIÓN EN EL PREMIO NACIONAL DE AHORRO DE ENERGÍA (8°. Certamen 1998)**

CFE a partir del 1991, constituye el Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica con el fin de dar un reconocimiento público a los usuarios que hayan destacado durante el año en sus programas de ahorro.

El objetivo fundamental es, por lo tanto, estimular y reconocer a las empresas e instituciones, para que revisen sus procesos y métodos de producción, o bien, los servicios que ofrecen, con el fin de lograr una mayor eficiencia mediante la aplicación de técnicas y equipos avanzados, así como la utilización de sistemas operativos y organizacionales, orientados a reducir el consumo y demanda de energía eléctrica.

A través de una invitación de la delegación regional Centro Sur de la CFE y con el programa de ahorro de energía fortalecido con las acciones implantadas a partir del diagnóstico energético, Nissan decide inscribirse en el 8°. Certamen del Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica.

Las bases del concurso estaban establecidas de la siguiente forma:

- Acciones (200 puntos): Medidas específicas o programas dirigidos a la racionalización de la energía.
- Diagnóstico (100 puntos): Nivel y tipo del diagnóstico así como las acciones recomendadas.
- Capacitación (100 puntos): Nivel, tipo y alcance; estímulos y medidas para involucrar al personal en el ahorro de energía.
- Medición (100 puntos): Parámetros, equipo y análisis desarrollados para el seguimiento de las medidas de ahorro implantadas.
- Tecnología (200 puntos): Desarrollo o adaptaciones tecnológicas relacionadas con el uso racional de la energía.
- Resultados (300 puntos): Magnitud de los ahorros alcanzados y sus impactos en la reducción de los costos.

En este premio además del diagnóstico energético, se incluyeron los sistemas de administración japonesa que se tenían y que fortalecieron el programa de ahorro de energía.

Las principales medidas de ahorro implantadas fueron:

1. Ejecución de diagnósticos energéticos internos en forma periódica bajo la metodología interna del QC Story (Círculo PDCA) con la cual se detectaban las oportunidades de ahorro de energía.
2. Establecimiento de un comité de Ahorro de Energía, grupo multifuncional con expertos de todas las áreas operativas.

3. Instalación de bancos de capacitares para mejorar aún más el factor de potencia.
4. Instalación y modificación del alumbrado en áreas que no requerían iluminación permanente, es decir se colocaron apagadores para que el propio operador se comprometiera con el ahorro.
5. Eliminación de fugas y desperdicios en los sistemas de aire comprimido, se elevó el nivel de detección, reporte y seguimiento hasta la corrección de las fugas.
6. Definición de horarios de control, así como responsables del encendido y apagado del alumbrado.
7. Automatización del alumbrado en avenidas y almacenes.
8. Monitoreo sistematizado del consumo de energía eléctrica. Instalación de equipo de medición Power Logic en las subestaciones conectados en red para poder diagnosticar el consumo en tiempo real.
9. Cambio en la filosofía del control de los procesos.
10. Cambios en los turnos de trabajo para evitar operación de equipos en el periodo punta.
11. Modificación de horarios para aprovechar la luz natural.
12. Establecimiento de sistemas para la administración de la demanda.
13. Sustitución de lámparas de 2 X 74 W por lámparas de alta eficiencia de 2 X 32 W.
14. Cambios operativos y de mantenimiento para corregir deficiencias y disminuir consumos de energía.
15. Impartir cursos sobre el uso eficiente de la energía.
16. Implantación permanente de programas de capacitación al personal de todos los niveles, con el fin de concienciar sobre el uso racional de la energía.
17. Sustitución de motores mayores de 30 HP convencionales por motores de alta eficiencia.
18. Instalación de robots en las áreas de carrocerías, pintura y ensamble.

El resultado fue satisfactorio ya que se gano el 1er lugar del 8° Certamen.

# 1998

**• Won the award in the  
National contest of Energy Saving**



Fig. 6 Entrega del premio por el Lic. Ernesto Zedillo



Fig. 7 Premio Nacional 1998

## ANEXO 2

### TABLA PARA CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

#### Corrección del factor de potencia

El valor de la tabla multiplicado por la potencia kW dará la potencia de los capacitores necesaria (kWa) para elevar el factor de potencia existente, al deseado.

Factor de Potencia Existente	Factor de potencia corregido					
	100%	95%	90%	85%	80%	75%
50	1.732	1.403	1.247	1.112	0.982	0.850
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.983	0.761
54	1.558	1.229	1.073	0.938	0.808	0.676
55	1.518	1.189	1.033	0.898	0.768	0.636
56	1.479	1.150	0.994	0.859	0.729	0.597
58	1.404	1.075	0.919	0.784	0.654	0.522
60	1.333	1.004	0.848	0.713	0.583	0.451
62	1.265	0.936	0.780	0.645	0.515	0.383
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.451	0.319
65	1.168	0.839	0.683	<b>0.548</b>	0.418	0.286
66	1.139	0.810	0.654	0.519	0.389	0.257
68	1.078	0.749	0.593	0.458	0.328	0.196
70	1.020	0.691	0.535	0.400	0.270	0.138
72	0.964	0.635	0.479	0.344	0.214	0.082
74	0.909	0.580	0.424	0.289	0.159	0.027
75	0.882	0.553	0.397	0.262	0.132	
76	0.855	0.526	0.370	0.235	0.105	
78	0.802	0.473	0.317	0.182	0.052	
80	0.750	0.421	0.265	0.130		
82	0.698	0.369	0.213	0.078		
84	0.646	0.317	0.161			
85	0.620	0.291	0.135			
86	0.594	0.265	0.109			
88	0.540	0.211	0.055			
90	0.485	0.156				
92	0.426	0.097				
94	0.363	0.034				
95	0.329					

**Ejemplo:** Se desea elevar el factor de potencia existente de 0,65 de una instalación de 300 kW, a un factor de potencia de 0,85. ¿Qué potencia deben tener los capacitores?

**Solución:** De la tabla obtenemos un valor de 0,548 que corresponde al factor existente (0,65) y al deseado (0,85). Multiplicando este valor por la potencia instalado, obtendremos  $0.548 \times 300 = 166,8$  kWa **que es la potencia capacitiva necesaria.**

## ANEXO 3

### EQUIPO DE MEDICIÓN POWER LOGIC SERIE 3000 (Instalado en las subestaciones 23,000 / 440 V)



## POWERLOGIC® Series 3000 Circuit Monitor

### *Measure And Control Energy Costs, And Minimize Unplanned Downtime*

Looking for a way to measure and control energy costs, and minimize unplanned downtime? Square D, the leader in power management technology, has the answer with the new POWERLOGIC® Series 3000 Circuit Monitor (CM3000). Designed for industrial, large commercial, and OEM users, the new CM3000 is the ideal monitoring device for electrical mains, and branch feeders, as well as OEM applications, such as computer power. Our new POWERLOGIC Series 3000 Circuit Monitor gives you instant access to real time web pages without installing or learning special software.

#### The Most Powerful Mid-Range Circuit Monitor Available

The CM3000 features the same technology as the most powerful permanently mounted circuit monitor available, the POWERLOGIC CM4000. Using a standard web browser, the highly accurate CM3000 can serve up instantaneous readings, predictive forecasting trends, energy usage cost, power quality and disturbance analysis, or even customized web pages. And, you can web-access summary data transparently from other devices connected downstream, giving you the information necessary to make proactive business and engineering decisions. With extensive onboard memory, the CM3000 gives you the ability to drill down to the detail necessary to facilitate troubleshooting, identify trends, and maintain the control you need over your electrical system.

#### Features and Benefits

- **Most User Friendly Web-Enabled Circuit Monitor** — Using an Ethernet Communication Card (ECC), the CM3000 features web-enabled technology built right into the circuit monitor itself, making it easy to access information from any PC with a standard Web browser, such as Internet Explorer.
- **Exclusive Built-In Forecasting** — In addition to providing historical data through trending analysis, the CM3000 circuit monitor also provides exclusive forecasting information of electrical parameters, which allows the customers to look into the future and make better decisions about impending usage, and helps you measure and control energy costs.
- **Eliminates Blind Spots In Data Collection** — The CM3000 samples continuously at 128 times per cycle, leaving no blind spots in data collection. With faster processing power than other circuit monitors in its class, the CM3000 provides simultaneous, accurate collection of real-time data and, onboard data logs, waveforms and disturbances. Consequently, the CM3000 gives you the most reliable information on which to base power management decisions that can help you minimize unplanned downtime.
- **Faster and Less Expensive to Install** — The CM3000 can connect directly with up to 600V metering inputs as opposed to traditional 120V. (Eliminates the need for potential transformers (PTs), up to 600 V, to step the voltage down to metering levels and eliminates the extra wiring associated with PTs.)
- **Small Footprint Saves Space** — the POWERLOGIC CM3000 can be mounted virtually anywhere inside the electrical equipment, and doesn't require a separate metering compartment. Built-in tabs for DIN rail mounting are especially useful for OEM and retrofit applications because they make the CM3000 easier to install.

#### Models Available:

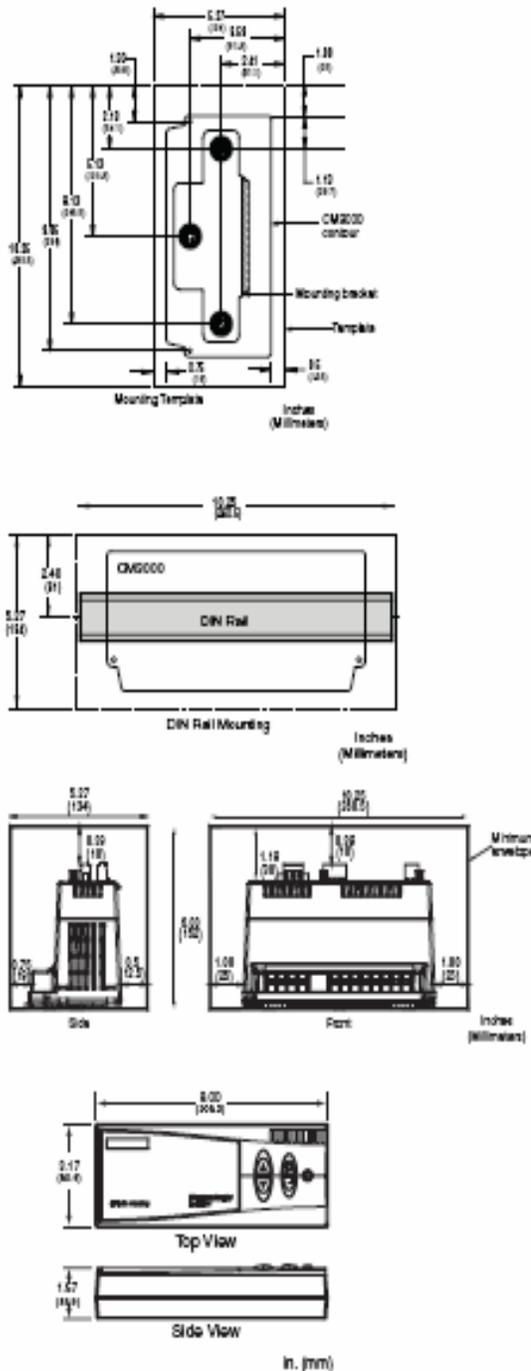
- CM3350
- CM3250



With more processing power than competitive meters, the CM3000 can perform onboard trending and load forecasting up to four days in advance.



**SQUARE D**  
Schneider Electric



Feature Summary	CM3250	CM3250
<b>Basic Instrumentation</b>		
Current/Voltage/Phase, Current Demand, Power(KW,KVAR,KVA),K-Factor, Energy(KWH,KVARh,KVAh), Power Factor, Current/Voltage THD, Min/Max Readings	✓	✓
<b>Advanced Instrumentation</b>		
Current - G, Demand Voltage, s-ph, Incremental Energy, Fundamental Current/Voltage/Power, Phase Rotation	✓	✓
<b>Logging</b>		
Memory (Standard / Optional)	eMB	eMB
Alarm / Event Log	✓	✓
Maintenance Log	✓	✓
Min / Max Average Log	✓	✓
Interval Min / Max Log	✓	✓
Trending / Forecasting	✓	✓
<b>Time Synchronization</b>		
Comms. Clock Synchronization	✓	✓
GPS Clock Synchronization	Option	Option
<b>Alarming</b>		
Setpoint-Driven Alarms	✓	✓
Boolean Alarms	✓	✓
Custom Alarms with Priority Levels	✓	✓
High Speed (100ms)	✓	✓
Multiple Level Alarming	✓	✓
Disturbance (1/2 cycle)	—	✓
<b>Power Quality</b>		
Sag / Swell Monitoring	—	✓
Harmonic Resolution	63rd	63rd
<b>Communications</b>		
RS-485 Port Speed	38.4k	38.4k
Onboard Ethernet Speed	10/100MB	10/100MB
Onboard HTML Web Pages	✓	✓
Display	Option	Option
<b>Input/Output</b>		
KYZ output	✓	✓
Digital I/O (available on unit)-optional	8	8
<b>Event Capture</b>		
WFC Steady State	✓	✓
WFC Disturbance	✓	✓
100 ms Event Recording	—	✓
<b>Relaying Characteristics</b>		
Sampling Rate (Samples/Cycle)	128	128
<b>Specifications</b>		
Voltage Input-Nominal full scale (Vac)	347 L-N	600 L-L
Control Voltage Range DC	100 V	200 V
Control Voltage Range (Vac)	90-305 V	90-305 V
Current Inputs Range	0-10A	0-10A
Accuracy IEC eerror class	0.5 S	0.5 S
Accuracy ANSI	12.2	12.2
DIN Rail Mountable	✓	✓

#### Ordering Information

Part (Type)	Description
CM3250	Circuit Monitor, data logging, waveform capture, 8 MB memory
CM3250	Circuit Monitor, same features as CM3250 with disturbance monitoring
CM3250V	4-line x 20 character Vacuum Fluorescent Display with IR port
GC201	Ethernet Communication Card w/HTML capabilities
IO24	Field installable I/O card with 4 inputs, 3-relay outputs, 1 pulse output
CM3250A	Backward compatible back to back display/meter mounting or CM2 series retrofit
CM3250A	L-Mounting bracket adapter

www.powerlogic.com

Document #9020H00201  
Printed in U.S.A.

February 2002



**SQUARE D**  
Schneider Electric

© 2002 Schneider Electric  
All Rights Reserved

ANEXO 4  
ANALIZADOR DE REDES POWERSLIGH PS300



PS3000  
Energy Analyzer  
"The Tool of First Resort"

Order Number:  
[PS3000]

The PS3000 provides simplicity, reliability, and complete answers in the analysis of electric power.

What makes the PS3000 the choice of professionals all over the world?

- **Complete power/energy/cost analysis.** Measures voltage, current, KW, KVA, KVAR, true power factor, displacement power factor, KWH, elapsed and estimated cost, and duty cycle. Complete logging and manual waveform capture ability.
- **Compatibility with any power system.** Single phase, two phase, three phase (wye, delta, 4 wire delta, open delta, grounded delta), 3PT/2PT, and 3PT/3CT. DC, 50Hz, 60Hz, 400Hz, 45-66Hz, and 360-440Hz. Phase-phase, phase-neutral, and regenerative systems. All systems up to 600Vphase-neutral (800V phase-phase) and with our medium voltage probes, direct connection to 4,160V and 12,500V.
- **Harmonic Analysis.** Performs spot checks and logging of THD and analysis out to the 50<sup>th</sup> harmonic on all inputs.
- **Unmatched portability and ease of use.** Weighs less than 2 pounds (<1 kg), 4"x8"x1.5", rechargeable batteries operate for 8-10 hours. Keypad and display for simple, quick, portable readings. User interface comes in seven languages.
- **Reliability second to none.** Ten years of steady improvement, proven in industrial use, used in every continent (including Antarctica).
- **Technical support that is responsive and knowledgeable.**
  - Analyze how energy is used and what it costs.
  - Evaluate the quality of your power.
  - Troubleshoot wiring and equipment.
  - This proven meter even has basic disturbance analysis capabilities.



**Pricing and Availability**

The PS3000 is available for immediate purchase from Summit Technology Inc. and is priced at \$2,495 including a set of deluxe voltage probes, PowerSight Manager (PSM) software, a manual, and a charger. Typical 3-phase complete system prices are from \$3400 to \$4250. To order, specify PS3000.

PowerSight® products are manufactured in the USA and sold by Summit Technology, Inc.

For more information on our products contact:

Summit Technology Inc.  
2717 N. Main St., Suite 15  
Walnut Creek, CA 94597-2747

Voice: 1-925-944-1212  
Fax: 1-925-944-7126  
Email: [sales@SummitTechnology.com](mailto:sales@SummitTechnology.com)

PowerSight® is a trademark of Summit Technology. Prices and specifications are subject to change without notice



# PS3000 Energy Analyzer "The Tool of First Resort"

Order Number:  
[PS3000]

PowerSight Manager Software (PSM) is a flexible, powerful, and easy to use power analysis software tool that is included with all orders for the model PS3000. It performs complete presentation and analysis of power consumption. Combined with our Report Writer software, it provides concise and compelling summaries including comparisons of performance.

Data Logs can be graphed/zoomed	Live Trend Data	Choose any of 60 variables
Stored or Real-time Voltage and Current Waveforms		All Phase Relationships
Harmonic Contents as Graphs or Data		Choose any of 60 Variables

For more information on our products contact:

Summit Technology Inc.  
2717 N. Main St., Suite 15  
Walnut Creek, CA 94597-2747

Voice: 1-925-944-1212  
Fax: 1-925-944-7126  
Email: [sales@SummitTechnology.com](mailto:sales@SummitTechnology.com)

PowerSight® is a trademark of Summit Technology. Prices and specifications are subject to change without notice

## BIBLIOGRAFÍA

- Manual del equipo Power Logic, Schneider Electr, Square D
- Energy Management Handbook, 2nd. Edition, Wayne G. Turner
- Sistemas Eléctricos de Distribución D-70, Roberto Espinoza y Lara, 1990
- Memorias de la Conferencia “Uso Eficiente de la Energía” organizada por el Institute for Internacional Research 1993
- Memorias del XXII Seminario Nacional sobre el Uso Racional de la Energía y la Exposición de Equipos y Servicios, ATPAE & CFE
- Corrección de Factor de Potencia con Capacitores, Catalogo BJ 90-01 SP, ABB Sistemas, S. A. de C. V.
- Diagnósticos Energeticos, IMDT ~ FIDE, J / R Ávila Espinosa, Octubre 1991
- Bases del 8° Certamen del Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad.
- Revista Informativa del Ahorro de Energía Eléctrica: Energía Racional Año 5, Núm. 19 Abr. ~ Jun. 1996 publicada por el FIDE (Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico).
- Portal de la Comisión Federal de Electricidad: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)