



■ ANTECEDENTES

“Tiendas del Sol” es una cadena de 16 tiendas departamentales ubicadas en las Ciudades de Monterrey, N.L., Tampico, Cd. Victoria y Reynosa, Tamps., San Luis Potosí, S.L.P., Querétaro, Qro, León, Gto., Saltillo, Monclova y Torreón, Coah., Aguascalientes, Ags., y Villahermosa, Tab.

En el año de 1996 el FIDE brindó apoyo técnico y financiero para desarrollar un proyecto de ahorro de energía eléctrica en las instalaciones de la sucursal Villahermosa. El servicio de energía eléctrica de la tienda estaba contratado en Tarifa OM; durante el período de enero a diciembre de 1996 presentó los siguientes

valores mensuales promedio: 360 kW en la demanda máxima, 119,100 kWh en el consumo, \$45,709.75 en el importe con un precio medio de 0.3824 \$/kWh y un factor de carga de 45.9 %. Dichos parámetros se muestran en el siguiente cuadro:

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	P.M. \$/kWh	F.C. %
Ene-96	366	108,600	36,671.00	0.3377	41
Feb-96	360	98,400	35,803.00	0.3639	38
Mar-96	360	99,000	35,125.00	0.3548	38
Abr-96	360	118,800	44,111.00	0.3713	46
May-96	399	121,200	45,194.00	0.3729	42
Jun-96	362	127,800	48,704.00	0.3811	49
Jul-96	363	135,000	51,881.00	0.3843	52
Ago-96	362	126,600	49,998.00	0.3949	49
Sep-96	360	130,200	52,399.00	0.4025	50
Oct-96	362	115,800	46,128.00	0.3983	44
Nov-96	311	122,400	47,085.00	0.3847	55
Dic-96	360	125,400	55,418.00	0.44@	48
PROMEDIO	360	119,100	45,709.75	0.3824	45.9

■ DIAGNOSTICO

Una empresa consultora se encargó de desarrollar el diagnóstico correspondiente, del cual fue posible establecer la distribución de cargas, así como la composición de la mayor demanda máxima (399 kW), misma que se presentó en el mes de mayo de 1996.

Durante la inspección realizada, el consultor pudo comprobar que los equipos divididos estaban prácticamente al final de su vida útil y que su operación era sumamente deficiente; prueba de ello es que los serpentines de intercambio de calor en evaporadores y condensadores se encontraban dañados, además de que los ductos de distribución de aire

SISTEMA	CARGA INSTALADA kW	FACTOR DE DIVERSIDAD	DEMANDA MAXIMA kW	FACTOR DE CARGA %	CONSUMO MENSUAL kWh
Acondicionamiento ambiental ^{1/}	318.3	1.1	289.4	36.0	75,012
Iluminación	120.5	1.7	70.9	60.0	30,629
Motores ^{2/}	58.0	2.5	23.2	50.0	8,352
Otros equipos	31.0	2.0	15.5	65.0	7,254
TOTAL	527.8	-	399.0	-	121,247

^{1/} Incluye manejadoras de aire.

^{2/} Incluye 4 motores de cortinas de aire, bombas de servicio, extractores, montacargas y escaleras eléctricas.

Como se observa, los sistemas de acondicionamiento ambiental e iluminación representan las cargas mayoritarias y la mayor contribución a la demanda máxima, motivo por el cual fueron objeto de un análisis más detallado.

estaban prácticamente inservibles. Lo anterior propició que su eficiencia (que de diseño no era buena) había decaído a tal grado que los equipos entregaban solamente el 60 % de su capacidad nominal.

■ DESCRIPCION DE SISTEMAS

Acondicionamiento ambiental

Se conformaba de 4 unidades del tipo dividido con capacidad efectiva unitaria de 36 TR y eficiencia de 1.9 kW/TR, cuyas características se muestran enseguida:

El encendido y apagado de los compresores lo efectuaba el personal de mantenimiento en forma manual, ya que los termostatos de control estaban ajustados a una temperatura de retorno de aire muy baja, lo que provocaba una operación constante de los equipos; además, cuando la temperatura en el interior de la tienda era alta (a juicio del encargado) él mismo ponía en marcha el segundo com-

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	RELACION EFICIENCIA kW/TR	CARGA UNITARIA kW	NUMERO DE UNIDADES	CAPACIDAD TOTAL TR	DEMANDA TOTAL kW ^{1/}
Unidad de acondicionamiento ambiental tipo dividido	36 ^{2/}	1.9	68.4	4	144	248.7
Subtotal acondicionamiento ambiental				4	144	248.7
Unidades manejadoras de aire	-	-	11.2	4	-	40.7
Subtotal periféricos				4	-	40.7
TOTAL				8	144	289.4

^{1/} Considerando un factor de diversidad de 1.1

^{2/} Corresponde a la capacidad efectiva, aun cuando la placa indica 60 TR.

presor de las unidades. Una vez alcanzada la temperatura de confort el compresor no podía apagarse automáticamente, lo cual propiciaba un trabajo innecesario de los equipos.

Los termostatos se encontraron descalibrados y los serpentines de los equipos prácticamente inservibles; las cortinas de aire de las puertas de acceso trabajaban con aire interno, lo que provocaba fugas de aire frío.



En lo concerniente a las ganancias térmicas por paredes y techos, sobre el piso de ventas se tienen 2 pisos de bodegas que actúan como aislantes; en las paredes de norte y sur se tienen paredes de otros negocios y, en las paredes oriente y poniente, se tiene un colchón de aire de 50 cm aproximadamente por medio de una pared falsa.

Iluminación

Este sistema se conformaba fundamentalmente por lámparas fluorescentes lineales y balastos de baja eficiencia, de 75 W y 39 W, aunque también se encontraron instaladas lámparas fluorescentes lineales de 55 W y 20 W; en menor cantidad se encontraron lámparas incandescentes de 40 W. El detalle de los equipos instalados se aprecia a continuación:

De acuerdo con mediciones de los niveles de iluminación de la tienda, el mayor nivel encontrado fue de 500 luxes mientras que el nivel más pobre era de 200 luxes. Según los requerimientos del usuario, el nivel de iluminación debe ser de 800 luxes con el local vacío y de 600 luxes con mercancía, lo cual indica que el sistema de iluminación convencional era deficiente.

■ PROPUESTA DE ACCIONES

Acondicionamiento ambiental

Acción N° 1.- Sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia.

Como primera acción se consideró la posibilidad de sustituir los motores de los equipos de acondicionamiento ambiental y de esca-

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	CARGA TOTAL kW	DEMANDA MAXIMA kW ^{1/}
2X75 W T-12, balastro electromagnético convencional	180	556	100.1	58.9
2X39 W T-12, balastro electromagnético convencional	100	40	4.0	2.4
1X75 W T-12, balastro electromagnético convencional	97	135	13.1	7.7
1X39 W T-12, balastro electromagnético convencional	55	19	1.0	0.6
1X55 W T-12, balastro electromagnético convencional	67	2	0.1	0.1
1X20 W T-12, balastro electromagnético convencional	33	16	0.5	0.3
40 W Incandescente	40	40	1.6	0.9
TOTAL		808	120.5	70.9

^{1/} Considerando un factor de diversidad de 1.7.



leras eléctricas por otros de la misma potencia pero de alta eficiencia. A continuación se muestra el esquema de sustituciones y el pronóstico de ahorros:

- Posee una mayor limpieza, mantiene el compresor y los componentes del sistema libres de impurezas.

EQUIPO	CARGA UNITARIA		EFICIENCIA		AHORROS MENSUALES		
	HP	kW	ACTUAL %	PROPUESTA %	DEMANDA kW	CONSUMO kWh 1/	IMPORTE \$ 2/
EQUIPO DIVIDIDO N° 1							
Condensador	5	3.7	79.0	89.0	0.37	96	36.89
Manejadora de aire	15	11.2	84.5	92.0	0.84	218	83.78
EQUIPO DIVIDIDO N° 2							
Condensador	5	3.7	79.0	89.0	0.37	96	36.89
Manejadora de aire	15	11.2	84.5	92.0	0.84	218	83.78
EQUIPO DIVIDIDO N° 3							
Condensador	5	3.7	79.0	89.0	0.37	96	36.89
Manejadora de aire	15	11.2	84.5	92.0	0.84	218	83.78
EQUIPO DIVIDIDO N° 4							
Ventilador 1 de condensador	3	2.2	79.0	89.0	0.22	57	21.91
Ventilador 2 de condensador	3	2.2	79.0	89.0	0.22	57	21.91
Manejadora de aire	15	11.19	84.5	92.0	0.84	218	83.78
OTROS MOTORES							
Escalera eléctrica	30	22.4	87.0	93.4	1.43	516	198.30
Escalera eléctrica	30	22.4	86.0	93.4	1.66	598	229.81
TOTAL					8	2,388	917.72
INVERSION (\$) 3/		44,081.05		Período de recuperación (años)			4.0

1/ Considerando un factor de carga del 36 % equivalente a 260 horas de operación mensual, excepto escaleras eléctricas que tienen el 50 %.

2/ Considerando un precio medio de 0.3843 \$/kWh.

3/ Incluye IVA.

Como se puede observar, los ahorros mensuales pronosticados eran de 2,388 kWh y \$917.72, mismos que permitirían amortizar la inversión de \$44,081.05 en 4.0 años, período que se consideró ligeramente superior al razonable.

Acción N° 2.- Cambio del aceite mineral de los compresores por aceite sintético.

Este tipo de aceite presenta las siguientes propiedades:

- Mayor fluidez a bajas temperaturas (hasta -100 °C).
- Es más estable y presenta mayor consistencia a altas temperaturas (no forma depósitos de carbón).

- Prácticamente elimina la corrosión y mantiene limpia la válvula de expansión.
- No produce espuma.
- Es compatible con todos los aceites de refrigeración, tanto minerales como sintéticos.
- Aumenta la eficiencia del equipo.
- Reduce el consumo de aceite en aproximadamente 63 %.
- Se reduce el mantenimiento no programado.
- Es compatible con los compresores tipo recíprocante y tornillo.

El consultor estimó que dicha acción propiciaría ahorros equivalentes al 6 % del consumo de los equipos de acondicionamiento ambiental, como se aprecia en la siguiente tabla:

EQUIPO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh/mes	IMPORTE \$ 3/
Unidad tipo dividido. Aceite mineral.	273.6	98,496 1/	37,852.01
Unidad tipo dividido. Aceite sintético.	273.6	92,477 2/	35,538.83
AHORRO	-	6,019	2,313.18
INVERSION (\$) 4/			7,254.3
PERIODO DE RECUPERACION (años)			0.3

1/ Considerando un factor de carga de 50 %, equivalente a 360 horas de operación mensual

2/ Considerando un factor de carga de 46.9 %, equivalente a 338 horas de operación mensual.

3/ Considerando un precio medio de 0.3843 \$/kWh

4/ Incluye IVA.

Acción N° 3.- Sustituir las unidades tipo dividido por otras de alta eficiencia.

Se propuso sustituir las unidades tipo dividido con capacidad total efectiva de 144 TR y eficiencia de 1.9 kW/TR, por 3 unidades tipo dividido con capacidad nominal de 150 TR y eficiencia de 1.0 kW/TR. Esta sustitución se propuso en función de que las necesidades de enfriamiento eran de 135 TR que correspondía al 90 % de la capacidad nominal de las unidades nuevas.

Iluminación

Como se mencionó anteriormente, los niveles de iluminación de la tienda no satisfacían los requerimientos del usuario, por lo cual se pensó en la sustitución de lámparas T-12 de 75 W y 39 W, así como de balastos convencionales por equipos de alta eficiencia conservando los mismos gabinetes. Cabe mencionar que debido a la altura de montaje (3.9 mts.) no era posible incluir lámparas de aditivos metálicos.

Mediante un software especializado, el consultor realizó varias simulaciones del sistema de iluminación, de acuerdo a las necesidades planteadas por el usuario, obteniendo como resultado el nivel de iluminación y tipo de luminario por instalar.

En una primera opción se planteó la posibilidad de convertir los sistemas de 2X75 W en sistemas de 1X60 W, instalando un reflector de aluminio en las canaletas, lo que arrojaba como resultado un nivel de iluminación de 495 luxes en promedio, que no cumplía con las condiciones preestablecidas. Una se-

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	RELACION EFICIENCIA kW/TR	NUMERO DE UNIDADES	CAPACIDAD TOTAL TR	DEMANDA MAXIMA kW 1/	CONSUMO MENSUAL kWh 2/	IMPORTE MENSUAL \$ 3/
Unidad de acondicionamiento ambiental tipo dividido	36 4/	1.9	4	144 4/	273.6	71,136	27,337.56
Unidad de acondicionamiento ambiental tipo dividido	50	1.0	4	135 5/	135.0	35,100	13,488.93
AHORRO	-	-	-	-	138.6	36,036	13,848.63
INVERSION (\$) 6/					PERIODO DE RECUPERACION (años)		
					3.4		

1/ Para efectos de comparación se considera un factor de diversidad unitario.

2/ Considerando un factor de carga de 36 %, equivalente a 260 horas de operación mensual

3/ Considerando un precio medio de 0.3843 \$/kWh.

4/ Capacidad efectiva.

5/ Operando al 90 % de su capacidad.

6/ Incluye IVA

gunda opción consistió en convertir los sistemas de 2X75 W a 2X60 W con un reflector de aluminio en las canaletas; en este caso, el nivel de iluminación sería de 1,200 luxes, que es excesivo y provocaría deslumbramiento en la clientela.

En vista de lo anterior, se propuso añadir lámparas entre las filas existentes hasta alcanzar el nivel deseado; no obstante, esta alternativa se descartó ya que no estaba de acuerdo con la estética de la tienda.

Como última opción, se simuló un rediseño del sistema existente utilizando equipos ahorradores de energía eléctrica. Enseguida se ilustra el comparativo entre los sistemas existentes y propuestos:



Los resultados del análisis mostrados en el cuadro anterior permitieron concluir que esta alternativa era rentable, pues los ahorros generados serían de \$7,122.23 mensuales, con lo que la inversión de \$291,968.00 se recuperaría en 3.4 años.

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA MAXIMA kW ^{1/}	CONSUMO MENSUAL kWh ^{2/}	IMPORTE MENSUAL \$ ^{3/}
2X75 W	180	556	58.9	25,445	9,778.44
1X60 W C/R	60	605	21.4	9,245	3,552.78
Ahorro	-	-	37.5	16,200	6,225.66
2X39 W	100	40	2.4	1,037	398.44
1X32 W C/R	35	46	0.9	389	149.42
Ahorro			1.5	648	249.03
1X75 W	97	135	7.7	3,326	1,278.34
1X60 W	60	132	4.7	2,030	780.28
Ahorro			3.0	1,296	498.05
1X39 W	55	19	0.6	259	99.61
1X32 W	35	17	0.4	173	66.41
Ahorro			0.2	86	33.20
40 W Incandescente	40	40	0.9	389	149.42
9 W LFC	11	27	0.2	86	33.20
Ahorro			0.7	302	116.21
AHORRO TOTAL			42.9	18,533	7,122.23
INVERSION (\$) ^{4/}				291,968.00	
PERIODO DE RECUPERACION (años)				3.4	

^{1/} Se considera un factor de diversidad de 1.7.

^{2/} Considerando un factor de carga de 60 %, equivalente a 432 horas de operación mensual.

^{3/} Considerando un precio medio de 0.3843 \$/kWh.

^{4/} Incluye IVA.



ACCIONES CORRECTIVAS

Debido a que las acciones propuestas en iluminación resultaron rentables, el usuario decidió implementarlas posteriormente con recursos propios.

En cuanto al acondicionamiento ambiental y escaleras eléctricas, la alternativa de sustituir los motores convencionales por otros de alta eficiencia no era rentable debido al pobre factor de carga con que operaban y, además, no resolvería la problemática de la baja eficiencia de los equipos existentes. En cuanto al cambio de aceite en los compresores, fue desechada por tratarse de una acción correspondiente a las rutinas de mantenimiento. Sin duda la mejor opción era sustituir las unidades tipo dividido por unidades del mismo tipo pero de alta eficiencia, ya que con ello se pronosticaba el mayor ahorro de energía eléctrica, incremen-

tando al mismo tiempo el nivel de confort de la tienda. Por lo tanto, las acciones consistieron en lo siguiente:

- Fueron desmanteladas las 4 unidades tipo dividido con capacidad efectiva total de 144 TR y eficiencia de 1.9 kW/TR, instalándose en su lugar 3 unidades tipo dividido de alta eficiencia con capacidad nominal total de 150 TR y eficiencia de 1.0 kW/TR.
- Fueron sustituidos en su totalidad los ductos de distribución de aire existentes.

RESULTADOS

La evaluación de los ahorros se realizó comparando las facturaciones del servicio de energía eléctrica antes y después del proyecto, obteniéndose los siguientes resultados:

CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	
			UNITARIO	%
DEMANDA (kW)	362 ^{1/}	298	64	17.7
CONSUMO (kWh)	130,600 ^{1/}	104,200	26,400	20.2
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	^{2/}	0.5196	-	-
IMPORTE (\$)	67,859.76	54,142.32	13,717.44	20.2
INVERSION (\$) ^{3/}			600,000.00	
PERIODO DE RECUPERACION (años)				3.6

^{1/} Promedio de los meses de máximo calor.

^{2/} No se consigna cifra ya que el precio medio y el importe han sido recalculados conforme a los precios vigentes.

^{3/} Incluye el costo del diagnostico por \$28,175.00. El FIDE financió \$400,000.00 y el usuario los restantes \$200,000.00.

■ CONCLUSIONES

- La participación de una firma consultora fue importante para conocer las condiciones en que opera una tienda departamental ubicada en zona de clima cálido, lo que a su vez resultó fundamental para determinar las oportunidades de ahorro en los equipos consumidores de energía eléctrica.
- A través del diagnóstico desarrollado, se pudo establecer que aun cuando sí existen posibilidades para incrementar la eficiencia de los equipos, las propuestas de acciones correctivas no eran redituables en función de las inversiones y de los potenciales de ahorro, excepto en lo concerniente a los sistemas de iluminación y de acondicionamiento ambiental.
- Debido a la importancia que para un negocio de esta naturaleza tiene proporcionar niveles adecuados de confort a la clientela, el usuario decidió que el presupuesto asignado se aplicara sólo a mejorar el sistema de acondicionamiento ambiental, lo que a su vez generaría ahorros de tal magnitud que la inversión se recuperaría en un plazo razonable como finalmente se logró.
- El negocio del ahorro de energía eléctrica se pudo obtener de considerar 2 parámetros sencillos de determinar, por un lado, la vida útil del equipo en operación que indica el grado de obsolescencia a que ha llegado, y por otro, el índice de eficiencia que se determina mediante mediciones.
- En el caso descrito, se hizo evidente que el equipo tenía que sustituirse ya que por el deterioro sufrido su capacidad efectiva

había descendido drásticamente en relación con su capacidad nominal, además de que el valor de 1.9 kW/TR era un claro indicio del ahorro potencial si se consideraba la eficiencia de un equipo similar de nueva tecnología, cuyos índices oscilan entre 1.0 y 1.2 kW/TR.

- El éxito de este proyecto se puede establecer en función de los beneficios aportados al usuario y que consistieron, además de las mejoras en el confort para la clientela, en que la inversión se pudo recuperar en un período de 3.6 años cuando la vida útil del equipo nuevo es de 15 años.

