



■ **Antecedentes:**

El edificio propiedad de ICA, denominado "Del Parque", está ubicado en Río Becerra No. 27, Col. Nápoles, México, D. F. y consta de:

- 11 niveles de oficinas y 4 niveles de estacionamiento.
- 4 Elevadores. El cuarto de máquinas de los elevadores se ubica en la azotea.
- 1 Helipuerto.
- Sistema hidroneumático con tres bombas de 15 H.P. y un compresor de 1/2 H.P.
- Sistema de bombeo contra incendio de 15 H.P. (eléctrico) y uno de combustión interna.

Existen dos subestaciones, las cuales se encuentran en el acceso del estacionamiento (sótano 1); la subestación principal cuenta con un transformador de 1000 KVA, 23,000/220-127 volts, y alimenta a todos los servicios que manejan los tableros normales de cada uno de los pisos del edificio y a dos elevadores.

La subestación secundaria cuenta con un transformador de 500 KVA, 23,000/220-127 volts, y alimenta a todos los servicios conectados a los tableros de emergencia y a 2 de los 4 elevadores. La subestación principal cuenta con una planta de emergencia de 1000 KVA y en la subestación secundaria existe también otra planta de emergencia de 500 KVA. El suministro de energía eléctrica por parte de CLyF es en tarifa OM.

La importancia del edificio, desde el punto de vista del consumo y demanda de la energía eléctrica, se puede establecer en función de las facturaciones pagadas a Luz y Fuerza del Centro, durante el período comprendido entre junio de 1994 y mayo de 1995, cuyo promedio mensual arrojó valores de 668 W en la demanda, 233,416 kWh en el consumo y \$ 56,194.00 en el importe, según se aprecia en el siguiente cuadro:



PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kW/h	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWh
JUNIO 94	680	234,000	53,472.35	0.2285
JULIO 94	680	216,000	52,031.30	0.2409
AGOSTO 94	720	228,000	54,934.55	0.2409
SEPTIEMBRE 94	660	246,000	58,956.00	0.2397
OCTUBRE 94	660	230,000	54,772.45	0.2381
NOVIEMBRE 94	680	242,000	57,121.50	0.2360
DICIEMBRE 94	680	252,000	57,684.70	0.2289
ENERO 95	660	206,000	47,217.55	0.2292
FEBRERO 95	640	254,000	60,674.35	0.2389
MARZO 95	640	246,000	59,767.35	0.2430
ABRIL 95	680	180,000	51,496.30	0.2861
MAYO 95	640	222,000	66,200.00	0.2982
PROMEDIO	668	229,666	56,194.11	0.2447

## ■ DIAGNOSTICO

### • Mediciones

Habiéndose desarrollado un levantamiento físico de los equipos, se pudo establecer que la carga conectada era la siguiente:

TIPO DE CARGA	CARGA CONECTADA	
	kW	%
ILUMINACION	417	58.7
AIRE ACONDICIONADO	153	21.5
ELEVADORES	75	10.6
BOMBEO DE AGUA	45	6.4
EXTRACCION DE AIRE	20	2.8
TOTAL	710	100.0

Lo anterior permite establecer que aun cuando exista equipamiento de acondicionamiento ambiental, prevalecerá como carga prioritaria la del sistema de iluminación, en donde obviamente se encontrarán los mayores potenciales de ahorro.

### Perfil de carga

Se obtuvieron los perfiles de carga de cada uno de los 7 días de la semana, observándose que éstos son muy parecidos entre sí; sin embargo, se apreció que

la mayor demanda máxima aparece en los días viernes, como se muestra a continuación:



Según se puede apreciar en la figura anterior, de las cero a las 7:00 hrs. la demanda máxima oscila entre 100 y 240 kW, pero ya a las 8:00 Hrs. rebasa ligeramente los 600 kW, llegando a su valor máximo a las 18:00 aproximadamente (680 kW), hora en que empieza a descender (a las 21:00 Hrs. cruza el valor de 400 kW) hasta llegar nuevamente a 100 kW alrededor de las 24:00 Hrs.

De lo anterior, se puede establecer la factibilidad de instalar un sistema de control del alumbrado, ya que no existen picos sino que el comportamiento es casi

uniforme de las 8:30 a las 20:00 Hrs. en que la demanda oscila entre 600 y 680 kW. Esta factibilidad es función de las costumbres y del receso que tengan los empleados.

### Sistema de iluminación

Como se ilustró, este sistema es el que mayor demanda impone a las instalaciones. Para conocer exactamente sus características, se hizo un levantamiento en donde se presenta la localización de luminarias, tipos de tareas a desarrollar, reflectancia de las superficies, tipo de lámpara utilizada y niveles de iluminación. Se encontró que el estado físico de los gabinetes y de los difusores es bueno, dado que

se encuentran limpios y el grado de suciedad es bajo debido a que se trata de un inmueble de oficinas y por consiguiente no se realiza ninguna actividad que genere contaminación excesiva. Cabe hacer notar que como medida de prevención, diariamente se realiza un recorrido para revisar toda la instalación de alumbrado y con ello poder detectar las lámparas fundidas y/o los balastos en mal estado.

Se encontraron un total de 4,074 luminarios, de los cuales 2.599, es decir el 64%, corresponden a gabinetes de 4x20W con rejilla parabólica. En el siguiente cuadro se consigna el número de los diversos luminarios existentes.

TIPO DE SISTEMA	NUMERO DE UNIDADES
GABINETE DE 4x20W	2,599
GABINETE DE 2x20W	170
GABINETE DE 2x38W	45
CANALETA DE 1x74W	645
CANALETA DE 1x38W	249
CANALETA DE 1x40W	47
CANALETA DE 1x20W	52
SPOT INCANDESCENTE DE 75W	179
ARBOTANTE INCANDESCENTE DE 75W	24
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO CENTRO DE 75W	5
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO INTEMPERIE DE 75W	35
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO OBSTRUCCION DOBLE, DE 100W	2
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO OBSTRUCCION SENCILLO, DE 100W	1
LUMINARIO VSAP DE 150W.	3
LUMINARIO VSAP DE 70W.	8
<b>TOTALES</b>	<b>4,074</b>

Dado que el sistema preponderante consiste en gabinetes de 4x20W, la firma consultora propuso 2 alternativas de modificación, considerando la variación en el nivel de iluminación con cada una de ellas, obteniendo lo siguiente:

**Alternativa 1:** Instalar un reflector de aluminio y sustituir las 4 lámparas actuales por 2 de 17 W del tipo T-8, perdiendo 1% en el nivel de iluminación. La inversión sería de \$ 366.640.90 generando ahorros mensuales de \$ 12.913.87, con lo cual dicha inversión se recuperaría en 2.37 años.

**Alternativa 2:** Instalar 2 lámparas de 31W tipo T-8 "U", obteniéndose una ganancia del 20% en el nivel de iluminación, con una inversión de \$ 235,209.50 que se recuperaría en 2.38 años, ya que el ahorro generado ascendía a \$ 8,217.90 mensuales.

Cabe observar que fueron analizadas otras 2 alternativas, una convirtiendo el sistema de 4x20W a 2x20 W con balastro normal, reflector de aluminio y lámparas "Ultralume" T-12 y, la otra, igual a la anterior sólo que con lámpara T-12 Luz de Día. Estas alternativas fueron eliminadas debido a que la

disminución en el nivel de iluminación fue del 5% y 25%, respectivamente, además de que el período de recuperación rebasaba en ambos casos los 3 años. En el siguiente cuadro se consignan las características de las dos alternativas más viables.

CONCEPTO	SISTEMA EXISTENTE 4x20 W	ALTERNATIVA 1 2x17W T-8 CON REFLECTOR	ALTERNATIVA 2 "U" 2x31W T-8
1. CANTIDAD DE LUMINARIOS	2.599	2.599	2.599
2. LAMPARAS POR LUMINARIO	4	2	2
3. TIPO DE BALASTRO	NORMAL	NORMAL	ALTA EFICIENCIA
4. VIDA NOMINAL BALASTRO (HORAS)	10.000	10.000	20.000
5. TIPO DE LAMPARA	F20 T-12 LUZ DE DIA	F17 T-8 BLANCO FRIO	FU 31 T-8 BLANCO FRIO
6. LUMENES INICIALES	1.075	1.400	2.800
7. LUMENES POR LUMINARIO	4.300	2.800	5.600
8. VIDA NOMINAL DE LAMPARA (HORAS)	9.000	20.000	20.000
9. WATTS POR LUMINARIO	120	43	71
10. CARGA TOTAL (KW)	312	112	185
11. CONSUMO ANUAL (MWH)	1.091.6	391.1	645.9
12. COSTO ANUAL ENERGIA (\$)	241.506.00	86.540.00	142.891.00
13. AHORRO ANUAL ENERGIA (\$)		154.966.00	98.615.00
14. INVERSION INICIAL		366.640.00	235.209.00
15. PERIODO DE RECUPERACION		2.37 AÑOS	2.38 AÑOS
16. ILUMINANCIA PROMEDIO (LUXES)	200	198	240

#### Sistema de aire acondicionado

El edificio cuenta con 2 chillers de 60 H.P. cada uno y 11 manejadoras de aire de 7.5 H.P. cada una. En lo que se refiere a los aislamientos con que cuenta la red de tubería, éstos están en buen estado. La ventilación es suficiente dado que los equipos se

encuentran en la azotea del edificio. En general el sistema de aire acondicionado se encuentra en buenas condiciones de operación; sin embargo y con base en las mediciones realizadas, sería conveniente la instalación de un sistema de control automático para

dichos equipos. Cabe mencionar que la operación de estos equipos se realiza en forma manual por parte del jefe de mantenimiento, basado en la temperatura de confort del edificio.

## Elevadores

El edificio cuenta con 4 elevadores de 25 H.P. Cada uno con una velocidad de operación de 1536 r.p.m., alimentados a 220 volts de c.a., los 4 de la marca Otis, 2 de los cuales se encuentran del lado poniente y los otros 2 en el lado oriente. Los 4 elevadores tienen el mismo tipo de mecanismo de control y el mismo sistema de rectificación de corriente; estos elevadores trabajan las 24 horas del día, por lo que es necesario establecer un control horario de los mismos.

## Bombeo de agua

Se pudo constatar que el sistema de bombeo no presenta ningún tipo de fuga en lo que respecta a la red de tubería instalada a lo largo del edificio. El sistema de bombeo funciona de la siguiente forma: el compresor utilizado para el sistema hidroneumático no necesita un tanque de almacenamiento para mezclar el agua y el aire; en cambio cuando el manómetro detecta que el nivel de agua contenido en las tuberías no es suficiente, envía la señal para encender la bomba. Previamente, el agua pasa por el compresor (conectado a la salida de la bomba), el cual imprime la presión necesaria para que el agua llegue hasta la parte superior del edificio. Esta función se repite cada vez que el nivel del agua en tuberías no es suficiente, es decir, cuando no alcanza a abastecer el último piso.

## Costumbres de operación

El número aproximado de personas que laboran en el edificio es de 905. El flujo de personas es el siguiente:

8:30 - 18:30 hrs.	815 personas
9:00 - 10:00 hrs.	24 personas (flotante)
10:00 - 20:30 hrs.	90 personas
10:00 - 11:00 hrs.	48 personas (flotante)
11:00 - 12:00 hrs.	24 personas (flotante)
12:00 - 13:00 hrs.	24 personas (flotante)
13:00 - 14:00 hrs.	24 personas (flotante)
15:00 - 16:00 hrs.	48 personas (flotante)
16:00 - 17:00 hrs.	24 personas (flotante)
17:00 - 18:00 hrs.	24 personas (flotante)
18:30 - 8:30 hrs.	6 personas

Este personal además cuenta con los siguientes días de asueto:

Jueves y viernes de Semana Santa, medio día del 24 de diciembre y el 25 diciembre, 1º de enero, 21 de marzo, 1º y 10 de mayo, medio día del 15 de septiembre y el 16 de septiembre; 1º y 2 de noviembre y 12 de diciembre.

El encendido del alumbrado se realiza a partir de las 8:00 Hrs., mientras que a las 20:00 Hrs. se realiza un primer rondín el cual tiene la finalidad de apagar todos los circuitos de alumbrado que no se están utilizando. Esto sólo ocurre desde el piso 10 hasta la planta baja. A las 9:00 de la noche se realiza el segundo rondín, el cual tiene el mismo objetivo que el primero y se realiza también en los mismos pisos. Llegando a las 10:00 de la noche se procede al apagado total de la iluminación, a excepción de los niveles en donde el personal de limpieza se encuentra haciendo el aseo y de los vestíbulos de los elevadores, los cuales permanecen encendidos toda la noche.

El sistema de aire acondicionado, junto con las manejadoras de aire de los diferentes niveles (11 manejadoras de diferentes capacidades), se encienden a las 7:00 de la mañana, y a las 10:00 de la noche, aproximadamente, se apaga el total de los equipos, todo lo cual se realiza de lunes a viernes.

Por otra parte, los 4 niveles de estacionamiento cuentan con 2 extractores de aire que se encuentran instalados en el sótano 1, y al igual que las manejadoras de aire, se encienden a las 7:00 de la mañana y se apagan a las 10:00 de la noche. El alumbrado de todos los niveles del estacionamiento permanecen encendidos las 24 horas del día, debido a normas de seguridad.

## ACCIONES CORRECTIVAS MEDIATAS

Para tomar una decisión respecto de las acciones correctivas por aplicar con los recursos del FIDE, se tomaron en cuenta las inversiones requeridas en cada tipo de acción, el ahorro potencial y el periodo de recuperación de la inversión. Así, el usuario optó por realizar posteriormente y con recursos propios, los siguientes trabajos.

## Control del sistema de acondicionamiento ambiental.

De acuerdo con el diagnóstico, en el cual jugó un papel importante, tanto las costumbres de operación del edificio, como las ganancias térmicas y la capacidad de enfriamiento, se determinó lo ventajoso de instalar

un sistema automático de control de cargas en base a una programación de horario predeterminado. Este sistema deberá disponer de un controlador maestro que, a su vez, consta de 10 controladores remotos y se enlaza a una computadora central por medio de una red de área local. Aquél se ubicará en la azotea del edificio, mientras que éstos deberán distribuirse uno por cada piso par, 2 en los sótanos y 3 también en la azotea, los cuales tienen la función de controlar los tableros de aire acondicionado por medio de relevadores y los de alumbrado por medio de contactores.

El objetivo será desconectar un chiller con capacidad de 60 H.P., así como 5 manejadoras de aire de 7.5 H.P. cada uno de las 18:00 a las 22:00 Hrs., sin afectar el confort de los empleados que, en número reducido, laboran dentro de ese horario.

Además, se estableció que las condiciones climatológicas de la Ciudad de México, permiten inyectar aire del exterior sin necesidad de enfriamiento, cuando menos 40 días al año, durante los cuales podrán funcionar los chillers solamente de las 8:00 horas a las 16:00 horas, por lo que habrá un ahorro de 7 horas diarias, apoyado con un monitoreo de temperaturas ambientales.

Así, el ahorro potencial es el siguiente:

EQUIPO	CARGA	AHORRO ANUAL	
		KWH	\$
5 MANEJADORAS	28	28,200	3,940.00
1 CHILLER	45	45,120	6,304.00
2 CHILLER	90	21,485	3,002.00
<b>TOTAL</b>	<b>163</b>	<b>94,805</b>	<b>13,246.00</b>

### Control del sistema de iluminación

Considerando el horario de labores y el número de empleados que permanecen dentro del edificio después de las 18:30 Hrs., así como su ubicación y en base al perfil de carga previamente obtenido, se llega a la conclusión de que es factible utilizar el mismo sistema de control ya descrito, para desconectar de las 18:30 Hrs. a las 21:00 Hrs., los 2,599 luminarios que actualmente son de 4x20W, pero que se convertirán a 2x31W, por lo que el ahorro potencial es:

EQUIPO	CARGA	AHORRO ANUAL	
		KWH	\$
LUMINARIOS 2x31 W	187	117,810	16,460.00

El ahorro total logrado por el sistema de control y el período de recuperación de la inversión, se indican a continuación:

SISTEMA	AHORRO ANUAL \$
ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL	13,246.00
ILUMINACION	16,460.00
<b>TOTAL</b>	<b>29,706.00</b>
INVERSION = \$ 150,824.00	RECUPERACION = 5.1 AÑOS

## ■ ACCIONES CORRECTIVAS INMEDIATAS

### Sistema de iluminación

Apoyado en los bajos niveles de iluminación existentes, en las limitaciones presupuestales del FIDE y en la imposibilidad de destinar algún efectivo a este proyecto, ICA tomó la decisión de concretar las acciones bajo el planteamiento de la alternativa N°. 2, es decir, sustituir las 4 lámparas actuales de 20W por 2 de 31W T-8, aun cuando la otra alternativa resultaba más atractiva habida cuenta de que los ahorros por obtener serían superiores en aproximadamente 57%.

Además, debe mencionarse que ante la situación financiera originada por la paridad de nuestra moneda frente al dólar, hubo de introducir algunos cambios al proyecto original, como reducción del alcance y adquisición directa de los materiales por parte del FIDE para que la mano de obra quedara a cargo de ICA.



Así, se definió el alcance en función de los recursos disponibles (\$ 236,067.00) suficientes para modificar 1,515 gabinetes, eliminándose 6,060 lámparas de 20W y 3,030 balastos normales, instalando en su lugar 3,030 lámparas arranque rápido de 31W T-8 4,100 °K, incluyendo bases y balastro de alta eficiencia para 2 lámparas de las características apuntadas, esperando los siguientes ahorros:

	SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA ACTUAL	AHORRO
Watts/luminario	120	71	49
No. de luminario	1,515	1,515	-
Carga total (kW)	182	108	74
Demanda (kW) <sup>1/</sup>	152	90	62
Consumo mensual (kwh) <sup>2/</sup>	53,200	31,500	21,700
Costo energía (\$) <sup>3/</sup>	15,220.00	9,012.00	6,208.00
Recuperación (meses)			38

1/\_/ Considerando un factor de diversidad de 1.2

2/\_/ Considerando 350 horas al mes.

3/\_/ Considerando el precio medio de abril de 1995 (0.2861 \$/KWh).

## ■ RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de junio de 1995, se empezaron a observar los ahorros consignados en el siguiente cuadro, los cuales son el resultado de comparar consumos y demandas de cada mes con respecto al mismo mes del año anterior. Para ser congruentes con los incrementos en los precios de la energía eléctrica, se han recalculado los importes que hipotéticamente debería estar pagando el usuario de no haber desarrollado el proyecto.

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWh	RECALCULO DEL IMPORTE <sup>1/</sup> \$
JUNIO 1994	680	234,000	53,472.35	0.2285	68,234.40
JUNIO 1995	640	200,000	58,316.20	0.2916	58,316.20
<b>AHORRO</b>	40	34,000			9,918.20
JULIO 1994	680	216,000	52,031.30	0.2409	62,294.40
JULIO 1995	600	202,000	58,250.55	0.2884	58,250.50
<b>AHORRO</b>	80	14,000			4,043.90
AGOSTO 1994	720	228,000	54,934.55	0.2409	67,282.80
AGOSTO 1995	580	200,000	59,023.15	0.2951	59,023.15
<b>AHORRO</b>	140	28,000			8,259.65
SEPTIEMBRE 1994	660	246,000	58,956.00	0.2397	70,110.00
SEPTIEMBRE 1995	620	220,000	62,702.25	0.2850	62,702.25
<b>AHORRO</b>	40	26,000			7,407.75
OCTUBRE 1994	660	230,000	54,772.45	0.2381	64,952.00
OCTUBRE 1995	620	206,000	58,169.00	0.2824	58,169.00
<b>AHORRO</b>	40	24,000			6,783.00
NOVIEMBRE 1994	680	242,000	57,121.50	0.2360	67,493.80
NOVIEMBRE 1995	600	226,000	63,024.00	0.2789	63,024.00
<b>AHORRO</b>	80	16,000			4,469.80
DICIEMBRE 1994	680	252,000	57,684.70	0.2289	73,054.80
DICIEMBRE 1995	600	202,000	58,566.10	0.2899	58,566.10
<b>AHORRO</b>	80	50,000			14,488.70
ENERO 1995	660	206,000	47,217.55	0.2292	67,609.20
ENERO 1996	600	180,000	59,076.15	0.3282	59,076.15
<b>AHORRO</b>	60	26,000			8,533.05
<b>AHORRO PROMEDIO MENSUAL</b>	70	27,250		0.2931	7,988.00

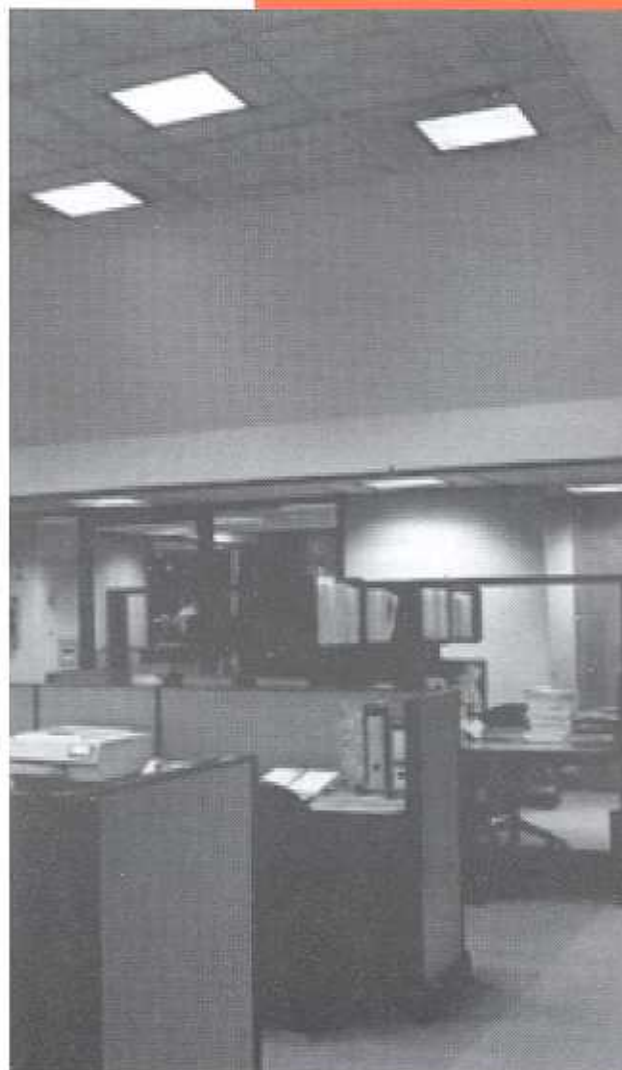
1/\_/ Resultado de multiplicar el consumo del mes por el precio medio del mismo mes del año posterior

## CONCLUSIONES

Del análisis de las cifras consignadas en el cuadro anterior se puede concluir lo siguiente:

- Después de 8 meses de haberse concluido el proyecto, la demanda disminuyó de un promedio de 677 kW, a 607 kW, que representa un ahorro de 70 kW equivalente a 10.3%, lo cual supera ligeramente la expectativa de 62 kW.
- El consumo promedio durante 8 meses también disminuyó de 231,750 kWh a 204,500 kWh mensuales lo que significa haber obtenido un ahorro real de 27,250 kWh mensuales, equivalente a 11.8%. Esta cantidad fue superior al ahorro estimado antes de aplicar las acciones correctivas y que ascendió a 21,700 kWh.
- Aplicando los precios medios de la energía eléctrica derivados del incremento tarifario, incluyendo factores de ajuste por combustible, el usuario estaría pagando facturas promedio de \$ 67,628.90 si no hubiera desarrollado el proyecto, cuando en realidad el promedio del importe pagado durante 8 meses fue de \$ 59,640.90 lo que significa estar ahorrando \$ 7,988.00 mensuales, cifra que también supera la estimación de \$ 6,208.00 y representa un ahorro de 11.8%.
- Con estos resultados, la inversión de \$ 236,067.00 se podrá recuperar en un periodo de sólo 2.46 años, sin considerar los beneficios por tener menor número de lámparas que significa reducir en 50% los costos de reposición y mantenimiento.

A continuación se resumen los resultados.



CONCEPTO	CIFRAS MENSUALES		AHORRO MENSUAL	
	ANTERIOR	ACTUAL	UNIDADES	%
DEMANDA (kW)	677	607	70	10.3
CONSUMO (kWh)	231,750	204,500	27,250	11.8
IMPORTE (\$)	67,628.90	59,640.90	7,988.00	11.8
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	1/	0.2931		
FACTOR DE CARGA (%)	47.5	46.8		
<b>INVERSION=\$ 236,067.00</b>		<b>RECUPERACION= 2.46 AÑOS</b>		

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