

# Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

---

**Tipo de Proyecto**  
Aire Acondicionado

---

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA



**Glosario**



**Tabla de conversiones**



**1. Presentación**



**2- Aplicabilidad**



**3- Introducción**



**4- Descripción de la tecnología**



**5- Descripción del proyecto**



**6- Requerimiento de inversión**



**7. Análisis de riesgos ambientales y sociales**



**8- Criterios de elegibilidad**



**9- Monitoreo, reporte y verificación del proyecto**



**10- Caso de estudio**



**11- Referencia**



# Glosario

**AA:** aire acondicionado.

**Acondicionamiento del aire:** control de la temperatura, humedad, movimiento y limpieza del aire en un espacio confinado.

**Bomba de calor:** máquina térmica que permite transferir calor de una fuente fría a otra más caliente. En calefacción o climatización, aparato capaz de tomar calor de una fuente a baja temperatura (agua, aire, etc.) y transferirlo al ambiente que se desea calentar.

**BTU:** Unidad Térmica Británica. Unidad para medir el calor, un BTU es la energía requerida para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit.

**Compresor:** componente de una instalación de AA encargado de comprimir el gas refrigerante y descargarlo hacia el condensador a alta temperatura y presión.

**Condensación:** proceso donde el vapor cambia de fase a líquido perdiendo temperatura.

**Condensador:** intercambiador de calor de una instalación AA encargado de condensar el refrigerante proveniente del evaporador en estado gaseoso. Su objetivo es eliminar el calor adquirido por el evaporador y por el trabajo realizado por el compresor.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** es el principal gas de efecto invernadero, emitido principalmente a través del uso del transporte, la industria, la producción de energía eléctrica, la agricultura y la deforestación.

**EER:** indicador de eficiencia de un sistema de AA que calcula la relación de capacidad de enfriamiento con respecto al consumo de energía. La relación se mide en BTU-h/W. Cuanto mayor sea el EER, más eficiente es el sistema.



# Glosario

**Eficiencia energética:** es la forma de gestionar y limitar el crecimiento del consumo de energía. Un proceso más eficiente puede producir más bienes o servicios con la misma o menor cantidad de energía. Por ejemplo, una bombilla fluorescente compacta (CFL) utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz.

**Eficiencia nominal:** es la razón porcentual que sirve para medir la eficiencia teórica de los sistemas.

**Evaporador:** intercambiador de calor que genera la transferencia de energía térmica desde el ambiente hacia el fluido refrigerante a baja temperatura. Es el componente de una instalación de aire acondicionado que genera el efecto de enfriamiento.

**Factor de emisión:** promedio de un gran número de mediciones de emisiones de contaminantes atmosféricos que son representativas de un tipo de fuente de emisión. Por ejemplo, el factor de emisión del Sistema Interconectado Eléctrico de Colombia es 0,37 kg de CO<sub>2</sub>/kWh (IEA, 2012); esto quiere decir que por cada 100 kWh consumidos se emiten 37 kg de CO<sub>2</sub>.

**Gases de efecto invernadero (GEI):** los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estos gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

**kWh:** El kilovatio-hora, equivalente a mil vatios-hora, es una unidad utilizada para medir la energía consumida o utilizada en determinado tiempo.

**Período de retorno simple:** es la cantidad de tiempo que demora una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un periodo de retorno simple de 3 años.

**Presión de descarga:** es la presión en el condensador de un sistema de AA, también conocida como presión del lado de alta.



# Glosario

**Presión de retorno:** es la presión en el lado de baja de un sistema de AA, también llamado presión de succión o presión de baja.

**Presión de succión:** presión en el lado de baja presión entre el compresor y la salida del evaporador. Se encuentra en el lado de baja de un sistema.

**Refrigerante:** fluido en un sistema de AA que adquiere calor mediante su evaporación a baja temperatura y presión, y entrega este calor mediante su condensación a alta presión y temperatura.

**Torre de enfriamiento:** es un equipo accesorio del condensador usado para enfriar agua.

**Tonelada de refrigeración (TR):** es la unidad nominal de capacidad de enfriamiento empleada para referirse a los equipos frigoríficos y de aire acondicionado. Una TR equivale a 12.000 BTU/h.

**Valor Exante:** valor medido antes del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

**Valor Expost:** valor medido después del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

# Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual que sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

**Tabla 1.** Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU	
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947.817
PetaJules	2,77e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



## 1. Presentación

CAF -banco de desarrollo de América Latina- tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia energética desde la demanda (EE) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF), cuyo objetivo es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE. Para lograrlo contarán con financiamiento de CAF a través de las líneas de crédito que mantiene con IF's, asistencia técnica y fortalecimiento de mercados en NV y de EE.

En este contexto, esta guía, dirigida a las Instituciones Financieras, tiene

como objetivo fortalecer los programas ambientales y sociales de las IF's y mejorar sus capacidades, las de sus clientes y las de sus recursos de outsourcing; para identificar, evaluar y financiar proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con la financiación este tipo de proyectos.

Incluye aspectos técnicos y de inversión, criterios de elegibilidad de proyectos para ser financiados por las IF's, y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Esta guía es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial de fomentar las inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's) de acuerdo con el tipo de proyecto y el sector.

**Tabla 2.** Manuales por sector y guías por tipo de proyecto

Manuales Por Sector											
Guías Por Tipo De Proyecto	Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte	
	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓					
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓				
	Aire acondicionado						✓		✓		
	Refrigeración	✓							✓		
	Calentamiento de agua con energía solar						✓				
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica						✓	✓	✓		
Automatización de procesos						✓	✓	✓			

Así por ejemplo, se elaboró la guía para el desarrollo de proyectos de aire acondicionado, que es aplicable a los sectores de hoteles y hospitales y grandes superficies.





## 2. Aplicabilidad

Esta guía presenta los aspectos técnicos, financieros y ambientales relacionados con el desarrollo de proyectos de inversión en sistemas de AA, y los beneficios de su implementación con las tecnologías de eficiencia energética que hay disponibles en el mercado.

Se especifican las características de las principales tecnologías que se usan actualmente para reducir el consumo energético en los sistemas de aire acondicionado, indicando su aplicabilidad de acuerdo con el tipo de instalación. Así mismo, se establecen precios de inversión de referencia para determinar la rentabilidad aproximada de los proyectos, dependiendo del precio de energía donde se desarrolla el proyecto.



<sup>1</sup> Fuente: *Combined Heat and Power, Evaluating the benefits of greater global investment – International Energy Agency, IEA. 2008.*



### 3. Introducción

El incremento en el uso de sistemas de AA es uno de los retos más importantes para el desarrollo energético en el futuro de los países en desarrollo. Las mejoras en el nivel de vida en las economías emergentes, la mayoría de ellas ubicadas en climas cálidos, aumentará la demanda de AA en las próximas décadas. Se estima que en la década 2010-2020 el incremento de la demanda de electricidad en los países en desarrollo para los sistemas de AA, solo en el sector residencial, será de 600 TWh/año (1 TWh/año = 1MM KWh/año). Esto representa más de la mitad de toda la energía solar y eólica que se proyecta producir en el mismo período (1.100 TWh/año) a nivel mundial.

De acuerdo con el Lawrence Berkeley National Laboratory, para 2030 cerca del 80% de los hogares mexicanos contarán con un sistema de aire acondicionado, en comparación con el 20% que contaban con esta tecnología en el

2005. En Brasil la demanda de AA se multiplicará por 2 en el mismo período, y en el resto de Latinoamérica el crecimiento será de 3,6 veces el actual.<sup>1</sup>

Adicionalmente, el crecimiento en el uso de AA tiene asociados importantes impactos ambientales debido a las emisiones de GEI durante la generación de electricidad y al uso de refrigerantes que agotan la capa de ozono. Por años el refrigerante más usado fue el R-22 (HCFC 22), que quedó fuera del mercado por los acuerdos alcanzados en el Protocolo de Montreal. Sin embargo, en los países en desarrollo se seguirá usando al menos hasta el año 2030. Actualmente, el refrigerante más usado es el R410A (HCFC-410A), el cual es considerado amigable con la capa de ozono, pero tiene un alto GWP (Global Warming Potential por sus siglas en inglés) de 1.924 Kg de CO<sub>2</sub> equivalentes por cada Kg de refrigerante que se escapa a la atmósfera (IPCC, 2014).

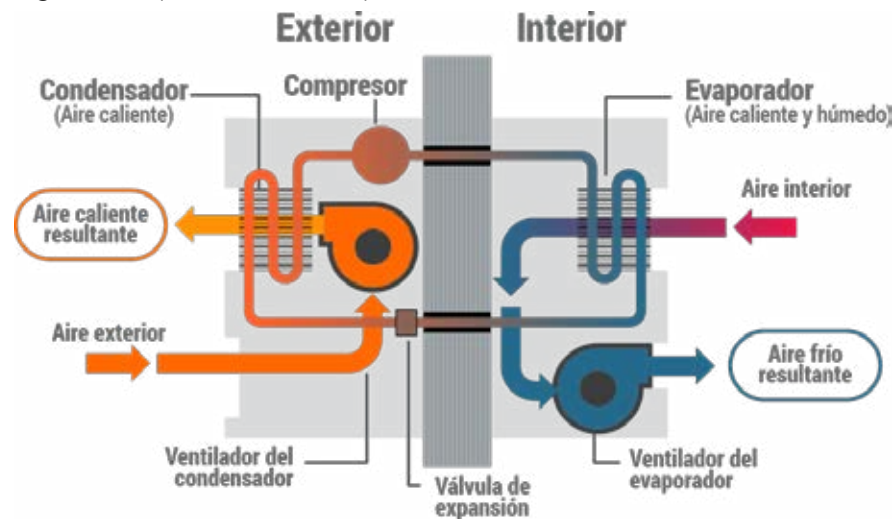
<sup>1</sup> *Future air conditioning energy consumption in developing countries and what can be done about it: the potential of efficiency in the residential sector. Michael A. McNeil, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory USA.*



## 4. Descripción de la tecnología

El funcionamiento básico de un aire acondicionado se puede apreciar en la figura 1. El sistema aspira el aire del lugar que se desea enfriar, lo pasa por el evaporador y lo impulsa nuevamente dentro del recinto a una menor temperatura. Por la parte exterior se produce la situación opuesta, el condensador toma aire del exterior, extrae el calor del refrigerante y lo expulsa a una temperatura más alta.

**Figura 1.** Esquema básico de operación de un aire acondicionado.<sup>2</sup>

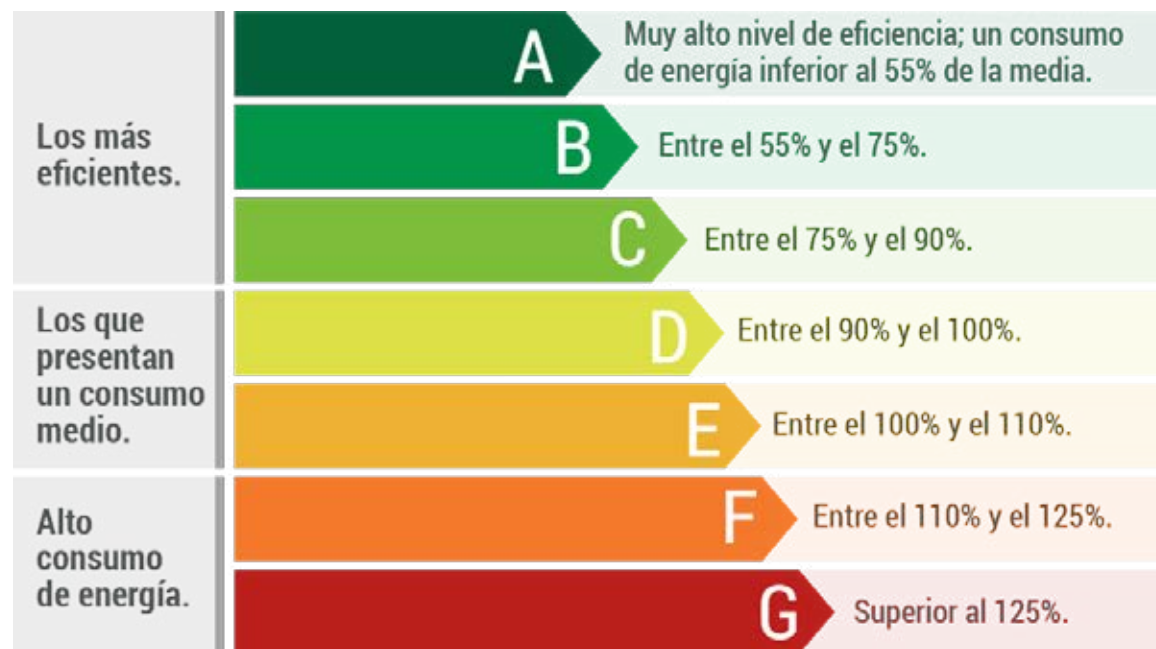


<sup>2</sup>Fuente: <http://ietd.iipnetwork.org/content/motor-systems#technology-resources>

La eficiencia energética de un sistema de aire acondicionado se expresa como la relación entre la potencia de enfriamiento del equipo y la potencia eléctrica que consume, a esta relación se le denomina EER (Energy Efficiency Ratio por sus siglas en inglés) o CoP (Coefficient of Performance) dependiendo de las unidades que se usen para su cálculo. Es decir, un EER con un valor de 1 significa que por cada unidad de energía eléctrica utilizada se produce una unidad de energía térmica, un EER de 5, quiere decir que el equipo produce cinco veces más energía térmica que la electricidad que consume. Es decir en cuanto mayor sea el valor del EER mayor será la eficiencia energética del equipo.

Actualmente está muy extendida la utilización de la etiquetas de eficiencia energética tanto en electrodomésticos como en equipos de aire acondicionado para garantizar que los compradores tomen una decisión informada sobre las eficiencias de los equipos que compran. En la figura 2 se presenta un ejemplo de una etiqueta energética y su interpretación.

**Figura 2.** Etiqueta de eficiencia energética para equipos de consumo final de energía como AA.<sup>3</sup>



Para realizar un proyecto de eficiencia energética en un sistema de aire acondicionado es importante determinar la siguiente información:

Identificar la situación actual de la instalación.	Analizar posibilidades de mejora.	Proponer soluciones de renovación.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de tecnologías existentes.</li> <li>• Eficiencia de los equipos actuales medido como EER o COP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial de ahorro energético.</li> <li>• Potencial de ahorros en mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de equipos actuales.</li> <li>• Renovación de equipos.</li> <li>• Renovación de equipos y automatización.</li> </ul>

<sup>3</sup><http://certificadosenergeticosleon.com/2013/06/12/interpretacion-de-la-letra-en-la-etiqueta-de-eficiencia-energetica/>

#### 4.1. Tecnologías existentes.

Actualmente existen diferentes tecnologías de aire acondicionado, las cuales se seleccionan según su uso y aplicación. A continuación, en la tabla 3, se resumen las características principales de las diferentes tecnologías que se encuentran en el mercado.

**Tabla 3.** Características básicas de los diferentes sistemas de AA.

**Ventana:** usados para aplicaciones limitadas de aire acondicionado, como por ejemplo, acondicionar solo habitaciones o pocos espacios dentro de un inmueble. Son de bajo costo y fácil instalación. Por lo general, son ruidosos y de baja eficiencia. Tienen un EER entre 7,5 y 10.



**Sistemas mini y multi split:** son sistemas individuales con uno o más evaporadores interiores. El término split viene de equipo dividido. Se denomina mini por la capacidad de enfriamiento. Este sistema es muy usado en la actualidad por las facilidades en su instalación así como un bajo costo de instalación. Su EER está entre 10 y 16.



**Unidades paquete:** estos sistemas se usan en áreas donde se tengan espacios grandes tales como almacenes de venta al detal, salones en hoteles, etc. Los sistemas se pueden instalar por medio de ductos o directos al recinto. Las capacidades están en el rango de 3 a 50 TR. El EER puede estar entre 9 y 13.



**Sistemas de agua helada tipo Chiller:** son equipos que enfrían agua en su evaporador, luego esta es enviada por medio de una red de tuberías hacia una serie de manejadoras de aire que inyectan el frío a las áreas que se acondicionan.



De estos tipos de Chiller existen 2 variantes según el tipo de condensador que usen: pueden ser condensados por agua con torre de enfriamiento o pueden ser condensados por aire, siendo más eficientes los primeros con EER entre 12 y 24. Los Chillers enfriados por aire tienen EER entre 10 y 15.



**Sistemas centrales de refrigerante variable (VRF):** estos sistemas controlan el flujo de refrigerante de las condensadoras hacia las evaporadoras con el fin de ajustar la capacidad a la demanda. El objetivo es entregar a cada unidad interior el refrigerante necesario para suplir la demanda de la zona que climatiza. De esta manera, se consigue que el consumo no esté en función del total del sistema, sino que esté en función de la carga que se entrega.



Estos sistemas presentan múltiples aplicaciones, tales como oficinas, hoteles, comercios, residencias, viviendas unifamiliares, bloques de apartamentos, etc., y son muy empleados en reformas de edificios. Son principalmente para aplicaciones comerciales y residenciales. Tienen un EER entre 15 y 24.

En la tabla 4 se presenta un resumen de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de AA.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías de AA.

Tipo de equipo	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
<b>Ventana.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuartos individuales.</li> <li>Recámaras.</li> <li>Usos esporádicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Económicos.</li> <li>No requiere ductos.</li> <li>Acondicionamiento individual.</li> <li>Algunos cuentan con control de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruidosos.</li> <li>Baja eficiencia energética.</li> <li>Altos costos de mantenimiento.</li> </ul>
<b>Mini split.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuartos individuales.</li> <li>Recámaras.</li> <li>Oficinas pequeñas.</li> <li>Usos esporádicos.</li> <li>Salas de reuniones de bajo uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acondicionamiento individual.</li> <li>No requiere ductos.</li> <li>Operación silenciosa.</li> <li>Cuentan con temporizador.</li> <li>Son programables.</li> <li>Amplia gama de modelos.</li> <li>Cuentan con control de temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No son prácticos para grandes instalaciones.</li> <li>Requieren espacio adicional para el condensador.</li> <li>Una mala ubicación del condensador incrementa el consumo de energía.</li> <li>No incluyen un retorno de aire al exterior.</li> <li>No es adecuado para lugares donde se contamine el aire.</li> </ul>
<b>Unidades Paquete.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oficinas.</li> <li>Una vivienda completa.</li> <li>Centros comerciales.</li> <li>Grandes superficies.</li> <li>Edificios pequeños y medianos.</li> <li>Bibliotecas.</li> <li>Escuelas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acondicionamiento para varias áreas.</li> <li>Menor consumo de energía que el equivalente de equipos ventana y mini split.</li> <li>Acondicionamiento a zonas más grandes.</li> <li>Mayor capacidad en un solo equipo.</li> <li>Amplia gama de tamaños.</li> <li>Pueden automatizarse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor costo de compra.</li> <li>Requiere ductos de inyección y retorno.</li> <li>Mayor mantenimiento.</li> <li>Desperdicio de energía en malas instalaciones.</li> <li>Los ductos de inyección deben ir aislados.</li> </ul>
<b>Chiller.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grandes consumidores de AA.</li> <li>Industrias para procesos.</li> <li>Centros comerciales.</li> <li>Edificios medianos y grandes.</li> <li>Hoteles y hospitales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acondicionamiento para varias áreas al mismo tiempo.</li> <li>Menor consumo de energía que el equivalente de equipos individuales.</li> <li>Acondicionamiento a zonas más grandes.</li> <li>Mayor capacidad en un solo equipo.</li> <li>Amplia gama de capacidades.</li> <li>Permite un óptimo control de su operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor costo de compra y de inversión de todo el sistema.</li> <li>Requiere bombas, tuberías, manejadoras de aire, válvulas, sistemas control, ductos de inyección y retorno.</li> <li>Se requiere de especialistas para automatizar su operación.</li> <li>Mayor mantenimiento.</li> <li>Los equipos condensados por aire son menos eficientes.</li> </ul>
<b>VRF.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oficinas.</li> <li>Una vivienda completa.</li> <li>Centros comerciales.</li> <li>Grandes Superficies.</li> <li>Edificios pequeños y medianos.</li> <li>Bibliotecas.</li> <li>Escuelas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máxima zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control.</li> <li>Bajos niveles sonoros.</li> <li>Eficiencia energética y ahorro de energía. Elevados rendimientos.</li> <li>Reducido espacio de instalación de las unidades exteriores.</li> <li>Menores espacios de paso de tuberías.</li> <li>Múltiples tipos de unidades interiores.</li> <li>Versátiles sistemas de control (locales, centrales o en red).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No permiten la opción de free cooling.</li> <li>Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible a fugas.</li> <li>Mayor costo de compra y de inversión en el sistema.</li> <li>Mayor mantenimiento especializado.</li> </ul>



## 5. Descripción del proyecto

Un sistema de aire acondicionado energéticamente eficiente, permite obtener altas prestaciones de calidad y confort reduciendo el consumo de energía y además, reduciendo costos de mantenimiento. Para el desarrollo del proyecto se requiere como mínimo conocer la siguiente información.



La eficiencia energética del sistema actual, se compara con los coeficientes de EER, kW/TR o el COP.



Uso de la instalación (horas de operación diaria) y aprovechamiento del acondicionamiento natural (free cooling).



Mantenimiento (limpieza, cambio de filtros, sustitución de partes).

### 5.1. Línea de base energética e información del nuevo proyecto.

La línea de base energética se determina teniendo en cuenta la capacidad de los aires actuales, la eficiencia y las horas de operación del aire, calculando el consumo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = (\text{Capacidad (TR)}) * \left( \frac{\text{horas operación}}{\text{año}} \right) * \frac{12}{\text{EER} \left( \frac{\text{BTUh}}{\text{W}} \right)}$$

Las condiciones que se deben determinar en los equipos existentes y los equipos nuevos son:

- (i) su capacidad nominal, que se encuentra en la placa de los aires
- (ii) la eficiencia, que se puede encontrar en el manual o ficha técnica.

## 5.2 Potencial de ahorro energético y reducción de emisiones de GEI.

El potencial de ahorro de energía y de reducción de emisiones de GEI se calcula teniendo en cuenta, el consumo de energía actual menos el consumo de energía con los nuevos AA. En general, el potencial de ahorro puede establecerse entre un 20 y 35% del consumo de energía actual, dependiendo de las condiciones de operación y del tipo de sistema que se tenga.

Para la evaluación energética, económica y ambiental de un proyecto de eficiencia energética en Aire Acondicionado, se requiere como mínimo la información que se observa en la tabla 5.

**Tabla 5.** Información mínima requerida para evaluar un proyecto de sustitución de aire acondicionado.

Parámetro	Unidad	Fuente/Formula	Parámetro	Unidad	Fuente / Fórmula
<b>A. Capacidad nominal del sistema actual.</b>	TR	Datos de placa de los equipos.	<b>H. Inversión en el nuevo sistema de aire acondicionado.</b>	USD	Dato de inversión del proyecto.
<b>B. Eficiencia del sistema actual.</b>	EER*	Ficha técnica de los equipos actuales.	<b>I. Precio de la energía eléctrica.</b>	USD/kWh	Factura eléctrica de la instalación.
<b>C. Horas de operación promedio por año.</b>	h/año	Datos de la instalación.	<b>J. Ahorro de energía anual.</b>	kWh/año	D – G.
<b>D. Consumo de energía del sistema actual.</b>	kWh/año	$A*(12/B)*C.$	<b>K. Ahorro económico anual.</b>	USD/año	$J * I.$
<b>E. Capacidad nominal del nuevo sistema.</b>	TR	Ficha técnica de los equipos nuevos.	<b>L. Período de retorno simple.</b>	Años	H/K.
<b>F. Eficiencia del nuevo sistema.</b>	EER*	Ficha técnica de los equipos nuevos.	<b>M. Factor de emisión.</b>	Kg CO <sub>2</sub> /kWh	EIA o IPCC.
<b>G. Consumo de energía del nuevo sistema.</b>	kWh/año	$E*(12/F)*C.$	<b>N. Reducción de emisiones de GEI.</b>	Kg CO <sub>2</sub> /año	$J*M.$

La reducción de emisiones de GEI se calcula teniendo en cuenta al factor de emisión de la energía eléctrica que se consume en el sistema de aire acondicionado. En caso que se use energía de la red eléctrica, el factor de emisión se puede obtener de la base de datos de Agencia Internacional de Energía (<http://www.iea.org/statistics/topics/co2emissions/>).

Si la energía que consume el sistema de aire acondicionado es autogenerada o cogenerada, el factor de emisión deberá calcularse para el caso específico.

\*Los EERs no siempre son reportados en BTU-h/W, por lo que se deben hacer las conversiones respectivas.





## 4. Descripción de la tecnología

La inversión específica en un proyecto de renovación de aire acondicionado depende del tipo de sistema que se quiera instalar, además de los requerimientos y prestaciones del sistema, tales como la capacidad de refrigeración. En la siguiente tabla se muestran los costos de inversión aproximados para diferentes sistemas, cabe resaltar que cada sistema es único y sus ahorros y costos varían. La tabla busca establecer rangos de costos y eficiencia aproximados para ser usados como valores de referencia.

**Tabla 6.** Costos de inversión aproximados en proyectos de AA.<sup>4</sup>

Tipo de sistema de aire acondicionado	Rango de eficiencia (EER)	Rango de capacidad (TR)	Inversión promedio (USD/TR)
Ventana.	7,5 - 10	0,5 - 2	600
Mini split.	10 - 16	0,5 - 4	1.200
Unidades paquete.	9 - 13	3 - 50	1.150
Chiller condensado por agua.	12 - 24	30 - 2.700	1.200
Chiller enfriado por aire.	9 - 13	10 - 550	1.200
Sistemas centrales de refrigerante variable (VRF).	15 - 24	3 - 40	2.500




Es necesario tener en cuenta que en proyectos de actualización de sistemas antiguos, los costos de inversión pueden incrementarse debido a inversiones adicionales en adecuaciones eléctricas, civiles y requerimientos de instalación.

<sup>4</sup>Fuente: *Elaboración propia a partir de los precios promedio del mercado.*

## 7. Análisis de riesgos técnicos, ambientales y sociales

En la siguiente tabla se resumen los potenciales riesgos técnicos, ambientales y sociales de un proyecto de eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y su estrategia de mitigación.

**Tabla 8.** Matriz de riesgos técnicos, financieros, ambientales y sociales.

Riesgo	Tipo	Estrategia de mitigación
 Cobertura de los requerimientos de AA.	Técnico	Realizar los diseños de manera adecuada, teniendo en cuenta las mediciones de carga térmica de la instalación.
 Confiabilidad en la operación de la tecnología de AA.	Técnico	Seleccionar equipos de proveedores reconocidos que cuenten con experiencia en proyectos similares y cuenten con servicio técnico en el país.
 Uso de refrigerantes que agotan la capa de ozono.	Ambiental	Verificar que los equipos no utilizan el gas refrigerante R-22. Asegurarse de que el gas refrigerante tenga un potencial bajo de agotamiento de la capa de ozono. Normalmente estos gases son conocidos como refrigerantes ecológicos. El refrigerante más utilizado en la actualidad es el R410 A.
 Generación de ahorros y factibilidad financiera.	Técnico/ Financiero	Seleccionar la tecnología adecuada para los requerimientos del proceso y analizar con detalle los precios de la energía eléctrica y sus tendencias en el futuro.
 Reducción de emisiones de GEI.	Ambiental	Asegurar se de que el diseño del proyecto permite la máxima eficiencia operativa y logra la mayor reducción del consumo de energía eléctrica. No permitir que los equipos antiguos de baja eficiencia se reubiquen en otros sitios generando reducciones de eficiencia en el proyecto.
 Reciclaje de refrigerantes.	Ambiental	Asegurarse de que los refrigerantes retirados de la instalación antigua sean destruidos en instalaciones especializadas con licencia para su tratamiento.
 Disposición final y eliminación de residuos especiales y refrigerantes.	Ambiental	Entregar los equipos en desuso y los refrigerantes a empresas especializadas en la gestión de residuos y que cuenten con los permisos necesarios para su transporte y destrucción.



## 8. Criterios de elegibilidad

Los proyectos de eficiencia energética en sistemas de AA tienen potenciales de reducción de consumo de energía entre el 20% y el 40% en condiciones normales de operación. Al ser sistemas que reducen el consumo de energía de la red en la mayoría de los casos, los potenciales de reducción de emisiones de GEI son de la misma proporción que los de reducción de consumo.

Como criterio general de elegibilidad ambiental del proyecto, se recomienda que la reducción de emisiones de GEI sea mayor al 20% con respecto a la línea de base establecida.

Para proyectos nuevos, la elegibilidad se puede establecer teniendo en cuenta que si se hace una inversión en un nuevo proyecto con sistemas de AA de alta eficiencia en lugar de tener sistemas de tecnología tradicional, el ahorro de energía comparado con una inversión en sistemas de AA con eficiencias estándar puede ser de más del 15% en condiciones normales de operación.

En la estructuración financiera de estos proyectos se debe considerar la posibilidad de otorgar períodos de gracia en caso de que los equipos sean importados; así mismo, el plazo del crédito debería ser mayor o igual al período de retorno simple de la inversión. Normalmente los proyectos de eficiencia energética en AA tienen tiempos de retorno simple entre 3 y 6 años dependiendo del costo de la energía eléctrica del país donde se ejecute el proyecto.

### Criterios de elegibilidad



Motores Premium (IE3) o Super Premium (IE4) según estándar IE.



Ahorro energético superior a **20%** con respecto a la línea base.



Reducción de emisiones de GEI superior a **20%** con respecto a la línea base



Periodo simple de retorno inferior a **6** años



## 9. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El monitoreo de un proyecto de eficiencia energética en aire acondicionado puede hacerse de varias maneras:

**Monitoreo continuo:** Instalación de medidores de energía en el centro de control del sistema de AA de tal forma que es posible monitorear el consumo y la operación de equipos de gran potencia de

**Monitoreo puntual:** En el caso de AA de baja capacidad, lo que se acostumbra es hacer una medición de voltaje y corriente, en condiciones de operación normales y calcular el consumo de acuerdo con las horas de operación del AA.

Los indicadores de monitoreo y verificación que se pueden utilizar para el reporte son los que se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9.** Indicadores de monitoreo del proyecto.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Consumo de energía	kWh/año		
Reducción de emisiones de GEI	Ton CO <sub>2</sub> /año		

El valor de la reducción de emisiones de GEI se calcula teniendo en cuenta el origen de la energía eléctrica con la que opera el AA. Para sistemas conectados a la red, se usa el factor de emisión del país respectivo y para sistemas que cuentan con autogeneración, se debe usar el factor de emisión de acuerdo a la tecnología de generación que se utilice.

La verificación del proyecto se puede hacer mediante el reporte de emisiones de GEI anuales calculadas como se expone arriba. Si el proyecto de AA tiene una eficiencia suficientemente alta, tendrá una reducción de emisiones superior al 20% con respecto a la situación en la que no se implementa el proyecto.



## 10. Caso de estudio

Un hotel de 350 habitaciones, desea cambiar su sistema de aire acondicionado que tiene más de 20 años de uso. El hotel por medio de una auditoría energética logró identificar que el 45% de su consumo de energía eléctrica se debía a estos aires acondicionados, cuyo sistema actual es un Chiller de tornillo de 400 TR; que para el caso, se propone cambiar por un Chiller centrífugo con tecnología magnética (sus rodamientos son electromagnéticos por los que reduce la fricción en el compresor y por ende el consumo de energía). Este nuevo sistema permitiría disminuir el consumo eléctrico sin disminuir el confort de las habitaciones. Además, el hotel busca reducir el impacto ambiental de sus instalaciones aprovechando la reducción de emisiones de GEI que generaría el proyecto.

Para este proyecto se deben tener en cuenta, tanto la eficiencia del Chiller actual, como de los equipos auxiliares, bombas de condensación, bombas de agua helada y torre de enfriamiento. Por lo general, los equipos auxiliares le quitan un porcentaje de eficiencia del 20% .

- Eficiencia Chiller actual 15 EER.
- Eficiencia Chiller actual más equipos auxiliares 12 EER.
- Eficiencia Chiller magnético 20 EER.
- Eficiencia Chiller magnético más equipos auxiliares 16 EER.

Para este proyecto también se debe tener en cuenta que el Chiller no trabaja al 100% de carga durante todo el año, por lo que se calcula un promedio de horas de uso equivalentes al 100% de carga a partir de mediciones de campo. Para este caso se calculan 7.300 horas equivalentes al 100% de carga.

En la siguiente tabla se resumen los datos tenidos en cuenta para la evaluación del proyecto. El costo de la energía y el factor de emisión dependen del país. Para este caso se toma el factor de emisión de Colombia como ejemplo.

**Tabla 10.** Cálculos del caso de estudio.

Parámetro	Unidad	Fuente/Formula	Valor
<b>A. Capacidad nominal del sistema actual.</b>	TR	Dato de placa del Chiller.	400
<b>B. Eficiencia del sistema.</b>	EER	Dato de placa del Chiller.	12
<b>C. Horas de operación promedio por año.</b>	h/año	Medición en campo.	7.300
<b>D. Consumo de energía del sistema actual.</b>	kWh/año	$A*(12/B)*C$ .	2.920.000
<b>E. Capacidad nominal del nuevo sistema.</b>	TR	Dato de placa del Chiller magnético.	400
<b>F. Eficiencia del nuevo sistema.</b>	EER	Dato de placa del Chiller magnético.	16
<b>G. Consumo de energía del nuevo sistema.</b>	kWh/año	$E*(12/F)*C$	2.190.000
<b>H. Inversión en el nuevo sistema de aire acondicionado.</b>	USD	Dato de inversión.	480.000
<b>I. Precio de la energía eléctrica.</b>	USD/kWh	Dato de la factura de energía.	0,15
<b>J. Ahorro de energía anual.</b>	kWh/año	$D - G$ .	730.000
<b>K. Ahorro económico anual.</b>	USD/año	$J * I$ .	109.500
<b>L. Período de retorno simple.</b>	Años	$H/K$ .	4,38
<b>M. Factor de emisiones (Colombia 2014).</b>	Kg CO <sub>2</sub> /kWh	Dato IEA o Red Nacional de Energía	0,37
<b>N. Reducción de emisiones de GEI anual.</b>	Ton CO <sub>2</sub> /año	$M * J$ .	270,1

**Aplicación de criterios de elegibilidad:** Para este proyecto se puede observar que se alcanzan ahorros anuales de 109.500 USD por el reemplazo del Chiller actual. El retorno simple de la inversión es de 4,38 años y se pueden reducir las emisiones de GEI del hotel en 270,1 Ton CO<sub>2</sub>/año; lo cual hace al proyecto viable desde el punto de vista financiero y ambiental.

### Beneficios del proyecto y elegibilidad para ser financiado por líneas verdes.



El proyecto genera ingresos de 2,28 USD por cada dólar invertido en un período de 10 años.



Ahorros energéticos del 25% con respecto al consumo de línea base.



Reducción de emisiones de GEI del 25% con respecto al sistema de aire acondicionado de baja eficiencia.



Tiempo de retorno inferior a 6 años.



## 11. Referencias

- > CNEE, ahorro de energía eléctrica en sistemas de aire acondicionado.
- > Future air conditioning energy consumption in developing countries and what can be done about it: the potential of efficiency in the residential sector. [http://www.eceee.org/library/conference\\_proceedings/eceee\\_Summer\\_Studies/2007/Panel\\_6/6.306/paper](http://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2007/Panel_6/6.306/paper)
- > Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.
- > UCATEE, Manual Eficiencia Energética para Pymes.
- > Universidad Tecnológica de Pereira, Ahorro de Energía y Eficiencia Energética en sistemas de Aire Acondicionado y Refrigeración.

## Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

---

**Editor:** CAF

**Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)**

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

**Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)**

Mauricio Salazar, director

---

**Autor:**

MGM International

---

**Coordinación y edición general**

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

---

**Diseño Gráfico y Diagramación:**

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

---

**Fotos:**

Pixabay.com

Shutterstock

---