

**CENTRO INTERNACIONAL DE NEGOCIOS MONTERREY, A. C.
"CINTERMEX"****■ ANTECEDENTES**

El Centro Internacional de Negocios Monterrey, A. C. "CINTERMEX", se encuentra localizado en Av. Fundidora No 501, en Monterrey, N.L., su principal actividad es prestar servicio para exposiciones, convenciones y toda clase de eventos; físicamente es un edificio de 65,000 m² repartidos en tres grandes áreas:

- A) Negocios permanentes
- B) Exposiciones
- C) Convenciones

"CINTERMEX" es una institución que trabaja normalmente en horario de 8:00 a 20:00 hrs, de lunes a viernes; sin embargo, puede

trabajarse en días y periodos extraordinarios, de acuerdo a las necesidades de eventos especiales.

El edificio de "CINTERMEX" se encontraba contratado bajo tarifa HM; durante el periodo de abril de 1994 a marzo de 1995, su servicio de energía eléctrica presentó los siguientes valores mensuales promedio:



MES	DEMANDA PICO (kW)	DEMANDA BASE (kW)	DEMANDA FACTURABLE (kW)	CONSUMO PICO (kWh)	CONSUMO BASE (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	IMPORTE NETO (\$)	PRECIO MEDIO (\$/kWh)
Abr-94	1,474	1,575	1,495	62,400	302,400	364,800	94,389.00	0.259
May-94	1,536	1,709	1,571	86,400	422,400	508,800	121,200.00	0.238
Jun-94	1,724	1,724	1,724	91,200	480,000	571,200	134,397.00	0.235
Jul-94	1,349	1,714	1,422	100,800	508,800	609,600	136,583.00	0.224
Ago-94	1,560	1,714	1,591	86,400	446,400	532,800	129,280.00	0.243
Sep-94	1,560	1,714	1,591	72,000	379,200	451,200	116,462.00	0.258
Oct-94	1,407	1,594	1,445	81,600	412,800	494,400	116,823.00	0.236
Nov-94	1,157	1,181	1,162	62,400	326,400	388,800	88,104.00	0.227
Dic-94	1,100	1,148	1,110	62,400	225,600	288,000	75,917.00	0.264
Ene-95	1,229	1,402	1,264	43,200	220,800	264,000	74,069.00	0.281
Feb-95	936	932	936	43,200	211,200	254,400	69,899.00	0.275
Mar-95	1,172	1,580	1,254	43,200	259,200	302,400	87,534.00	0.289
PROMEDIO	1,350	1,499	1,380	69,600	349,600	419,200	103,723.08	0.252

■ DIAGNOSTICO

Una firma consultora desarrolló un diagnóstico para determinar la importancia de cada una de las cargas conectadas. A continuación se muestra la distribución de cargas existentes en el recinto:

Los resultados del diagnóstico permitieron establecer que el sistema de

EQUIPO	CARGA	
	kW	%
Unidades generadoras de agua helada	1,600.0	59.5
Torres de enfriamiento y ventiladores	342.3	12.7
Manejadoras de aire	211.9	7.9
Subtotal acondicionamiento ambiental	2,154.2	80.1
Iluminación	241.2	9.0
Escaleras eléctricas, elevadores	173.5	6.4
Extractores	62.1	2.3
Bombas pluviales, cárcamo, calderas	58.6	2.2
TOTAL	2,689.6	100.0



acondicionamiento ambiental (considerando manejadoras y torres de enfriamiento) representa el 80.1 % de la carga total del inmueble, lo cual es razonable debido a las altas temperaturas que se registran en la época de verano, la iluminación sólo representa un 9.0 %.

A continuación se muestra la descripción de los equipos de acondicionamiento ambiental, así como de sus equipos complementarios:

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	EFICIENCIA UNITARIA kW/T.R.	CARGA UNITARIA kW	NUMERO	CAPACIDAD TOTAL TR	CARGA TOTAL kW
Unidad generadora de agua helada con compresor tipo centrífugo	1,000	0.80	800.00	2	2,000	1,600.0
Bombas de agua helada y condensados, torres de enfriamiento, ventiladores			34.23	10		342.3
Unidad manejadora de aire			6.23	34		211.9
TOTAL				46	2,000	2,154.2

■ PROBLEMATICA

Cabe mencionar que el sistema de acondicionamiento ambiental es relativamente nuevo y se encontró en buenas condiciones de operación, como lo demuestra el hecho de que su eficiencia es de 0.8 kW/TR. Por lo tanto, las oportunidades de ahorro de energía eléctrica, sólo podrían estar en la instalación de un sistema de control, con base en las siguientes consideraciones:

- A) En algunas áreas del edificio las temperaturas del aire eran inferiores a la temperatura de confort, que es de 24 °C y 50% de humedad relativa. Esta circunstancia tenía su origen en que los termostatos estaban desajustados, razón por la cual se requería un flujo mayor de agua helada hacia las manejadoras y por ende, un mayor consumo de energía eléctrica.
- B) Las manejadoras multizona suministraban aire tanto a áreas comunes como a los locatarios, quienes en su mayoría terminan de laborar a las 17:30 horas, teniendo como resultado que en dichas áreas comunes la temperatura del aire era menor en comparación a las demás áreas del edificio, con el consiguiente consumo excesivo de energía eléctrica.

■ PROPUESTA DE ACCIONES

Como ya se mencionó, el potencial de ahorro estaba en función de un sistema de control computarizado. A continuación se detallan las acciones propuestas:

- 1.- Cambiar los termostatos convencionales por transductores de temperatura que emiten una señal de 4 a 20 miliamperes a un controlador que maneja la temperatura del edificio de manera más exacta y de acuerdo a un punto de ajuste establecido previamente (24 °C).
- 2.- Instalar un sistema computarizado de control en el sistema de acondicionamiento ambiental.

Para tener la certeza de que este sistema podría arrojar resultados satisfactorios, se procedió a realizar una prueba en forma manual, la cual consistió en apagar por 15 minutos el 50 % de las unidades multizona de los locatarios; una vez hecha esta maniobra, la temperatura del área respectiva aumentaba un grado centígrado, manteniéndose todavía en la zona de confort; una vez pasados los quince minutos, las unidades multizona que estaban apagadas se encendían y las que estaban encendidas se apagaban, manteniéndose la temperatura de las áreas acondi

cionadas. Las pruebas se realizaron a partir de las 18:00 hrs, terminándose a las 22:00 hrs (horario punta). En este periodo se redujo la carga térmica exterior del edificio, razón por la cual dejó de operar el 60% de las dos unidades centrífugas de 1,000 TR, manteniéndose la temperatura de salida del agua helada de las unidades centrífugas en 7.2 °C. Se pudo observar la reducción de la demanda en el periodo punta sin sacrificar condiciones de confort. Es importante mencionar que la prueba se realizó en el mes de julio (mes con cuyas condiciones climáticas se diseñan los sistemas de aire acondicionado para nuevos edificios en Monterrey), además de que se encontraban los salones de exposición y convenciones a su máxima capacidad de ocupación.

La automatización del sistema de acondicionamiento ambiental, debería abarcar el control de:

- 2 unidades centrífugas de enfriamiento de 1,000 TR cada una
- 34 manejadoras de agua helada
- 34 válvulas de agua helada de tres vías, correspondientes a las manejadoras
- 3 bombas de agua helada
- 3 bombas de condensados
- 4 bombas de agua potable
- 4 torres de enfriamiento
- 73 termostatos (sustitución por transductores de temperatura)

El control de todos los equipos tendría que ser a través de controladores conectados en

red a una computadora, a la cual se le manda una señal del controlador principal para monitorear los siguientes parámetros :

- Temperatura de las áreas que están siendo acondicionadas
- Estado de los motores de las manejadoras (si están encendidos o apagados)
- Estado de las válvulas de tres vías de las manejadoras (que porcentaje de abertura tiene la válvula)
- Estado de las bombas de agua helada (si están encendidas o apagadas)
- Estado de las bombas de condensados (si están encendidas o apagadas)
- Estado de los motores ventiladores de las torres de enfriamiento (si están encendidos o apagados)
- Estado de los equipos centrífugos (a que porcentaje de corriente están trabajando)
- Temperatura del agua de retorno (en la tubería común de los equipos centrífugos)
- Temperatura del agua de suministro (en la tubería común de los equipos centrífugos)

El sistema permitiría que desde una computadora central se pudiera cambiar el punto de ajuste de las distintas variables que se estuvieran controlando, así como el trabajo diario de los distintos equipos.

El control centralizado sería capaz de realizar las siguientes funciones:

- 1.- El encendido y apagado de los equipos de acuerdo a:

- a) Un programa diario ya establecido.
 - b) Las cargas térmicas internas y externas del edificio, de modo que el control mantuviera la temperatura de confort en las áreas acondicionadas.
- 2.- Utilizar a través de las manejadoras, aire del exterior en condiciones de temperatura de confort y previamente filtrado, reduciendo en forma considerable el consumo de energía eléctrica en algunos meses del año.
 - 3.- Mantener la temperatura del agua de suministro de la tubería común a los dos equipos centrífugos a $6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la de retorno a $12.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en época de verano.
 - 4.- Operar en forma automática los dos equipos centrífugos, de tal forma que se abatiera la carga térmica del edificio con el menor consumo de kWh.
 - 5.- Evitar el pico de demanda generado por la utilización del equipo centrífugo.
 - 6.- Reajustar la temperatura del agua de salida común a los dos equipos centrífugos, de tal forma que se elevara de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los meses fríos (noviembre,



diciembre y enero), reduciendo así la energía consumida por los enfriadores.

- 7.- Mantener a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura del agua que va de la salida de la torre de enfriamiento hacia los condensadores de los equipos centrífugos, teniendo la posibilidad de apagar los ventiladores de las torres de enfriamiento.
- 8.- Reducir la demanda en el periodo punta, reduciendo en forma simultánea el consumo de los dos equipos centrífugos a un 60% de su consumo y rolando el funcionamiento de las manejadoras cada 15 minutos (la mitad de las manejadoras del inmueble se apagan, después de 15 minutos las máquinas que estaban apagadas se prenden y las que estaban funcionando se apagan). Con esto, no se eleva la temperatura del agua de suministro de los equipos centrífugos y se mantiene el confort del edificio.

■ ACCIONES CORRECTIVAS.

Una vez analizadas las propuestas de acción en función a los resultados obtenidos con la prueba manual, se determinó que sería factible realizar las siguientes acciones:

- Se instaló un controlador, el cual actúa sobre los dos equipos centrífugos de 1,000 T. R.

Este control arranca una de las unidades en forma suave y, cuando ésta llega al 80 % de su capacidad, se reduce su carga hasta un 50 % y arranca suavemente la otra unidad, de tal forma que las dos unidades tengan la misma carga.

- Se instaló otro controlador para los ventiladores de las cuatro torres de enfriamiento, de tal forma que la temperatura del agua



que entra a cada uno de los condensadores sea de 28 °C; en caso de que cualquiera de estas temperaturas tenga un valor inferior, el controlador ordena apagar ventiladores de las torres de enfriamiento, para lo cual se instalaron dos termostatos a la tubería de suministro de agua de condensación a cada máquina. De la misma manera, mediante estos dos controladores, se pondrán en funcionamiento tres bombas de agua helada y tres bombas de condensado.

- Se instalaron 45 termostatos nuevos, mismos que sustituyeron a los existentes
- Fueron instalados 16 controladores más, los cuales son utilizados para controlar las 34 unidades manejadoras.

Los controladores reciben señales de los 45 termostatos nuevos, de tal forma que cuando alguno de los termostatos registra que la temperatura de la zona en la que está instalado es menor a 24 °C, comienzan a cerrar las válvulas de agua que están en las manejadoras, con el fin de mantener una temperatura de confort entre los 24 °C y 25 °C. Si la temperatura registrada por un termostato resulta ser menor a 23 °C, se procede a apagar la manejadora correspondiente.

- Un controlador más fue instalado para conectar y desconectar las bombas del cárcamo, reduciendo así la demanda en el periodo de punta.
- Durante el periodo de punta (18:00 a 22 :00 hrs.), de todos los días, excepto los domingos, el controlador de los equipos centrífugos reduce la capacidad de ambos a un 65 % en el mes de julio, y hasta un 50 % en otros meses. Durante ese periodo se comienza un ciclo de trabajo de las manejadoras prendiéndose y apagándose la mitad de éstas durante quince minutos.

■ POTENCIAL DE AHORRO

A continuación se aprecia el potencial de ahorro estimado para este proyecto:

	DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO PUNTA kWh
SIN CONTROL	1,272	62,412
CON CONTROL	1,091	50,135
DIFERENCIA	181	12,277
CARGO (\$/kW)	23,432	
CARGO (\$/kWh)		0.19534
AHORRO (\$/mes)	4,241.19	2,398.19
AHORRO TOTAL MENSUAL (\$)		6,639.37
INVERSION (\$)		255,677.40
P. RECUPERACION (años)		3.2

■ RESULTADOS

Una vez terminado el proyecto, los ahorros fueron comprobados mediante la comparación entre las facturaciones por concepto de energía eléctrica, correspondientes a los meses de abril de 1994 a marzo de 1995, respecto a los mismos meses de los años 1995 y 1996. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:



PERIODO	DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO PUNTA kWhP	CONSUMO TOTAL kWhT	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWhT	RECALCULO DEL IMPORTE \$ 1/
Abr-94	1,495	62,400	364,800	94,389.00	0.2587	113,274.32
Abr-95	1,085	43,200	297,600	92,408.00	0.3105	92,408.00
Ahorro	410	19,200	67,200			20,866.32
May-94	1,571	86,400	508,800	121,220.00	0.2382	149,501.48
May-95	1,345	52,800	441,600	129,756.00	0.2938	129,756.00
Ahorro	226	33,600	67,200			19,745.48
Jun-94	1,724	91,200	571,200	134,397.00	0.2353	161,618.17
Jun-95	1,370	72,000	494,400	139,888.00	0.2829	139,888.00
Ahorro	354	19,200	76,800			21,730.17
Jul-94	1,422	100,800	609,600	136,583.00	0.2241	170,932.68
Jul-95	1,280	72,000	523,200	146,706.00	0.2804	146,706.00
Ahorro	142	28,800	86,400			24,226.68
Ago-94	1,591	86,400	532,800	129,280.00	0.2426	149,059.49
Ago-95	1,462	81,600	552,000	154,431.00	0.2798	154,431.00
Ahorro	129	4,800	(19,200)			(5,371.51)
Sep-94	1,591	72,000	451,200	116,462.00	0.2581	130,630.57
Sep-95	1,456	72,000	475,200	137,579.00	0.2895	137,579.00
Ahorro	135	—	(24,000)			(6,948.43)
Oct-94	1,445	81,600	494,400	116,823.00	0.2363	139,074.90
Oct-95	1,176	67,000	436,800	122,872.00	0.2813	122,872.00
Ahorro	269	14,400	57,600			16,202.90
Nov-94	1,162	62,400	388,800	88,104.00	0.2266	127,945.44
Nov-95	1,175	57,600	360,000	118,468.00	0.3291	118,468.00
Ahorro	(13)	4,800	28,800			9,477.44
Dic-94	1,110	62,400	288,000	75,917.00	0.2636	88,601.60
Dic-95	1,257	57,600	360,000	110,752.00	0.3076	110,752.00
Ahorro	(147)	4,800	(72,000)			(22,150.40)
Ene-95	1,264	43,200	264,000	74,069.00	0.2806	107,787.21
Ene-96	1,257	28,800	206,400	84,270.00	0.4083	84,270.00
Ahorro	7	14,400	57,600			23,517.21
Feb-95	936	43,200	254,400	69,899.00	0.2748	96,075.90
Feb-96	1,250	46,080	289,440	109,309.00	0.3777	109,309.00
Ahorro	(314)	(2,880)	(35,040)			(13,233.10)
Mar-95	1,254	43,200	302,400	87,534.00	0.2895	114,784.33
Mar-96	1,250	46,080	289,440	109,865.00	0.3796	109,865.00
Ahorro	4	(2,880)	12,960			4,919.33
PROMEDIO 94/95	1,380	69,600	419,200	103,723.08	0.2524	129,107.17
PROMEDIO 95/96	1,280	58,080	393,840	121,358.67	0.3184	121,358.67
AHORRO	100	11,520	25,360			7,748.50
INVERSION (\$)		255,677.40		P.RECUPERACION (años)	2.7	

1/ Producto de multiplicar el consumo total de un mes, por el precio medio del mismo mes pero del año posterior

Los resultados del proyecto se resumen en el siguiente cuadro:

errar energía eléctrica no se sacrificaba el confort de los usuarios.

CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	
			UNIDADES	%
DEMANDA FACTURABLE (kW)	1,380	1,280	100	7.25
CONSUMO PUNTA MENSUAL (kWh)	69,600	58,080	11,520	16.55
CONSUMO TOTAL MENSUAL (kWh)	419,200	393,840	25,360	6.05
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	1/	0.3184		
IMPORTE MENSUAL (\$)	129,107.17	121,358.67	7,748.50	6.00
IMPORTE ANUAL (\$)	1,549,286.04	1,456,304.04	92,982.00	6.00
INVERSION (\$)	255,677.40	P.RECUPERACION (años)		2.7

1/ No se consigna cifra ya que el importe ha sido recalculado conforme a los precios vigentes

CONCLUSIONES

- El hecho de que un inmueble disponga de un equipo de acondicionamiento ambiental de alta eficiencia, principalmente en zonas de clima cálido, no significa renunciar a la consecución de ahorros de energía eléctrica, ya que existe la posibilidad, como se demostró en este proyecto, de lograr ahorros sustanciales con la instalación de un sistema de control adecuado que conlleva un alto grado de aplicación de ingeniería.
- El éxito del proyecto se debió, en buena medida, a que previamente se desarrollaron pruebas de campo en forma manual. Así se pudo tener la certeza de que al aho-

- Los ahorros obtenidos en este proyecto, comprobados vía facturaciones de Comisión Federal de Electricidad, rebasaron las expectativas fijadas originalmente, pues la inversión realizada se recuperó en sólo 2.7 años, periodo menor al pronosticado de 3.2 años, debido al incremento en el precio de la energía eléctrica, circunstancia que deben aprovechar los empresarios.
- El sistema de control con tecnología avanzada es tan versátil que ofrece aplicaciones adicionales como:
 - Control de acceso
 - Control de incendio
 - Monitoreo con circuito cerrado de televisión
 - Control de iluminación
- El edificio de CINTERMEX, debe ser considerado modelo de inmuebles de su tipo, los cuales pueden emprender acciones similares con el apoyo técnico y financiero del FIDE.

