



### ■ ANTECEDENTES

El Centro Comercial Mazón Hermanos, está ubicado en la zona centro de la ciudad de Hermosillo, Sonora, sobre el Boulevard Luis Encinas y Navarrete, Col. San Benito. Está catalogado como tienda departamental, ya que cuenta con los siguientes departamentos distribuidos en tres niveles y un Mezzanine: caballeros, niños, zapatería, damas, equipaje, lencería, bebés, perfumería y cosméticos, hogar, blancos, muebles, electrónica y línea blanca, cocinas, cristalería y porcelana, además de las zonas de cajas registradoras, estando integrados dos locales, el denominado "Fantasy" de juegos de video y el "Mustache" con servicio de restaurante y fuente de sodas.

En el año de 1997 se encontraba contratado bajo la tarifa OM, aplicable a servicios suministrados en mediana tensión. La acometida de Comisión Federal de Electricidad es de 13.2 kV, la subestación se encuentra ubicada en la azotea del inmueble y consta de 3 transformadores trifásicos de 750 kVA, 500 kVA y



112.5 kVA, contándose con equipo de medición en baja tensión; existe una planta de emergencia ubicada también en la azotea del inmueble, la cual abastece de energía eléctrica en caso de falla.

Durante el período de septiembre de 1996 a agosto de 1997 el servicio de energía eléctrica tuvo los siguientes valores mensuales promedio: 594 kW, 240,200 kWh y \$109,059.92 en demanda, consumo e importe respectivamente, así como un precio medio de 0.4537 \$/kWh como se observa en el siguiente cuadro:

SISTEMA	CARGA INSTALADA		FACTOR DE DIVERSIDAD	DEMANDA	
	kW	%		kW	%
Acondicionamiento ambiental	491.3	53.1	1.3	377.9	52.5
Iluminación	337.1	36.4	1.1	306.4	36.2
Elevadores	27.0	2.9	2.0	13.5	1.9
Bombeo de agua	11.2	1.2	1.5	7.5	1.0
Otras cargas	58.8	6.4	4.0	14.7	2.0
<b>TOTAL</b>	<b>925.4</b>	<b>100.0</b>		<b>720.0</b>	<b>100.0</b>

Del cuadro anterior se pudo determinar que los dos sistemas (acondicionamiento ambiental e iluminación) contribuían con el 88.7 % a la demanda máxima, por lo que el diagnóstico se enfocó al análisis de los mismos.

PERIODO	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	F.C. (%)	P.M. (\$/kWh)
Sept-96	720	316,800	128,566.00	61.11	0.4058
Oct-96	696	321,600	132,546.00	64.18	0.4121
Nov-96	552	208,800	83,148.00	52.54	0.3982
Dic-96	504	201,600	80,468.00	55.56	0.3991
Ene-97	504	206,400	89,464.00	56.88	0.4334
Feb-97	504	175,200	82,848.00	48.28	0.4729
Mar-97	552	177,600	87,552.00	44.69	0.4930
Abr-97	552	194,400	89,225.00	48.91	0.4590
May-97	552	237,600	102,865.00	59.78	0.4329
Jun-97	624	252,000	128,209.00	56.09	0.5088
Jul-97	696	300,000	156,550.00	59.87	0.5218
Ago-97	672	290,400	147,278.00	60.02	0.5072
<b>PROMEDIO</b>	<b>594</b>	<b>240,200</b>	<b>109,059.92</b>	<b>55.66</b>	<b>0.4537</b>

## DIAGNOSTICO

El censo de cargas permitió establecer que los sistemas de acondicionamiento ambiental y de iluminación representan las cargas más importantes; otros sistemas como elevadores y bombeo no tienen un impacto considerable en la carga total instalada. De acuerdo con este censo, fue posible definir que la contribución a la mayor demanda máxima (720 kW) ocurrida en el mes de septiembre de 1996, fue de la siguiente manera:



### Sistema de acondicionamiento ambiental

Este sistema se compone de 4 chillers tipo centrífugo con una capacidad individual de 100 TR; 9 unidades tipo ventana de 1 TR cada una y 2 unidades tipo paquete de 7.5 TR cada una; existían también 15 unidades manejadoras de aire encargadas de distribuir el aire frío en la tienda; la carga instalada se aprecia en los siguientes cuadros:

helada, la cual es enfriada en la 4 unidades mencionadas que están ubicadas en la azotea del inmueble. Cada unidad cuenta con 4 compresores cuyos condensadores son enfriados con aire.

Aun cuando las unidades llevan operando 15 años aproximadamente, la eficiencia determinada en función de las mediciones fue de 0.989 kW/TR, valor que puede ser consi-

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	EFICIENCIA kW/TR	CARGA UNITARIA kW	NUMERO	CAPACIDAD TOTAL TR	CARGA TOTAL kW
Unidad generadora de agua helada con compresores tipo centrífugo	100.00	0.989	98.9	4	400	395.6
Unidad tipo ventana	1.00	1.100	1.1	9	9	9.9
Unidad tipo paquete	7.50	1.650	12.4	2	15	24.8
<b>Subtotal</b>					<b>424</b>	<b>430.3</b>
Equipo periférico 1/						61.0
<b>TOTAL</b>						<b>491.3</b>

1/ Ver detalle en el siguiente cuadro.

EQUIPO	CARGA UNITARIA		NUMERO	CARGA TOTAL kW
	HP	kW		
Unidad manejadora de aire	7.5	5.59	6	33.56
Unidad manejadora de aire	5.0	3.73	5	18.64
Unidad manejadora de aire	2.0	1.50	1	1.50
Unidad manejadora de aire	1.5	1.12	2	2.24
Unidad manejadora de aire	0.75	0.56	1	0.56
<b>Subtotal manejadoras</b>				<b>56.49</b>
Bomba de agua helada	1.0	0.75	3	2.25
Bomba de agua de retorno	1.0	0.75	3	2.25
<b>Subtotal bombas</b>				<b>4.50</b>
<b>TOTAL</b>				<b>61.0</b>

Como se puede observar, de las 424 TR instaladas, 400 TR, equivalentes al 94.3 %, corresponden a las unidades generadoras de agua helada, lo que es indicativo de que el confort de la clientela depende de éstas. El sistema está constituido por 15 manejadoras de aire, alimentadas por un circuito de agua

derado como aceptable si bien las unidades nuevas disponen de eficiencias entre 0.65 y 0.70 kW/TR.

Por lo que se refiere a las unidades manejadoras de aire (UMA), se llevó a cabo una evaluación de las condiciones eléctricas de

trabajo de los motores con potencias mayores a 5 HP, a partir de mediciones de corriente y tensión, llegándose a la conclusión de que 8 motores eran susceptibles de sustituirse dada la eficiencia y el porcentaje de carga determinados. Sin embargo, el costo de los motores nuevos indicó que dicha sustitución resultaba incosteable.

### Sistema de iluminación

El sistema de iluminación consistía en lámparas fluorescentes tipo T-12, balastos electromagnéticos convencionales, lámparas de vapor de mercurio y lámparas incandescentes de diversas potencias, como se puede apreciar a continuación:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO	CARGA TOTAL kW
8X75 W	720	4	2.88
6X75 W	540	2	1.08
4X75 W	360	31	11.16
2X75 W	180	549	98.82
1X75 W	97	120	11.64
6X39 W	300	323	96.90
4X39 W	200	54	10.80
2X39 W	100	217	21.70
1X39 W	55	93	5.12
2X40 W	95	50	4.75
2X20 W	58	1	0.06
1X20 W	33	42	1.39
1X30 W	45	69	3.11
1X15 W	22	68	1.50
40 W "U"	53	2	0.11
1000 W V.M.	1,090	6	6.54
400 W V.M.	455	1	0.46
250 W V.M.	290	84	24.36
150 W V.M.	180	1	0.18
500 W Yodo-Cuarzo	500	1	0.50
150 W Yodo-Cuarzo	150	15	2.25
150 W Incandescente	150	5	0.75
75 W Incandescente	75	374	28.05
20 W Dicroica	23	21	0.48
7.5 W Incandescente	8	336	2.52
<b>Total</b>	<b>5,779</b>	<b>2,469</b>	<b>337.08</b>

Debe llamarse la atención que los sistemas compuestos por lámparas fluorescentes lineales de 15, 20, 30, 39, 40 y 75 W son del tipo T-12 que pertenecen a una tecnología obsoleta, aun más si se toma en cuenta que los balastos son del tipo convencional.

El nivel de iluminación medido en la planta baja de la tienda fue de 139 luxes, mientras que en la planta alta fue de 135 luxes en promedio.

### PROBLEMATICA

La problemática para el ahorro de energía eléctrica en el centro comercial es compleja, ya que no se cuenta con una administración adecuada de la energía y se carece de programas de mantenimiento preventivo, además de que no se cuenta con diagramas unifilares, diagramas de distribución de luminarias, etc.; es decir, no se cuenta con ningún tipo de plano del inmueble. Enseguida se describen brevemente las deficiencias detectadas en los sistemas de acondicionamiento ambiental y de iluminación:

#### Acondicionamiento ambiental

Como problemática fundamental en este sistema se tiene la vida de las unidades generadoras de agua helada (chillers), que es de poco más de 15 años, siendo lo más recomendable la sustitución de las mismas por otras de mayor eficiencia. Otras deficiencias detectadas en este sistema se describen enseguida:

- *Mantenimiento.* - A través de las mediciones efectuadas se observó que los niveles de temperatura no son iguales en todos los departamentos, anomalía que tiene explicación en lo siguiente:

No obstante que no se alcanza la temperatura de confort, cuando menos una unidad no funciona, lo cual indica que el sistema de control no opera adecuadamente.

- Cuando menos una UMA se encontraba fuera de servicio, coincidentemente la de mayor capacidad, lo que indica fallas en la alimentación de energía eléctrica, ya que el motor se encontró en perfectas condiciones.
- Los filtros de aire se encontraron sucios en exceso, lo que indica descuido en la labor de limpieza.
- El sistema de ductos se ha modificado paulatinamente con motivo de los cambios habidos en la tienda, por lo cual se encuentra desbalanceado.
- La ductería, en términos generales, no está correctamente aislada térmicamente, originando ganancias adicionales de calor.
- El retorno de aire a las UMA'S se hace a través de cámara plena, en donde existen rejillas bloqueadas por mercancía (planta baja), reduciendo la eficiencia del equipo.
- *Aire de retorno con ganancia de calor.*- Las UMA'S 7, 8 y 9 se encuentran localizadas en la azotea del inmueble, a un lado de la construcción destinada a oficinas y frente a las unidades generadoras de agua helada. Estas unidades se encuentran confinadas en cubículos cerrados, contruidos con paredes de tabique recubiertas con mezcla, techados con lámina de asbesto. Reciben la radiación solar todo el día propiciando que en el interior

de dichas construcciones se presenten temperaturas sumamente elevadas (se registraron temperaturas de hasta 48 °C) y, debido a que estas construcciones actúan como cámara plena para el aire de retorno procedente de la planta alta de la tienda y oficinas, se presenta una ganancia de calor excesiva que afecta al rendimiento del sistema de acondicionamiento ambiental.

- *Ganancia de calor en el ático.*- La construcción de la ampliación de las oficinas localizadas en la azotea del inmueble, cuenta con un techado a dos aguas a base de multipanel con pintura reflejante y plafón falso en el interior. Lo anterior provoca que el espacio localizado entre el techo y el plafón presente una ganancia de calor considerable. En este sitio se encuentran localizadas tres UMA'S, las cuales toman aire del ático utilizado como cámara plena, lo cual provoca una ganancia excesiva de calor con la consecuente baja de rendimiento de los equipos. Además, los ductos que distribuyen el aire hacia el las diferentes áreas de oficina, no cuentan con aislante térmico, por lo que la ganancia de calor se incrementa considerablemente.
- *Infiltraciones de aire caliente.*- Existen infiltraciones considerables que afectan el rendimiento de los equipos de acondicionamiento ambiental, ocasionadas principalmente por la apertura permanente de algunas puertas y ventanas.
- La puerta que comunica a la tienda con el estacionamiento cubierto, localizado en la parte oriente del inmueble, es de accionamiento automático, con sensores de presencia infrarrojos; el mecanismo de apertura y cierre de la misma

se encontró averiado, originando que el personal de la tienda mantenga abierta la puerta durante el período en que la tienda se encuentra en operación.

- Algunas ventanas de oficinas se mantienen abiertas, lo que ocasiona infiltraciones excesivas.
- La puerta de acceso a oficinas del tercer nivel, se mantiene abierta durante la mayor parte del tiempo de labores, no obstante que cuenta con un mecanismo de cierre automático.
- La puerta que comunica el área de oficinas con el área de mantenimiento y máquinas de la azotea, no presenta condiciones de cierre y hermeticidad adecuadas.
- Existen áreas de la tienda que se comunican con áreas de bodega que no están acondicionadas y las puertas de acceso entre dichas áreas, permanecen abiertas.
- Las puertas de acceso al Mall, localizadas al frente de la tienda, presentan huecos considerables y constantemente se encuentran abiertas.
- *Radiación solar en puertas y ventanas.*- La tienda cuenta con una puerta de acceso localizada en la planta baja con orientación poniente, misma que recibe directamente la radiación solar, particularmente por las tardes, lo cual provoca ganancias excesivas de calor. El mismo caso se presenta en la puerta localizada en el departamento de regalos, que tiene una orientación oriente y recibe la radiación solar, en este caso por las mañanas,

provocando el mismo efecto. Por otro lado, existen algunas ventanas con cristal claro en el área de oficinas que permiten el paso indiscriminado de la radiación solar.

- *Daños en el aislamiento de tubería de agua helada.*- El sistema de tuberías de distribución de agua helada que pasa por la azotea, presenta daños considerables en el aislamiento, provocando ganancias de calor en los tubos desnudos y consecuentemente, una disminución en la eficiencia de los equipos.
- *Nulo funcionamiento de los equipos de ventana.*- En el área de oficinas localizadas en el tercer nivel, se tienen niveles de temperatura demasiado elevados (38 °C), debido a que la mayoría de los equipos de ventana se encontraron fuera de operación; lo cual se origina en que la alimentación eléctrica se encuentra desbalanceada. Es decir, la carga total al funcionar todos los equipos, excede la capacidad del dispositivo de protección termomagnético. Lo anterior provoca que en esta área no se alcancen condiciones de confort.

### ***Iluminación***

Como ya se mencionó, en el centro comercial se tiene instalado equipo de tecnología obsoleta, como son las lámparas tipo T-12 de 75 y 39 W con balastos convencionales, cuya carga, en conjunto, representa el 77.1 % del total; es importante mencionar que la gran cantidad de lámparas incandescentes contribuyen al incremento de la carga térmica en el interior.

Para incrementar la eficiencia del sistema de iluminación, deben sustituirse los equipos existentes por otros que además de tener una

mayor vida útil, proporcionen mayor flujo luminoso, como son las lámparas T-12 de 60 W y T-8 de 32 W, además de la instalación de reflectores especulares de aluminio con reflectancia de 95% dentro de los gabinetes. La iluminación incandescente, tanto interior como exterior, puede sustituirse por lámparas fluorescentes compactas PL-S 9W y SL-S 20W. En lo referente a la iluminación de yodo cuarzo, se pueden instalar lámparas de aditivos metálicos y sustituir las lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión.

## ■ POTENCIAL DE AHORRO

### *Acondicionamiento ambiental*

Con base en la problemática expuesta anteriormente, fueron propuestas una serie de alternativas con el fin de dar solución a las diversas deficiencias detectadas en este sistema, mismas que se mencionan a continuación:

- Brindar servicio completo y exhaustivo de mantenimiento, teniendo como prioridad lo siguiente:
  - La evaluación y sustitución de termostatos en malas condiciones de operación.
  - Revisión de la instalación eléctrica, evitando fallas en la alimentación de los equipos.
  - Limpieza o sustitución de los filtros de los equipos de acondicionamiento ambiental.
  - Redistribuir los ductos de aire frío para balancear el suministro del mismo, uniformizando así la temperatura de las áreas acondicionadas.
- Aislar correctamente los mencionados ductos con el fin de eliminar las ganancias de calor.
- Despejar la entrada de las rejillas de retorno de aire a las UMA'S, evitando influir negativamente en la eficiencia de los equipos.
- Se propuso instalar un sobretecho para las manejadoras 7, 8 y 9 que se localizan en la azotea del inmueble, con láminas de asbesto y pintura reflejante para evitar la transmisión directa de la radiación solar.
- Ventilar el ático mediante la colocación de ventilas con rejilla que permitan la circulación de aire exterior, propiciando un incremento en la eficiencia de las UMA'S que se encuentran ahí instaladas.
- Reparar los mecanismos automáticos de apertura y cierre de las puertas; instalar dispositivos que aseguren su hermeticidad, además de colocar avisos para que el personal mantenga cerradas las puertas y ventanas que comunican al exterior o con áreas no acondicionadas.
- Se propuso aplicar película reflejante en las puertas y ventanas con exposición prolongada a la luz del sol, con el objeto de rechazar la mayor cantidad posible de radiación y evitar el aumento de temperatura en el interior de la tienda y oficinas.
- Aislar las tuberías de agua helada que así lo requiriesen.
- Dado que los equipos de ventana instalados en el área de oficinas no satis-

facen los requerimientos de confort, se propuso sustituir dichas unidades por una unidad manejadora de aire conectada al circuito de agua helada, así como de sus respectivos ductos de distribución.

Enseguida se aprecia un resumen de los beneficios pronosticados por la firma consultora encargada de realizar el diagnóstico.

### Sistema de iluminación

En lo que respecta al sistema de iluminación, fueron propuestas dos alternativas para incrementar la eficiencia del sistema, mismas que se describen a continuación:

Alternativa N° 1.- Consistía en sustituir la totalidad de lámparas y balastos de tipo convencional instalados en los gabinetes de

No.	CONCEPTO	AHORRO ANUAL			INVERSION (\$)	PERIODO DE RECUPERACION (años)
		DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$) 1/		
1	Mantenimiento a equipos e instalaciones	1.7	7,255	3,430.89	88,399.60	25.8 2/
2	Techar UMA'S 7, 8 y 9	4.5	12,295	5,814.31	29,072.60	5.0
3	Eliminar infiltraciones en puertas	1.5	5,284	2,498.80	10,496.05	4.2
4	Reparar mecanismos automáticos de apertura	1.6	6,857	3,242.68	12,360.01	3.8
5	Ventilar ático	2.3	3,490	1,650.42	4,951.44	3.0
6	Sustituir equipos de ventana por UMA	9.8	42,528	20,111.49	71,087.25	3.5
7	Instalar película reflejante	—	11,911	5,632.71	50,700.00	9.0
8	Aplicar aislamiento en tuberías	3.1	13,639	6,449.88	34,190.00	5.3
<b>TOTAL</b>		<b>24.5</b>	<b>103,259</b>	<b>48,831.18</b>	<b>301,257.85</b>	<b>6.2</b>

1/ Considerando un precio medio de 0.4729 \$/kWh.

2/ No rentable debido a que los trabajos son para corregir deficiencias de mantenimiento.

En el cuadro anterior se puede notar que con la Acción N° 1 se obtendrían ahorros mínimos, de tal forma que no era rentable ya que se trataba de realizar trabajos de mantenimiento, labor que había sido descuidada por parte del usuario quien, además, se comprometió a llevarlos a cabo al margen del proyecto por ser necesarios para el óptimo funcionamiento de los equipos.

En cuanto a las acciones restantes, las N° 7 y 8 no resultaron viables por el elevado periodo de recuperación, mientras que el conjunto de las numeradas de la 2 a la 6 tenían un periodo de recuperación inferior a 4 años, por lo que el usuario tomó la decisión de aplicarlas directamente como parte de su aportación.

6X39 W, 8X75 W, 1X75 W y 1X20 W, por equipos de alta eficiencia como son los de 4X32 W, 1X32 W, 4X60 W, 2X60 W y 1X60 W, instalando en la mayoría de los casos reflectores especulares de aluminio en el interior de los gabinetes, para incrementar la reflectancia de los mismos.

Asimismo, todos los focos incandescentes de 75 W serían sustituidos por lámparas fluorescentes compactas de 20 W; las lámparas de yodo cuarzo de 150 W serían retiradas, instalando en su lugar lámparas de aditivos metálicos de 70 W.

Alternativa N° 2 Esta alternativa constaba de 6 medidas con las cuales se obtendrían

mayores beneficios que en la alternativa anterior; estaba dirigida a elevar el índice de reflectancia de la totalidad de los gabinetes con sistemas fluorescentes, retirando las lámparas y balastos convencionales e instalando en su lugar equipos de alta eficiencia, disminuyendo la carga instalada al reducir el número de lámparas de 6 ó 4 tubos de 39 W a 3 ó 2 de 32 W; de igual forma, serían sustituidas las lámparas y balastos convencionales de 75 W por otros de alta eficiencia de 60 W. En los casos críticos sería instalado un reflector de aluminio dentro de los gabinetes para no demeritar el nivel de iluminación y, por último, las lámparas de vapor de mercurio serían sustituidas por lámparas de vapor de sodio de alta presión. No se incluyó la sustitución de focos incandescentes, ya que esta acción sería aplicada posteriormente con recursos propios del usuario.

A continuación se detallan las 6 medidas propuestas y los resultados que se obtendrían :

MEDIDA	TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA TOTAL kW 1/	OPERACION MENSUAL horas	CONSUMO MENSUAL kWh
1	6X39 W	300	323	88.1	420	36,998
2	4X39 W	200	54	9.8	420	4,124
3	2X39 W	100	217	19.7	420	8,285
3	1X39 W	55	93	4.7	420	1,953
4	8X75 W	720	4	2.6	420	1,100
4	6X75 W	540	2	1.0	420	412
4	4X75 W	360	22	7.2	420	3,024
5	2X75 W	180	549	89.8	420	37,731
5	1X75 W	97	120	10.6	420	4,444
6	1000 W V.M.	1,090	6	5.9	210	1,249
6	400 W V.M.	455	1	0.4	210	87
6	250 W V.M.	290	84	22.1	420	9,301
6	150 W V.M.	180	1	0.2	210	34
<b>TOTAL</b>			<b>1,476</b>	<b>262.2</b>		<b>108,743</b>

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.1.

MEDIDA	TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA TOTAL kW 1/	OPERACION MENSUAL horas	CONSUMO MENSUAL kWh
1	4X32 W c/r	144	267	35.0	420	14,680
1	3X32 W c/r	113	56	5.8	420	2,416
2	2X32 W c/r	72	54	3.5	420	1,485
3	1X32 W c/r	41	194	7.2	420	3,037
3	2X32 W	72	23	1.5	420	632
3	1X32 W	41	93	3.5	420	1,456
4	8X60 W	500	4	1.8	420	764
4	6X60 W	394	2	0.7	420	301
4	3X60 W	197	19	3.4	420	1,429
4	4X60 W	250	3	0.7	420	286
5	1X60 W c/r	72	411	26.9	420	11,299
5	2X60 W	125	60	6.8	420	2,864
5	1X60 W	72	80	5.2	420	2,199
5	1X60 W	72	118	7.7	420	3,244
6	400 W VSAP	460	6	2.5	210	527
6	200 W VSAP	240	1	0.2	210	46
6	150 W VSAP	180	84	13.7	420	5,773
6	100 W VSAP	125	1	0.1	210	24
<b>TOTAL</b>			<b>1,476</b>	<b>126.3</b>		<b>52,461</b>

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.1.

mayores beneficios que en la alternativa anterior; estaba dirigida a elevar el índice de reflectancia de la totalidad de los gabinetes con sistemas fluorescentes, retirando las lámparas y balastos convencionales e instalando en su lugar equipos de alta eficiencia, disminuyendo la carga instalada al reducir el número de lámparas de 6 ó 4 tubos de 39 W a 3 ó 2 de 32 W; de igual forma, serían sustituidas las lámparas y balastos convencionales de 75 W por otros de alta eficiencia de 60 W. En los casos críticos sería instalado un reflector de aluminio dentro de los gabinetes para no demeritar el nivel de iluminación y, por último, las lámparas de vapor de mercurio serían sustituidas por lámparas de vapor de sodio de alta presión. No se incluyó la sustitución de focos incandescentes, ya que esta acción sería aplicada posteriormente con recursos propios del usuario.

A continuación se detallan las 6 medidas propuestas y los resultados que se obtendrían :

MEDIDA Nº	TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA TOTAL kW 1/	OPERACION MENSUAL horas	CONSUMO MENSUAL kWh
1	6X39 W	300	323	88.1	420	36,998
2	4X39 W	200	54	9.8	420	4,124
3	2X39 W	100	217	19.7	420	8,285
3	1X39 W	55	93	4.7	420	1,953
4	8X75 W	720	4	2.6	420	1,100
4	6X75 W	540	2	1.0	420	412
4	4X75 W	360	22	7.2	420	3,024
5	2X75 W	180	549	89.8	420	37,731
5	1X75 W	97	120	10.6	420	4,444
6	1000 W V.M.	1,090	6	5.9	210	1,249
6	400 W V.M.	455	1	0.4	210	87
6	250 W V.M.	290	84	22.1	420	9,301
6	150 W V.M.	180	1	0.2	210	34
<b>TOTAL</b>			<b>1,476</b>	<b>262.2</b>		<b>108,743</b>

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.1.

MEDIDA Nº	TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA TOTAL kW 1/	OPERACION MENSUAL horas	CONSUMO MENSUAL kWh
1	4X32 W c/r	144	267	35.0	420	14,680
1	3X32 W c/r	113	56	5.8	420	2,416
2	2X32 W c/r	72	54	3.5	420	1,485
3	1X32 W c/r	41	194	7.2	420	3,037
3	2X32 W	72	23	1.5	420	632
3	1X32 W	41	93	3.5	420	1,456
4	8X60 W	500	4	1.8	420	764
4	6X60 W	394	2	0.7	420	301
4	3X60 W	197	19	3.4	420	1,429
4	4X60 W	250	3	0.7	420	286
5	1X60 W c/r	72	411	26.9	420	11,299
5	2X60 W	125	60	6.8	420	2,864
5	1X60 W	72	80	5.2	420	2,199
5	1X60 W	72	118	7.7	420	3,244
6	400 W VSAP	460	6	2.5	210	527
6	200 W VSAP	240	1	0.2	210	46
6	150 W VSAP	180	84	13.7	420	5,773
6	100 W VSAP	125	1	0.1	210	24
<b>TOTAL</b>			<b>1,476</b>	<b>126.3</b>		<b>52,461</b>

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.1.

A continuación se presentan resumidos los ahorros pronosticados: ■ **ACCIONES CORRECTIVAS**

CONCEPTO	AHORRO ANUAL			INVERSION (\$)	PERIODO DE RECUPERACION (años)
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$) 1/		
MEDIDA N° 1	47.3	19,902	9,411.66	343,352.05	3.0
MEDIDA N° 2	6.3	2,639	1,247.98	29,543.73	2.0
MEDIDA N° 3	12.2	5,110	2,416.52	81,522.34	2.8
MEDIDA N° 4	4.8	1,756	830.41	22,471.76	2.3
MEDIDA N° 5	53.8	22,569	10,672.88	320,635.72	2.5
MEDIDA N° 6	12.1	4,301	2,033.94	63,096.62	2.6
<b>TOTAL</b>	<b>136.5</b>	<b>56,277</b>	<b>26,613.39</b>	<b>860,622.22</b>	<b>2.7</b>

1/ Considerando un precio medio de 0.4729 \$/kWh.

No obstante que esta alternativa era atractiva debido a los ahorros pronosticados, llevar a cabo las 6 medidas propuestas implicaba invertir \$860,622.22, cantidad que rebasaba los recursos disponibles, por lo cual se contempló la posibilidad de aplicar las medidas en forma independiente, de acuerdo a los alcances presupuestales.



### *Sistema de acondicionamiento ambiental.*

Como se mencionó anteriormente, el Centro Comercial Mazón Hermanos destinó parte de su aportación en realizar algunas acciones correctivas con recursos propios, habiendo sido las siguientes:

- Fueron techadas las unidades manejadoras de aire números 7, 8 y 9, ubicadas en la azotea del inmueble.
- Se eliminaron infiltraciones de aire exterior en puertas.
- Fueron reparados los mecanismos de apertura y cierre de puertas.
- Se instalaron ventilas con rejillas en el ático, con el fin de propiciar la circulación de aire exterior en las UMA'S.
- Fueron retiradas las unidades de ventana que se encontraban fuera de operación, en su lugar se instaló una unidad manejadora de aire conectada al circuito de agua helada para proporcionar el servicio en el área de oficinas.

El resumen de los pronósticos de ahorro se muestra enseguida:

ACCION	AHORRO ANUAL			INVERSION (\\$)	PERIODO DE RECUPERACION (años)
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\\$)		
Techar UMA'S 7, 8 y 9	4.50	12,295	5,814.31	29,072.60	5.0
Eliminar infiltraciones en puertas	1.50	5,284	2,498.80	10,496.05	4.2
Reparar mecanismos de apertura	1.60	6,857	3,242.68	12,360.91	3.8
Ventilar el ático	2.30	3,490	1,650.42	4,951.44	3.0
Sustituir unidades de ventana por una UMA	9.80	42,528	20,111.49	71,087.25	3.5
<b>TOTAL</b>	<b>19.70</b>	<b>70,454.00</b>	<b>33,317.70</b>	<b>127,968.25</b>	<b>3.8</b>

### Sistema de iluminación.

Las acciones correctivas aplicadas en el sistema de iluminación fueron la siguientes:

- 267 sistemas convencionales de 6X39 W fueron modificados en la siguiente forma: Se retiraron los 6 tubos fluorescentes de 39 W, arranque instantáneo tipo T-12 y 3 balastos electromagnéticos convencionales; en su lugar fueron instaladas 4 lámparas de 32 W arranque rápido tipo T-8 y 2 balastos electromagnéticos de alta eficiencia de 2X32 W; adicionalmente se instaló un reflector especular de aluminio en cada gabinete, diseñado con 4 curvas para albergar el mismo número de lámparas.
- En 56 gabinetes con sistemas convencionales de 6X39 W fueron retirados los 6 tubos fluorescentes de 39W, arranque instantáneo tipo T-12 y 3 balastos electromagnéticos convencionales; en su lugar

fueron instaladas 3 lámparas de 32 W arranque rápido tipo T-8 y 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 3X32 W; adicionalmente se instaló un reflector especular de aluminio en cada gabinete, diseñado con 3 curvas para albergar el mismo número de lámparas.

- Fueron retirados 54 sistemas de 4X39 W, con lámparas de encendido instantáneo tipo T-12 y 2 balastos electromagnéticos convencionales de 2X39 W, instalándose en su lugar el mismo número de sistemas de 2X32 W, utilizando lámparas de arranque rápido tipo T-8 y 2 balastos electromagnéticos de alta eficiencia de 2X32 W; fue instalado también un reflector especular de aluminio con 2 curvas en cada gabinete.

En el siguiente cuadro se puede apreciar tanto el esquema de sustitución de sistemas como el pronóstico de ahorro:

SISTEMA	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE SISTEMAS	CARGA TOTAL kW	DEMANDA MAXIMA kW <sup>1/</sup>	CONSUMO MENSUAL kWh <sup>2/</sup>	IMPORTE MENSUAL (\\$) <sup>3/</sup>
Convencional 6X39 W	300	267	80.10	72.82	30,584	14,463.00
Ahorrador 4X32 W c/r	144	267	38.45	34.95	14,681	6,942.60
Ahorro			41.65	37.86	15,903	7,520.40
Convencional 6X39 W	300	56	16.80	15.27	6,415	3,033.44
Ahorrador 3X32 W c/r	113	56	6.33	5.75	2,417	1,142.96
Ahorro			10.47	9.52	3,998	1,890.48
Convencional 4X39 W	200	54	10.80	9.82	4,124	1,950.07
Ahorrador 2X32 W c/r	72	54	3.89	3.54	1,485	702.39
Ahorro			6.91	6.28	2,638	1,247.68
Ahorro total			59.03	53.66	22,539	10,658.56
<b>INVERSION (\$) <sup>4/</sup></b>	<b>372,895.78</b>		<b>PERIODO DE RECUPERACION (años) 2.9</b>			

<sup>1/</sup> Considerando un factor de diversidad de 1.1

<sup>2/</sup> Considerando 420 horas de operación mensual.

<sup>3/</sup> Considerando un precio medio de la energía de 0.4729 \$/kWh.

<sup>4/</sup> Incluye IVA.

Para tomar la decisión de cambiar las lámparas fluorescentes lineales de 39 W por otras de 32 W, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Todas las fuentes luminosas tienen una propiedad denominada índice de rendimiento de color (CRI); es la capacidad que tiene una lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos que ilumina. El CRI se mide en una escala de 0 a 100, en donde tanto la luz del sol como la de las lámparas incandescentes tienen un CRI de 100. Es muy importante que los objetos y las personas iluminadas por una lámpara se vean naturales.

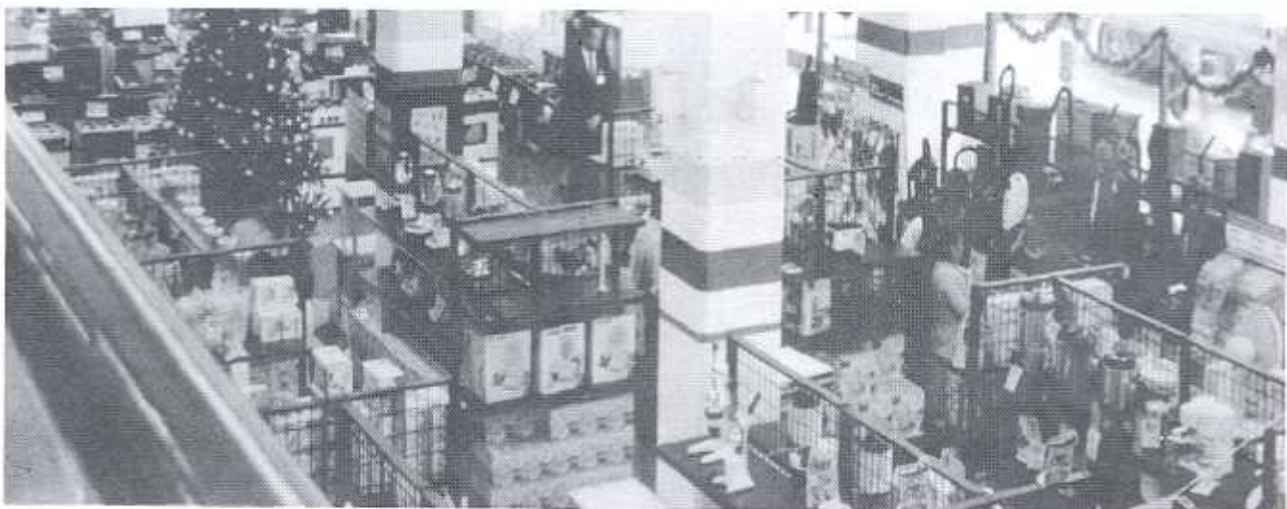
En aplicaciones comerciales, las lámparas con alto índice de rendimiento de color hacen que la mercancía sea más atractiva al cliente, lo cual también tiene que ver con la "temperatura de color", que es una medida que se especifica en las lámparas y se refiere a la apariencia o tonalidad de la luz que emite una fuente luminosa. La forma en que percibimos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de una lámpara y es fundamental para establecer una atmósfera de confort o fresca. Las diferentes tonalidades se miden en °K (grados Kelvin).

Las lámparas que se perciben blancas y brillantes o zuladas tienen una temperatura de color arriba de los 3,600 °K y se denominan luz fría; se utilizan en aplicaciones industriales, oficinas, hospitales.

Las lámparas que se perciben rojas o amarillentas tienen una temperatura de color por debajo de los 3,400 °K y se denominan luz cálida, su utilización es para acondicionar lugares donde se requieran ambientes de confort u hospitalidad por ejemplo, en restaurantes o el hogar.

La cantidad de luz emitida por una fuente luminosa se denomina flujo luminoso y su unidad es el Lumen (lm); es muy importante tomar en cuenta este parámetro, pues una premisa de los proyectos de ahorro de energía eléctrica es no afectar los niveles de confort. De esta forma, al sustituir lámparas convencionales por otras de menor potencia, es importante que éstas tengan un flujo luminoso equivalente.

En vista de lo anterior, es posible establecer una comparación entre las lámparas de 39 W y las de 32 W, como se muestra enseguida:



CONCEPTO	TIPO DE LAMPARA	
	39 W T-12	32 W T-8
TIPO DE ARRANQUE	INSTANTANEO	RAPIDO
TEMPERATURA DE COLOR (°K)	4,100	4,100
CRI	62	85
FLUJO LUMINOSO (lm)	2,700	3,000
VIDA UTIL (horas)	9,000	20,000

La información presentada en el cuadro anterior hace evidente las ventajas de sustituir las lámparas de 39 W T-12 por las de 32 W tipo T-8, ya que éstas tienen un CRI de 85 que es ideal para aplicaciones comerciales, específicamente en tiendas departamentales, además de que su flujo luminoso y su vida útil superan a los de las lámparas T-12.

La razón de que el ahorro pronosticado fuese tan atractivo, se debió no sólo a la disminución de la potencia de las lámparas, sino a la utilización de un menor número de tubos, lo cual solamente sería posible al

emitida por las lámparas, haciendo que el luminario proporcione una luz tan intensa como cuando tenía mayor número de lámparas, debido a que su alta reflectividad minimiza las pérdidas dentro del gabinete hasta en un 7%.

El diseño y construcción de los reflectores de aluminio debe hacerse conforme a las características del sistema de iluminación, es decir, tomando en cuenta la altura de montaje sobre el plano de trabajo y el espaciamiento entre gabinetes, con el objeto de que la curva de distribución fotométrica del luminario ya adaptado con reflector, proporcione la misma uniformidad evitando así zonas oscuras.

#### POTENCIAL DE AHORRO

A continuación se muestra resumido el pronóstico de ahorro total:

SISTEMA	AHORRO ANUAL			INVERSION (\$)	PERIODO DE RECUPERACION (años)
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)		
Iluminación	53.7	270,468	127,902.72	372,895.78	2.9
Acondicionamiento ambiental	19.7	70,454	33,317.70	127,968.25	3.8
Subtotal acciones	73.4	340,922	161,220.42	500,864.03	3.1
Costo del diagnóstico				100,050.00	
<b>TOTAL</b>	<b>73.4</b>	<b>340,922</b>	<b>161,220.42</b>	<b>600,914.03</b>	<b>3.7</b>

instalar un reflector especular de aluminio con una alta reflectividad dentro de cada gabinete.

El éxito de la aplicación de un reflector de aluminio, depende de su adecuada construcción, lo cual se consigue aplicando al aluminio dobleces que tienen una exactitud milimétrica, para producir múltiples imágenes en forma simétrica a la lámpara reubicada dentro del gabinete. La función del reflector es proporcionar un control direccional de la luz

#### RESULTADOS

El proyecto se terminó en agosto de 1997, mes en que comenzaron a reportarse ahorros. De acuerdo con las facturaciones emitidas por CFE, se realizó una análisis comparativo de los meses de septiembre de 1997- agosto de 1998, y el mismo periodo de los años 1996-1997.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar los ahorros obtenidos:



MES	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	P.M. \$/kWh	RECALCULO DEL IMPORTE \$ 1/
Sept-96	720	316,800	128,566.00	0.4058	153,455.54
Sept-97	576	314,400	152,293.00	0.4844	152,293.00
Ahorro	144	2,400			1,162.54
Oct-96	696	321,600	132,546.00	0.4121	164,185.01
Oct-97	648	266,400	136,004.00	0.5105	136,004.00
Ahorro	48	55,200			28,181.01
Nov-96	552	208,800	83,148.00	0.3982	84,544.35
Nov-97	580	223,200	90,375.00	0.4049	90,375.00
Ahorro	(28)	(14,400)			-5,830.65
Dic-96	504	201,600	80,468.00	0.3991	80,468.00
Dic-97	286	102,480	34,207.00	0.3338	34,207.00
Ahorro	218	99,120			46,261.00
Ene-97	504	206,400	89,464.00	0.4334	89,464.00
Ene-98	224	82,560	27,633.00	0.3347	27,633.00
Ahorro	280	123,840			61,831.00
Feb-97	504	175,200	82,848.00	0.4729	82,848.00
Feb-98	370	81,840	26,876.00	0.3284	26,876.00
Ahorro	134	93,360			55,972.00
Mar-97	552	177,600	87,552.00	0.4930	87,552.00
Mar-98	430	101,040	32,897.00	0.3256	32,987.00
Ahorro	122	76,560			54,655.00
Abr-97	552	194,400	89,225.00	0.4590	89,225.00
Abr-98	540	107,040	35,464.15	0.3313	35,464.15
Ahorro	12	87,360			53,760.85
May-97	552	237,600	102,865.00	0.4329	129,908.90
May-98	380	135,840	74,271.15	0.3313	35,464.15
Ahorro	172	101,760			55,637.75
Jun-97	624	252,000	128,209.00	0.5088	184,520.22
Jun-98	408	171,360	125,473.75	0.7322	125,473.75
Ahorro	216	80,640			59,046.47
Jul-97	696	300,000	156,550.00	0.5218	208,622.49
Jul-98	691	265,920	184,922.98	0.6954	184,922.98
Ahorro	5	34,080			23,699.52
Ago-97	672	290,400	147,278.00	0.5072	204,519.62
Ago-98	691	307,200	216,351.33	0.7043	216,351.33
Ahorro	(19)	(16,800)			-11,831.71
Promedio 96/97	594	240,200		0.4537	129,942.76
Promedio 97/98	485	179,940		0.4777	94,730.70
<b>AHORRO TOTAL</b>	<b>109</b>	<b>60,260</b>			<b>35,212.06</b>
Inversión (\$)	600,914.03		P. Recuperación (años)		1.4

1/ El recálculo del importe se hizo multiplicando el consumo de un mes por el precio medio del mismo mes del siguiente año.

Los resultados obtenidos se muestran resumidos en el siguiente cuadro:

CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	
			UNITARIO	PORCENTUAL
DEMANDA (kW)	594	485	109	18.35
CONSUMO (kWh)	240,200	179,940	60,260	25.09
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	1/	0.4777	—	—
IMPORTE MENSUAL (\$)	129,942.76	94,730.70	35,212.06	27.10
IMPORTE ANUAL (\$)	1,559,313.12	1,136,768.40	422,544.72	27.10
INVERSION (\$)	600,914.03 2/		P. RECUPERACION (años)	1.4

1/ No se consiga cifra ya que el precio medio se ha recalculado conforme a los precios vigentes.

2/ El FIDE financió \$ 400,050.00 y el usuario aportó los restantes \$ 200,864.03.



Por último debe mencionarse que los niveles de iluminación se incrementaron en 46.76% en la planta baja y en 99.26% en la planta alta, lo cual representó una ventaja adicional del proyecto y constituye un elemento de decisión para que el usuario complementé con recursos propios las acciones en el resto del sistema de iluminación.

para incrementar, en el mediano plazo, la eficiencia de su equipo, con la confianza de que los recursos financieros que le destine podrán recuperarse en periodos similares al del proyecto, es decir, en menos de 2 años, considerando el incremento en el precio de la energía eléctrica.

UBICACION	NIVEL DE ILUMINACION (Luxes)		INCREMENTO	
	ANTERIOR	ACTUAL	ABSOLUTO	%
PLANTA BAJA	139	204	65	46.76
PLANTA ALTA	135	269	134	99.26

## ■ CONCLUSIONES

- El diagnóstico elaborado por una firma consultora proporcionó al usuario un panorama de las condiciones en que venía operando el sistema de utilización de energía eléctrica, y de las acciones que deberían aplicarse para corregir deficiencias que influían en detrimento de las condiciones de confort y en incremento del consumo de energía eléctrica. En esta hoja caso sólo se mencionan algunos de los problemas detectados sin entrar al detalle contenido en el trabajo presentado por dicha firma consultora.
- El presupuesto del FIDE asignado a este proyecto fue de \$ 400,050.00 y el del usuario ligeramente superior a los \$ 200,000.00, limitación que resultó fundamental para que la aplicación de acciones se desviara de las propuestas hechas por la firma consultora, cuyo costo rebasaba los recursos disponibles.
- El proyecto desarrollado cumplió con el objetivo de demostrar que las inversiones destinadas al ahorro de energía eléctrica son redituables. Con base en ello, el usuario ya dispone de suficientes elementos
- La experiencia de este proyecto permitirá a Mazón Hermanos adquirir en un futuro los equipos de vanguardia en cuanto a tecnología, para sustituir paulatinamente su sistema de iluminación obsoleto y mejorar su sistema de acondicionamiento ambiental que demanda el 52.5% del total, lo cual significa que la competitividad del negocio dependerá en buena medida, del funcionamiento eficiente de este sistema, cuyo equipo tendrá que sustituirse por haber llegado al término de su vida económica. Se estima conservadoramente que esta sustitución, si se hace por unidades de nueva tecnología, reedituará ahorros adicionales del 35% del consumo que actualmente tiene el acondicionamiento ambiental.
- Para tener una idea del potencial de ahorro que todavía presenta el sistema de iluminación, bastaría con mencionar que actualmente la tienda tiene 5,779 luminarios instalados y en operación, de diversos tipos y potencias; que el proyecto contempló la sustitución de 1,476 en donde se podría obtener el máximo ahorro y que las acciones se aplicaron a solamente 377.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA  
Mariano Escobedo No. 420. 1er piso, Col. Anzures, México, D.F.  
C.P. 11590 Tel.: 5545 2757 Consulte nuestra página web:  
<http://www.fide.org.mx>