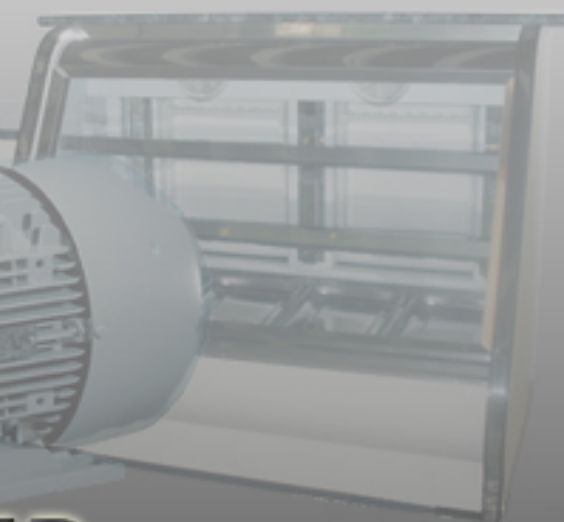
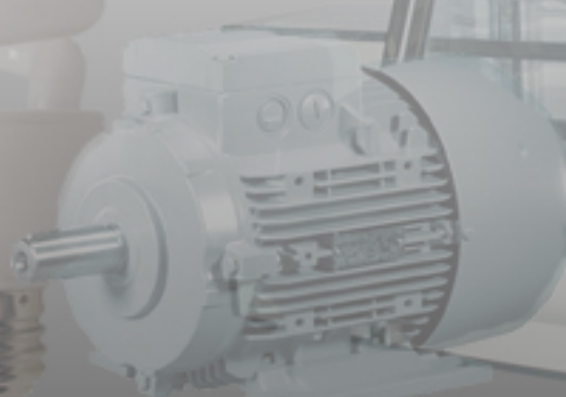


# Buenas Prácticas de Eficiencia Energética Acondicionadores de Aire

ACONDICIONADORES DE AIRE, ILUMINACIÓN, FINANCIAMIENTO,  
REFRIGERACIÓN COMERCIAL, POLÍTICA REGIONAL, MOTORES ELÉCTRICOS

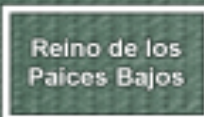


## PEER

Programa de Eficiencia Energética Regional en los  
Sector Industrial y Comercial en Centroamérica



Cofinanciadores:



## Buenas Prácticas en Eficiencia Energética

# Acondicionadores de Aire



Co-financiadores:



Reservados todos los derechos.

©Copyright 2007, BUN-CA.  
1ª edición, marzo del 2009  
San José, Costa Rica

Este fascículo fue elaborado por BUN-CA en el marco de su Estrategia Regional de Eficiencia Energética y puede ser utilizado libremente para propósitos no-comerciales, con el debido reconocimiento del autor.

Esta publicación ha sido posible gracias a la ejecución del Programa PEER (Programa de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial en América Central), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y financiado por el Fondo del Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), en el marco del Programa Operacional No. 5 del Área Temática de Cambio Climático, bajo los términos del contrato No. 50949. Las opiniones expresadas en este documento son de BUN-CA y no necesariamente reflejan el parecer de las agencias cooperantes.

También cofinancian esta publicación el Programa de Cooperación Sur-Sur coordinado por Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible (Fundecooperación), el Fondo para la Facilidad Centroamericana de Energía Renovable y Producción más Limpia (CAREC, por sus siglas en inglés) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés).

Nota: Se agradece a los diferentes consultores los aportes técnicos realizados a esta publicación.

## Tabla de contenido

Eficiencia energética .....	3
i. ¿Qué es el acondicionamiento de aire? .....	4
ii. Funcionamiento de los equipos acondicionadores de aire .....	4
iii. Descripción de los principales componentes.....	5
iv. Buenas prácticas para el ahorro de energía.....	6
4.1 Operación del equipo. ....	6
4.2 Mantenimiento y limpieza de los equipos. ....	7
4.3 Selección del equipo. ....	7
4.4 Reducción de fuentes de calor. ....	8
4.5 Uso racional del A/A. ....	8
v. Anexos. Casos exitosos implementados .....	11

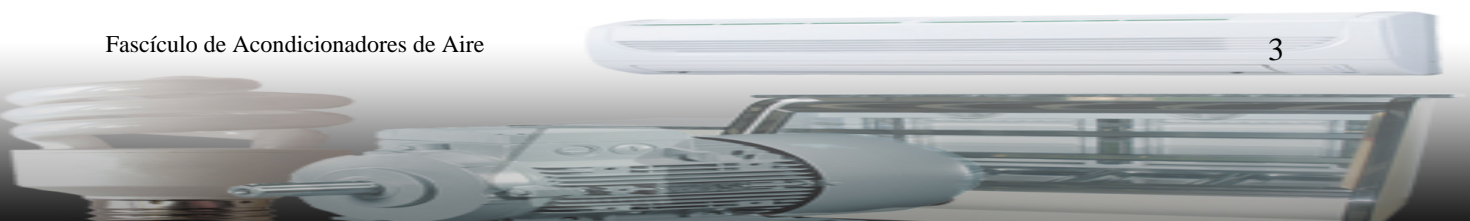
## Eficiencia energética

Los costos por generación de electricidad y la demanda promedio aumentan de cara a un entorno centroamericano de mayor competitividad y desarrollo socioeconómico. La urgencia de aumentar la capacidad instalada del sistema interconectado en los países centroamericanos para atender las necesidades eléctricas de los diferentes sectores de consumo, motiva a implementar acciones costo-eficientes en el uso final de la electricidad.

El equipamiento eléctrico utilizado en la mayoría de los procesos industriales y en las instalaciones comerciales, por lo general con bajos niveles de eficiencia, aunado a que el equipo instalado en muchas ocasiones ha sobrepasado su vida útil o se acerca a ese límite, provoca considerables desperdicios energéticos, lo cual se traduce en un incremento en los costos operativos de las empresas y en la emisión de gases efecto invernadero, como resultado de la utilización creciente de combustibles fósiles importados en la producción de energía eléctrica.

La Fundación Red de Energía (BUN-CA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), desarrollan el “Programa Regional en Eficiencia Energética para los Sectores Industrial y Comercial en América Central” (PEER), iniciativa que contribuye a remover la barrera de la falta de conocimiento e información técnica para desarrollar los mercados de equipos eléctricos eficientes.

La presente serie de fascículos de “Buenas Prácticas en Eficiencia Energética” tiene el objetivo de fortalecer el conocimiento técnico en el nivel centroamericano, brindando una serie temática de buenas prácticas en los temas de **acondicionadores de aire (A/A)**, motores eléctricos, refrigeración comercial e iluminación, para promover el ahorro de energía eléctrica en los sectores industrial y comercial.



## I. ¿QUÉ ES EL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE?

El acondicionamiento del aire (A/A) es el proceso que enfría, limpia y circula el aire, controlando además su contenido de humedad; todo esto en forma simultánea.

Un equipo acondicionador de aire retira calor de un recinto según las condiciones de comodidad térmica deseadas, a través del empleo de un fluido de trabajo denominado refrigerante. En la Figura 1 se presenta un equipo acondicionador de aire tipo *mini-split*.

Figura 1.  
Equipo *mini-split*.



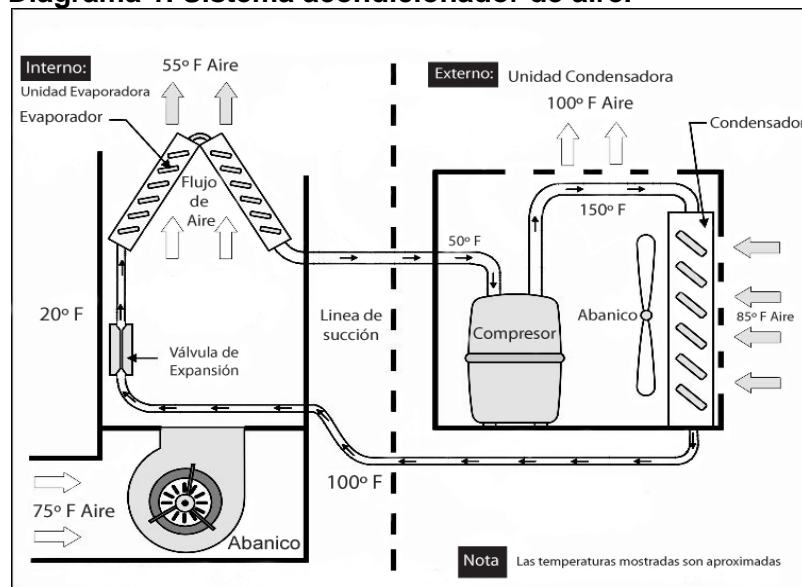
Equipo de Ventana



## II. FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS ACONDICIONADORES DE AIRE

El ciclo básico de acondicionamiento de aire indica que el calor se recoge en el evaporador y se desecha en el condensador. La cantidad de calor desechada es aproximadamente la misma que la recogida en el evaporador, según se detalla en el Diagrama 1.

Diagrama 1. Sistema acondicionador de aire.



Fuente: [www.CarsonDunlop.com](http://www.CarsonDunlop.com), 2008.

En este ciclo se cumplen los siguientes procesos:

- El calor es recogido por el refrigerante en el evaporador.
- El compresor aumenta la presión y temperatura del refrigerante,

impulsándolo hacia el condensador, para que se produzca la transferencia de calor.

- c. El calor desechado en el condensador se transfiere al ambiente exterior utilizando algún medio como aire natural o agua fría.
- d. La válvula de expansión baja la presión del refrigerante generando un diferencial de presión, lo cual permite que el proceso se repita indefinidamente.

### III. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES

Los principales componentes de un sistema acondicionador de aire son:

- ⊕ **Termostato:** Es un dispositivo cuya función es apagar o encender automáticamente el sistema acondicionador de aire, a fin de mantener el área climatizada o acondicionada dentro de un rango de temperatura deseado por el usuario (Figura 2).

Figura 2. Termóstato



- ⊕ **Evaporador:** Intercambiador de calor (radiador ubicado en el interior), en donde se lleva a cabo el efecto de refrigeración, al permitir al refrigerante absorber calor retirado de los espacios por ser acondicionados (Figura 3). En el Diagrama 1 se aprecia la ubicación del evaporador en el ciclo del sistema acondicionador de aire.

Figura 3. Evaporador



- ⊕ **Condensador:** Intercambiador de calor (radiador) que elimina el calor en el refrigerante, en estado gaseoso, proveniente del compresor, convirtiéndolo en una mezcla (líquido y gas) y eliminando el calor removido del espacio acondicionado, por lo que éste se ubica en el exterior del recinto (Figura 4). En el Diagrama 1 se puede apreciar la ubicación del evaporador en el ciclo del sistema acondicionador de aire.

Figura 4. Condensador



- ⊕ **Abanico:** Elemento mecánico circular que mueve el flujo del aire a través del condensador y/o evaporador (Figura 5).

Figura 5. Abanico



- ✦ **Compresor:** Equipo mecánico que comprime el refrigerante en forma de vapor, incrementando así su presión y temperatura, para posteriormente ser transportado por la tubería en forma de gas caliente hasta el condensador. El compresor, en este caso, es accionado por un motor eléctrico (Figura 6).

Figura 6. Compresor



- ✦ **Válvula de Expansión:** Dispositivo mecánico que, al pasar el refrigerante proveniente del condensador, baja su presión. Este sale de la válvula en forma de gas a baja temperatura y baja presión, para seguir su camino por la tubería hacia el evaporador (Figura 7).

Figura 7. Válvula de Expansión



- ✦ **Refrigerante:** Es un fluido que actúa como el agente de enfriamiento, con propiedades especiales para alcanzar los puntos de evaporación y condensación. Mediante cambios de presión y temperatura, éste absorbe calor de un espacio y lo disipa en otro. En el mercado existen diversos tipos, dependiendo del uso deseado (Figura 8).

Figura 8. Refrigerantes

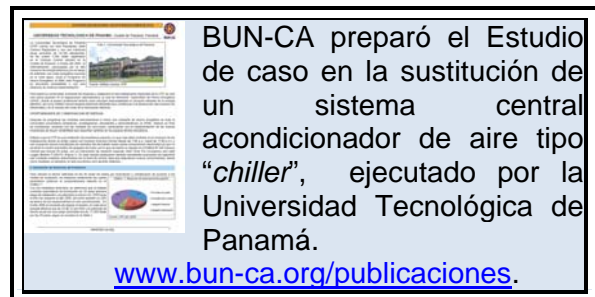


## IV. BUENAS PRÁCTICAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

### 4.1 Operación del equipo.

- **Regular el equipo hasta la zona de comodidad.**

Los factores de comodidad están directamente relacionados con la productividad de las personas, ya que el calor muy intenso acelera el ritmo cardíaco y la transpiración se intensifica cuando la humedad relativa es alta, con lo que el rendimiento físico e intelectual disminuye sensiblemente. De esta manera, es necesario contar con la temperatura de mayor comodidad posible (entre 23°C y 27°C). En realidad, un recinto ocupado por personas con frío no es más que un desperdicio de energía, así que se recomienda fijar la temperatura en 24°C para no sacrificar la comodidad de los usuarios.



- **Considerar los ciclos de encendido.**

Se recomienda que el compresor opere con el menor número de ciclos de apagado y encendido, ya que cada pare y arranque del equipo de A/A requiere una mayor potencia eléctrica y generará más desgaste.

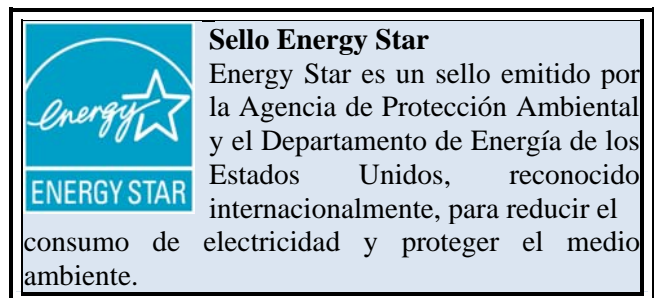
- **Apagar los equipos cuando no estén siendo utilizados.** De no existir un sistema automatizado, se debe generar una cultura en el usuario y los encargados de mantenimiento para apagar aquellos equipos de A/A que no estén siendo utilizados.
- **Evitar mantener lámparas encendidas innecesariamente.** Las lámparas encendidas generan calor, lo cual determina una mayor potencia en la unidad de A/A.

#### 4.2 Mantenimiento y limpieza de los equipos.

- **Mantener adecuadamente los equipos.**  
Se debe realizar el mantenimiento periódico (mínimo dos veces al año) para garantizar que el condensador, el evaporador y los filtros se encuentren limpios y libres de suciedad, además de comprobar la carga adecuada de refrigerante, ya que tener más del requerido o un volumen menor implica consumir más electricidad. Se debe consultar el manual del fabricante para observar las recomendaciones sobre los ciclos de mantenimiento.

#### 4.3 Selección del equipo.

- **Dimensionar adecuadamente el equipo.**  
Un equipo sobredimensionado con respecto al espacio por acondicionar requiere una inversión inicial mayor, demandará mayor potencia eléctrica y un elevado consumo de energía durante su operación.
- **Comprar repuestos de alta calidad.**  
Se recomienda comprar repuestos y componentes de buena calidad y preferiblemente originales, de manera que los equipos operen eficientemente y prolonguen su vida útil.
- **Utilizar equipos de la misma marca.**  
Los equipos deben ser preferiblemente de la misma marca y modelo para simplificar la adquisición y control del inventario de los repuestos.
- **Sustituir los equipos ineficientes.**  
Cuando sea necesario, hay que reemplazar los equipos ineficientes o que hayan cumplido su vida útil y sustituirlos por otros eficientes, con una Razón de Eficiencia Energética (EER) mayor o igual a 10, como aquellos con sello “Energy Star”.



#### 4.4 Reducción de fuentes de calor.

- **Buscar formas de disminuir la radiación solar.**  
A través de elementos externos como persianas, cortinas, toldos, polarizado, películas reflejantes y sombras externas, se puede disminuir la incidencia directa de los rayos solares y, por ende, la carga térmica solar.
- **Eliminar las infiltraciones de aire.**  
Se debe disminuir al máximo las infiltraciones de calor producidas por las entradas de aire exterior a los recintos acondicionados. Un buen sellado de fugas de aire en las ventanas y puertas repercutirá en un ahorro de electricidad, debido al menor uso del sistema de acondicionamiento.
- **Instalar aislamiento eficiente.**  
En la medida de lo posible, se debe utilizar material de aislamiento de alta eficiencia en las paredes y los techos del espacio acondicionado. La instalación del aislamiento deberá ser realizada por personal técnico capacitado.
- **Usar vegetación.**  
Las cargas solares se pueden reducir mediante la ubicación de árboles y plantas frente a paredes externas y ventanas.
- **Minimizar el uso de tragaluces.**  
Los tragaluces aumentan considerablemente la carga térmica por radiación solar.
- **Instalar una campana extractora.**  
Los equipos de cocina dentro de los espacios donde hay aire acondicionado deberán contar con campana extractora para remover los vapores. Esta medida reduce sensiblemente la carga térmica producida por el vapor de los alimentos al ser cocinados, así como los requerimientos por mantenimiento.
- **Establecer niveles de ventilación mínimos.**  
Se deben adecuar los niveles de ventilación con aire exterior a los mínimos recomendados. No se recomienda el fumado en el interior de recintos climatizados.

#### 4.5 Uso racional del A/A.

- **Utilizar ventilación.**  
Si es posible, abra las ventanas y utilice ventiladores empotrados o portátiles en lugar de acondicionadores de aire. Existen



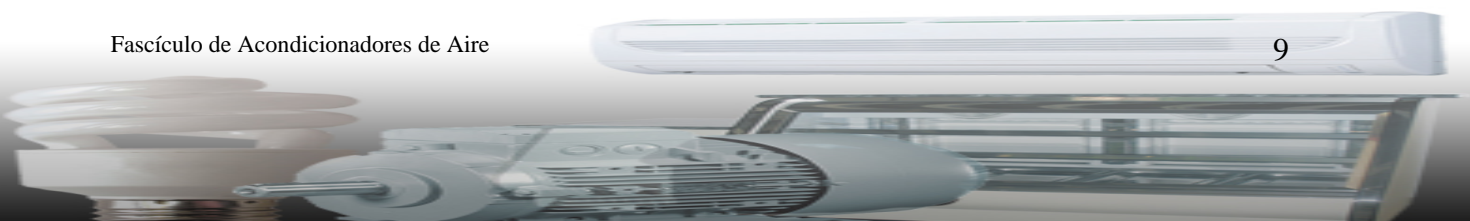
BUN-CA preparó el Estudio de Caso en la sustitución de acondicionadores de aire tipo “ventana”, por unidades *mini-split*, ejecutado por el Hotel Frontera, Nicaragua.

[www.bun-ca.org/publicaciones](http://www.bun-ca.org/publicaciones).



equipos acondicionadores que poseen la opción de ventilación sin enfriamiento.

- **Distribuir eficientemente el aire.**  
Se pueden utilizar ventiladores para distribuir el aire fresco por los ambientes internos cuando el acondicionador esté encendido y, por consiguiente, reducir el tiempo de climatización de todo el espacio.
- **Automatizar el A/A.**  
Es recomendable usar termostatos programables con el acondicionador de aire para regular la temperatura en los horarios en que haya poco personal laborando, a fin de no apagar el equipo por completo. En espacios grandes, los que se apaguen al medio día necesitarán operar a mayor potencia para volver a enfriar la zona al ingresar los usuarios. El uso de sensores de ocupación puede ayudar a mejorar el desempeño de los equipos A/A.
- **Ubicar adecuadamente el termostato.**  
No utilice fuentes de calor como una lámpara, cafetera, computadora o el televisor cerca del termostato del acondicionador de aire. El calor de esos aparatos hace que éste ponga en funcionamiento el equipo por más tiempo.
- **Considerar los horarios de trabajo.**  
Existen horarios pico donde la carga térmica es mayor, mientras que en otros es mínima, por lo tanto, es conveniente elegir equipos acondicionadores que puedan manejar cargas térmicas parciales o utilizar varios pequeños en lugar de uno grande.
- **Normas técnicas de acondicionadores de aire.**  
En las compras de equipos nuevos, hay que considerar las normas técnicas y el etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire desarrollados en cada país, que especifican índices mínimos de eficiencia, orientando la adquisición de equipos más eficientes. Para referencia de las normas técnicas, puede consultar al organismo nacional de normalización de cada país.



Observaciones (anotar aquí otras prácticas que sean de su utilidad)

---

---

---

---

---

---

---

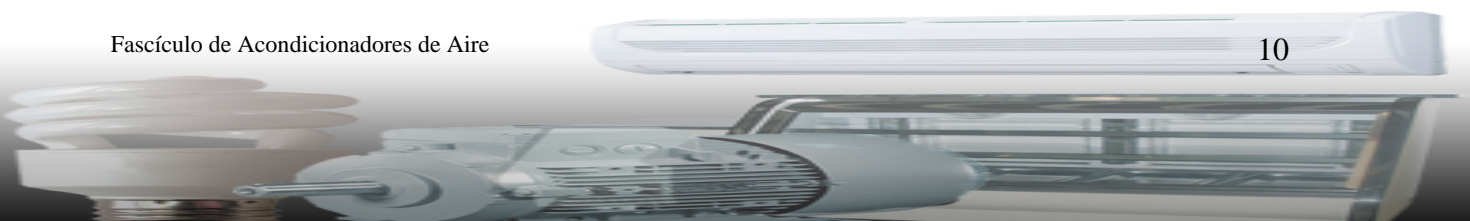
---

---

---

Mayor información técnica sobre eficiencia energética en:

[www.bun-ca.org](http://www.bun-ca.org)



## V. ANEXOS. CASOS EXITOSOS IMPLEMENTADOS

Un aspecto fundamental que BUN-CA a identificado para promover los mercados de eficiencia energética ha sido a través de mostrar que las medidas de ahorro de energía eléctrica en las empresas son una inversión rentable y en su gran mayoría presentan períodos de recuperación de corto plazo.

A continuación se presentan dos experiencias concretas implementadas:

### A. Cámara de Industrias de Nicaragua (CADIN), Managua, Nicaragua.

En la Cámara de Industrias de Nicaragua, se realizó la sustitución de 8 acondicionadores de aire tipo ventana de 24000 BTU/hr por equipos minisplits: 2 de 36000 BTU/hr, 2 de 24000 BTU/hr, 1 de 18000 BTU/hr y la reubicación de 2 unidades en operación. En la Tabla 3 se presentan los ahorros por la sustitución de los equipos con una inversión de US\$4,697, lo que generó un ahorro de 8,100 kWh y de US\$ 1,539 anuales, ver Tabla 1.

**Tabla 1. Ahorros en climatización**

Tipo	Cantidad	Potencia total (kW)	Tiempo operación (hrs/año)	Consumo anual (kWh)	Costo total (\$)
A/A Ventana	8	25	1500	37,500	7,125
A/A Splits	7	19.6	1500	29,400	5,586
<b>Ahorro total anual</b>				<b>8,100</b>	<b>1,539</b>
<b>Inversión</b>					<b>4,697</b>
<b>Periodo Simple de Recuperación (PSR)</b>					<b>3.05 años</b>

Fuente: CADIN, elaboración BUN-CA (2009).

### B. Hotel Club de Mar, Jacó, Costa Rica.

En el Hotel Club de Mar, las unidades condensadoras de los acondicionadores de aires se encuentran en muy buen estado, ya que son equipos con una antigüedad de 6 años de uso. Definida cierta cantidad de horas de operación se realizan limpiezas y mantenimiento preventivo para evitar problemas de incrustaciones que bajen su eficiencia.

Sin embargo, estas unidades estaban instaladas en compartimiento debajo del techo de las habitaciones, provocando que trabaran más forzadas por el calor generado, así que se propuso trasladar las unidades al exterior del edificio, y que no estuvieran expuestas directamente a los rayos solares.

Con el cambio realizado al exterior, se logra que los equipos transfieran al aire el calor removido de los condominios de una forma más efectiva. El incremento en esta transferencia implica un ahorro de energía eléctrica de 21,200 kilowatt hora (kWh) anuales, según se muestra en la Tabla 2.

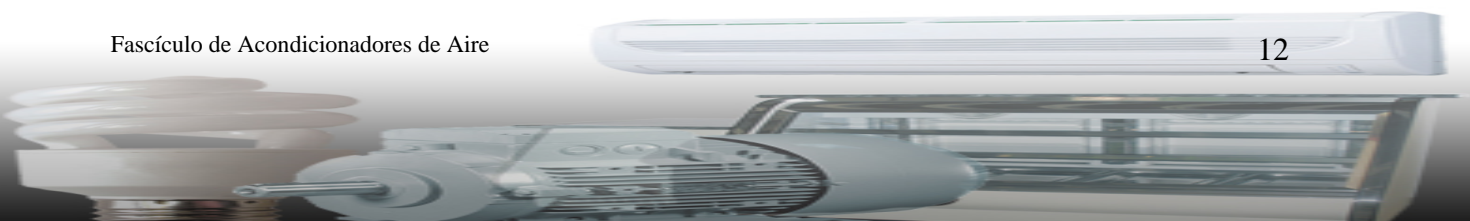
**Tabla 2. Expectativas de ahorro por reubicación de condensadores**

Sistema	Demanda Máxima [kW] <sup>1</sup>	Consumo anual [kWh]	Costo Demanda US\$ <sup>2</sup>	Costo Consumo US\$ <sup>3</sup>
ACTUAL	31	85,800	7,590	4,930
OPTIMIZADO	24	70,008	5,877	4,023
AHORRO	7	15,792	1,713	907
<b>Total de ahorro anual</b>			<b>US\$ 2,620</b>	
<b>Inversión</b>			<b>US\$ 2,136</b>	
<b>Período simple de recuperación</b>			<b>0.8 años</b>	

<sup>1</sup> Considérese un factor de coincidencia de .85

<sup>2</sup> Considérese un costo por kWh de US\$ 0.057

<sup>3</sup> Considérese un costo por kW de US\$ 20.41



	<p>BUN-CA contribuye al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad energética de Centroamérica para aumentar la producción mediante el uso sostenible de los recursos naturales, como medio para mejorar la calidad de vida.</p> <p><a href="http://www.bun-ca.org">www.bun-ca.org</a></p>
	<p>El Fondo para el Medio Ambiente Mundial -GEF- contribuye financieramente para alcanzar un beneficio global en el área temática de cambio climático.</p> <p><a href="http://www.gefweb.org">www.gefweb.org</a></p>
	<p>El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- es la agencia de implementación del GEF -a través de su oficina en Costa Rica-, la cual es apoyada por sus contrapartes centroamericanas.</p> <p><a href="http://www.undp.org">www.undp.org</a></p>