

**EL EDIFICIO DE LA SECRETARIA DE LA  
CONTRALORIA Y DESARROLLO ADMINISTRATIVO****CONAE****■ ANTECEDENTES**

El edificio de la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo antes SECOGEF, es uno de los más grandes que existen en la zona Metropolitana. Tiene una población de aproximadamente 2,000 empleados. Consta de dos cuerpos con 12 niveles cada uno, conectados por uno de sus lados y con un atrio central cubierto con ventanales de vidrio en la fachada principal.

El servicio de energía eléctrica está contratado en tarifa horaria, pues tiene más de 1000 kW de demanda. Durante el período de septiembre de 1991 a octubre de 1992, tuvo un consumo mensual promedio de 432,446 kWh y una demanda facturable de 1,417 kW, con un importe de \$ 104,596.00. El factor de carga oscila en 0.42 %.

**■ DIAGNÓSTICO**

De las mediciones efectuadas se encontraron los siguientes valores mensuales por tipo de carga:

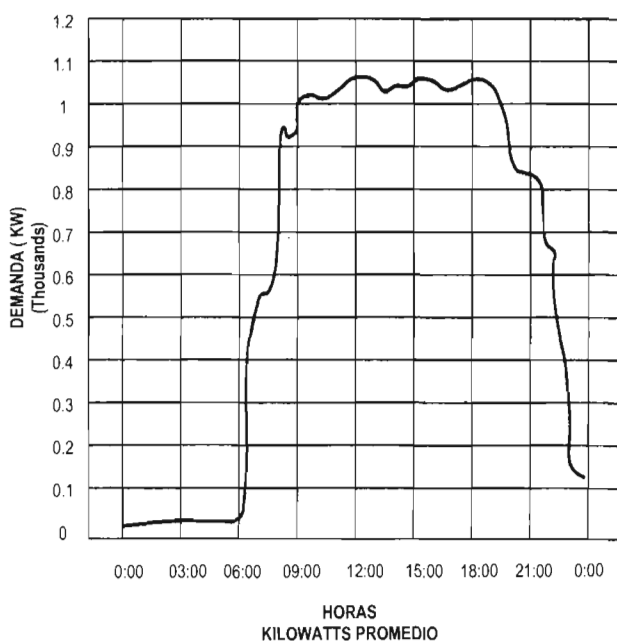
TIPO DE CARGA	CARGA INSTALADA		CONSUMO	
	kW	%	kWh	%
Iluminación	562	39.7	173,670	40.16
Aire acondicionado	609	43.0	198,925	46.00
Elevadores, bombeo y equipo de oficinas	246	17.3	59,851	13.84
<b>Total</b>	<b>1,417</b>	<b>100.0</b>	<b>432,446</b>	<b>100.0</b>

Lo anterior indicó que el diagnóstico debería realizarse fundamentalmente en el sistema de aire acondicionado y en el de la iluminación, por ser los que, en conjunto, representan la carga más importante del edificio.

### ■ PERFIL DE CARGA

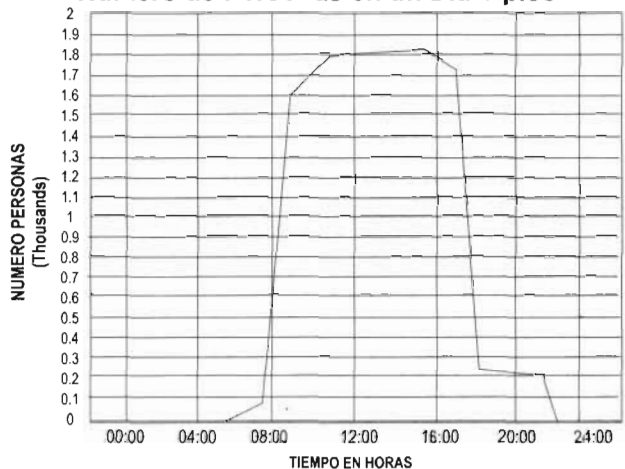
En la siguiente figura se muestra la curva de demanda en un día típico, en donde se observa que el uso de la energía es constante desde las 7 hasta las 20 horas, lo cual representa una oportunidad de ahorro, dado los horarios del personal que en un 81 % labora de 9 de la mañana a las 18 horas y sólo el 1.08% trabaja hasta las 20 horas. Asimismo, únicamente el 2.18% del personal tiene entrada a las 7 horas.

Perfil de Demanda de un día típico

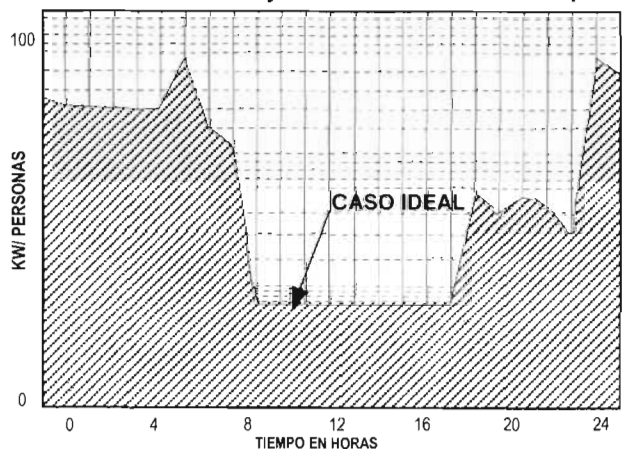


Tomando en consideración que la demanda máxima promedio en un día típico se ubica en 1,102 kW y que el número de personas promedio al día es de 1,837, el índice de consumo diario óptimo es de 0.6 kW/persona y todo lo que exceda esta cifra se considera desperdicio, como se indica en las gráficas siguientes. De esta manera se podría obtener un ahorro del 44% en el consumo.

Número de Personas en un Día Típico



Relación entre Personal y Demanda en Función del Tiempo



### ■ AIRE ACONDICIONADO

Como ya se mencionó, el sistema de acondicionamiento ambiental constituye la segunda carga eléctrica en importancia. Es del tipo multizona y está compuesto de tres equipos centrales con unidades centrífugas de 310 T.R. cada uno; dos unidades, es decir 620 T.R., operan continuamente; después de un análisis minucioso, se pudo comprobar que tanto el es

mantenimiento de los equipos, como los aislamientos de las tuberías, la ubicación de las centrífugas y su ventilación, son adecuadas. Existen dos manejadoras de aire por cada nivel. En ambas alas (sur y norte), la contribución principal de la carga térmica es la ganancia solar por vidrios con un 56%, seguida de equipos eléctricos misceláneos con 16%. Cabe mencionar que los vidrios exteriores son de tipo filtrasol gris que limita la radiación solar en 25%.

Se realizó un estudio con análisis computarizado tomando en consideración las condiciones del inmueble, orientación, clima en la Cd. de México, materiales de construcción, cargas térmicas internas y externas, mediciones de flujos, temperaturas y humedad, para determinar si las condiciones actuales de operación pueden mantener los niveles de confort de 24.4°C y 50% H.R. En el siguiente cuadro se muestran las condiciones actuales y las necesarias

	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO T.R.		VOLUMEN DE AIRE CFM.	
	EXISTENTE	NECESARIA	EXISTENTE	NECESARIA
ALA SUR	22.4	22	13,459	24,785
ALA NORTE	19.5	19.9	11,096	18,637
TOTAL DE 12 NIVELES	498	502.8	294,660	521,064

Como se puede observar, se estima que la capacidad necesaria de enfriamiento debería ser de 502.8 T.R., mientras que la existente es de 498 T.R., por lo que en este renglón no se presenta un problema importante. En cambio, el volumen de aire necesario asciende a 521,064 CFM, cuando el existente apenas es de 294,660 CFM, lo que es motivo de preocupación, ya que esto significa que las manejadoras no suministran la cantidad de aire requerido.

Originalmente se planteó la posibilidad de instalar un sistema de control para optimizar el uso del sistema de acondicionamiento ambiental; sin embargo, una mejor alternativa

consiste en la instalación de un ciclo economizador para dejar de operar los compresores en ciertas épocas del año, a cambio de introducir aire fresco en algunas ranuras estratégicamente construidas.

Para implementar un ciclo economizador sin incrementar capacidad en las manejadoras que, como ya se mencionó, son insuficientes para suministrar el aire necesario, es indispensable instalar rejillas de expulsión del aire exterior, como una forma de compensar tal deficiencia. Estas rejillas deberían ser instaladas, una por cada fachada este y oeste y dos en la fachada sur.

El aire que se expulsará por las aperturas en los vidrios, será introducido al edificio por el atrio a través de la cámara plena contigua a los elevadores, por lo que se requiere mejorar la ventilación del atrio (convertir las ventanas fijas laterales a tipo persianas). Al expulsar el aire por el perímetro del edificio, se disminuye el volumen de aire manejado y, en consecuencia, la temperatura de suministro puede aumentarse de 10 °C a 12 °C, incrementándose la eficiencia del enfriador. Las condiciones futuras serían las siguientes:

	CAPACIDAD	% DE REDUCCION	VOLUMEN DE AIRE CF.	% DE REDUCCION
ALA SUR	19.1	14.7	11,096	17.6
ALA NORTE	17	12.8	10,190	8.2
TOTAL DE 12 NIVELES	433.2	---	255,432	---

Adicionalmente, deberán balancearse los flujos de todas las zonas de acuerdo a los requerimientos de cada una de ellas, aunque esta actividad se orienta más a obtener condiciones de confort adecuadas, premisa fundamental en todos los proyectos demostrativos realizados por el FIDE.

## ■ ILUMINACIÓN

En general, el estado físico de los gabinetes

es bueno, además de que en este inmueble de oficinas se tiene un ambiente limpio. De acuerdo con el senso levantado, la mayor cantidad de luminarios, por su tipo, corresponde al de 61 X 61 cms en un 89%; cada equipo contiene 4 lámparas fluorescentes luz de día, encendido rápido de 20W con dos balastos para lámparas fluorescentes de 20 W. Cada gabinete tiene un louver parabólico con 16 celdas.

A fin de proponer las alternativas viables, se desarrollaron una serie de mediciones lumínicas tomando como referencia el sistema de alumbrado existente, en comparación con dos alternativas, por lo que se presentaron 3 condiciones:

**Condición a).** Luminarios de 4 X 20 W con lámpara T-12 ,sin hacer ninguna modificación.

**Condición b).** Se instaló un reflector especular eliminando dos lámparas de las 4 existentes, tipo luz de día de 20 W T-1 2, con 1,075 lúmenes cada una.

**Condición c).** Idem al anterior, pero se cambiaron las dos lámparas fluoréscentes de 20 W luz de día por dos blanco frío de 20 W T-12 con 1200 lúmenes.

Las pruebas se realizaron en una de las oficinas con un total de 9 luminarios de 4X20, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

#### MEDICIONES DE ILUMINANCIA REALIZADAS

	CONDICION a	CONDICION b	CONDICION c
NIVEL PROMEDIO horizontal	264	258	304
NIVEL PROMEDIO vertical	62	5	59

Nota: Las mediciones se efectuaron siguiendo el procedimiento de medición recomendado por la Office of Federal Energy Management Programs para el caso donde se utilicen reflectores especulares.

Un proyecto de ahorro de energía eléctrica no significa, de ninguna manera, sacrificar el nivel de iluminación, sino todo lo contrario; debe considerarse el mínimo nivel de confort para precisar las acciones a aplicar encaminadas a obtener una disminución en el consumo. En el presente caso, se observó que el sistema de iluminación, tal y como existía, no era adecuado para realizar el trabajo en las oficinas, ya que el nivel mínimo recomendado de iluminancia para oficinas es de 300 luxes, cuando el nivel existente apenas llegaba a 265 luxes.



Antes



Después

Por esta razón, la alternativa de la condición "b" no podía ser viable en virtud de que no proporcionaba las condiciones de confort mínimas requeridas, ya que el nivel disminuyó hasta 258 luxes.

En cambio, con la alternativa de la condición "c", el nivel promedio horizontal aumentó en un 13%, mientras que el vertical disminuyó en sólo 5%, por lo que, el uso de reflectores especulares requería la sustitución de lámparas por otras de mayor flujo luminoso a fin de compensar las pérdidas en iluminación.

Consecuentemente, el proyecto era viable con cualquiera de las siguientes tres alternativas:

1. Instalación de un reflector especular diseñado específicamente para la altura de montaje y para la separación entre lámparas que se tiene, sustituyendo las lámparas actuales por dos fluorescentes tipo T-8 de 17 W, 1,400 lúmenes con un balastro electromagnético.

2. Idem a la anterior, pero utilizando lámparas T-12 de 20 W, 4100 °K (alto rendimiento de color) y 1350 lúmenes. Las cuales emiten mayor flujo luminoso que las blanco frío.

3. No instalar reflectores especulares y sólo sustituir las 4 lámparas actuales de 20 W c/u por dos lámparas tipo T-8 "U" de 31 W, instalando un balastro electromagnético en lugar del existente. En este caso, cada lámpara tiene un flujo luminoso de 2,650 lúmenes, es decir 18% más por gabinete.

En **la tabla de la siguiente página** se muestra el análisis económico de las tres alternativas:\*

De las cifras anteriores, se pudo concluir que la alternativa más rentable era la número 1, ya que aportaba los mayores ahorros y por ende el menor tiempo de recuperación de la inversión. Asimismo, el nivel de iluminación por lo menos se mantendría en 300 luxes que es el mínimo recomendado.

## ■ ACCIONES CORRECTIVAS INMEDIATAS

En 4500 gabinetes se retiraron las 4 lámparas de 20 W tipo T-12 luz de día, y en su lugar se instalaron sólo 2 de 17 W tipo T-8 y balastro para 2 lámparas de 17 W. Esto fue posible debido a que se instaló un reflector especular de aluminio con un diseño exclusivo para el sistema de iluminación existente, que considera altura al plano de trabajo, espaciamiento entre gabinetes, índice de cuarto, etc.

En una primera etapa cabe observar que las lámparas instaladas corresponden a las de mayor eficiencia que en la actualidad se fabrican con tecnología de punta, pues además de incorporar un polvo fluorescente a base de fósforo activado con tierras raras, el electrodo está cubierto por una banda metálica que evita el ennegrecimiento en el extremo del tubo fluorescente haciendo que la depreciación del flujo luminoso sea mínima. Obviamente, con esta tecnología se obtiene una lámpara con mayor flujo luminoso y mejor calidad de luz. Por lo que respecta a los balastos estos fueron del tipo electromagnético de alta eficiencia.

La inversión ascendió a \$708,376.00, mientras que el ahorro por obtener se estimó en 96,348 kWh mensuales y 347 kW, con un importe mensual de \$22,426.00, por lo que dicha inversión debería recuperarse en 2.6 años.

## ■ ACCIONES CORRECTIVAS MEDIATAS

1. Instalar un sistema automático de control para los siguientes circuitos:

- Manejadoras de aire en cada uno de los pisos.
- Centrífugas en el cuarto de máquinas.
- Alumbrado de todos los pisos, principalmente en los luminarios instalados en la periferia del edificio, ya que en estas áreas se tiene una contribución importante de iluminación natural.



Como se mencionó, al instalar un sistema que controle el funcionamiento del equipo de acuerdo al flujo de personas, el potencial de ahorro en el consumo de energía eléctrica, asciende a aproximadamente 44%. Sin embargo, el cálculo se basó en condiciones ideales que muy difícilmente podrían

presentarse. En tal virtud, se consideró conservadoramente un potencial del 30%, lo que equivale a un ahorro mensual de 129,718 kWh con un importe de \$16,312.00. La firma consultora encargada del proyecto estimó una inversión de \$400,000.00, por lo que ésta podría recuperarse en sólo 2 años, que es una cifra a todas luces ventajosa.

CARACTERIASTICAS	SISTEMA EXISTENTE 4X20	ALTERNATIVA 1 2X17 C/REF.	ALTERNATIVA 2 2X20 C/REF.	ALTERNATIVA 3 U 2X31 T-8 SIN REFLEC. ELECTMAG
TIPO DE BALASTRO	NORMAL	ELECTMAG	ELECTMAG	ELECTMAG
VIDA NOMINAL DEL BALASTRO (horas)	10,000	10,000	10,000	20,000
TIPO DE LAMPARA	T-12LDD	T-8, 4,100 K	T-12, 4,100 K	T-8 U. 4,100 K
LUMENES/LAMP.	1,075	1,400	1,350	2,650
LAMP./LUMINARIO	4	2	2	2
VIDA (HRS)NOMINAL DE LA LAMPARA	9,000	20,000	9,000	20,000
WATT'S POR LUMINARIO	120	43	60	71
CARGA TOTAL (kW)	540	193.5	270	319.5
CONSUMO ANUAL (MkWh)	1,801.83	645.65	900.91	1,066.1
COSTO ANUAL POR CONSUMO (M.\$)	244.46	87,600	122.23	144.60
COSTO ANUAL POR DEMANDA (M.\$)	156.4	56	78.19	92.53
COSTO TOTAL ANUAL (M.) \$	400.85	143.64	200.42	237.17
AHORRO ANUAL (M.\$)	-----	269.11	200.42	136.68
INVERSION (M.) \$	-----	708.3	762.4	506.11
RETORNO DE INV. (AÑOS)	-----	2.63	3.8	3.7
ILUMINANCIA PROMEDIO (LUXES)	264	301	304	303.6

2. Instalar un ciclo economizador siguiendo las indicaciones contenidas en la ingeniería de detalle que desarrolló la firma consultora responsable del proyecto, que implica realizar las siguientes actividades:

- Instalar rejillas en las fachadas del edificio y ventanas tipo persiana en el atrio, con el objeto de introducir aire fresco del exterior.
- Adaptar las UMAS mediante el acoplamiento de cajas de mezcla y ductos para el suministro del aire exterior.
- Instalar modutroles que permitan controlar el volumen de aire y el enfriado del mismo en el intercambiador.
- Instalar los termostatos necesarios para fines de control.
- Instalar extractores para el adecuado manejo del aire a través de las rejillas.

Con estas acciones se pronosticó obtener un ahorro de energía eléctrica de 40782 kWh anuales con un importe de \$76,032.00, de manera que la inversión estimada de \$303,060.00 se podría recuperar en poco menos de 4 años.

## ■ RESULTADOS

El proyecto en sus dos etapas se concluyó en el mes de febrero de 1995.

Comparando los consumos, demandas e importes del período abril-junio de 1995 con respecto al mismo período del año anterior, se pudieron comprobar los siguientes resultados:

Del cuadro siguiente, se observa que, no obstante el incremento en el precio medio, originado por la variación en el costo de combustible, el ahorro logrado en el importe sí alcanzó y superó el ahorro pronosticado de \$22,426.50 mensuales, lo cual significa que, realmente, el pronóstico del consultor fue superado ampliamente, ya que, de considerarse el precio medio actual promedio para el período marzo-mayo de 1995 (0.3145 \$/kWh) este usuario estaría pagando actualmente la cantidad de \$144,334.75 mensuales de no haberse desarrollado el proyecto, cifra que debe tomarse como referencia para determinar el ahorro real, de manera que, comparándola con la facturación actual de \$90,653.16, promedio mensual, en el período de referencia, se obtiene un ahorro de \$53,681.50 mensuales.

CONCEPTO	PERIODO	MARZO	ABRIL	MAYO	PROMEDIO
CONSUMO (kWh)	1994	443,904	461,246	471,654	458,934
	1995	297,951	268,108	298,698	288,253
	AHORRO	145,953	193,138	172,956	170,681
	AHORRO %	32.9	41.9	36.7	37.2
DEMANDA (kW)	1994	1,377	1,391	1,439	1,402
	1995	982	987	980	983
	AHORRO	395	404	459	419
	AHORRO %	28.7	29.0	31.9	29.9
IMPORTE (\$)	1994	110,567.90	119,057.05	119,761.90	116,462.28
	1995	86,557.95	82,955.95	102,445.60	90,653.16
	AHORRO	24,009.95	36,101.10	17,316.30	25,809.12
	AHORRO %	21.7	30.3	14.5	22.2
PRECIO MEDIO \$/kWh	1994	0.249	0.258	0.254	0.2537
	1995	0.291	0.309	0.343	0.3145



Así, los resultados se consignan en el siguiente cuadro:

Concepto	Anterior	Actual	Ahorro	
			Absoluto	%
Consumo kWh	458,934	288,253	170,681	37.2
Demanda kW	1,402	983	419	29.9
Importe \$	144,334.75	90,653.16	53,681.59	37.2
Inversión: \$708,376.00		Recuperación de Inversión: 1.1 años		

## CONCLUSIONES

### Iluminación

a) Realizar el proyecto de ahorro de energía en este inmueble fue un gran reto debido a que era prioritario mantener las condiciones de confort existentes, así como los niveles lumínicos.

b) Cualquiera de las propuestas involucró el uso de lámparas más eficientes las cuales incorporan un polvo fluorescente a base de fósforo activado con tierras raras que proporcionan mayor flujo luminoso y una luz de calidad. Respecto a los balastos, se especificaron de tipo electromagnético de alta eficiencia, con lo que se podrán obtener ahorros importantes y a un menor costo que si se utilizaran de tipo electrónico.

c) Cabe resaltar que adicionalmente se tienen ahorros por mantenimiento al contar las lámparas con más del doble de vida útil que las existentes.

d) La disminución en carga por iluminación repercute en ahorros por aire acondicionado.

e) Realizar rutinas de limpieza en los luminarios permitirá mantener los niveles de iluminancia en oficinas.

f) Los resultados evaluados a la fecha demuestran las bondades del proyecto en cuanto a ahorro de energía eléctrica, además del incremento en los niveles de iluminación, así como la reducción de densidad de 31 W/m<sup>2</sup> a 11.13W/m<sup>2</sup> y mejora en las condiciones para el desarrollo de las actividades, además del mejor ambiente visual, siendo este último parámetro resultado de un consenso entre los propios usuarios. Como se observa, existen beneficios difíciles de cuantificar desde el punto de vista económico como el incremento en productividad.

g) La SECODAM se consolida como ejemplo de programas de ahorro de energía eléctrica en el sector público. Representa un ejemplo real de que es posible ahorrar energía eléctrica sin sacrificar el confort ni niveles de iluminancia y con un alto grado de rentabilidad. En un edificio como éste, el proyecto no se concibió como seguimiento de una receta de cocina, sino que implicó el desarrollo de ingeniería especializada.

### Aire Acondicionado

a) Es un hecho que en las construcciones ubicadas en zonas templadas, no se requiere de aire acondicionado; sin embargo, como en el caso de la SECODAM, muchos inmuebles cuentan con este sistema. Desafortunadamente los estilos arquitectónicos modernos, tienden a incorporar en sus fachadas ventanales con poca protección solar y para que sean habitables requieren y son dependientes de sistemas electromecánicos de climatización artificial. Así, la utilización de un ciclo economizador resulta ser la mejor alternativa para ahorrar energía eléctrica.

b) El ciclo economizador conllevará a la mejora de la calidad del aire dentro del recinto.

c) La realización de la ingeniería de detalle de esta propuesta, implicó una serie de consideraciones arquitectónicas, humanas, económicas, etc.