

BUENAS PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA Aire Acondicionado Industrial

Introducción

El acondicionamiento de aire es el proceso que se considera más completo en el tratamiento del aire ambiente de los locales habitados. Consiste en regular las condiciones en cuanto a temperatura, humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de las áreas acondicionadas.

El aire acondicionado en nuestro país es utilizado principalmente en:

- Acondicionamiento de recintos para confort humano en edificaciones administrativas o comerciales.
- Confort a los clientes hoteleros de las zonas costeras o bien residencias.
- Acondicionamiento en el procesamiento de productos médicos o alimentarios.



Fundamentos Teóricos

El acondicionamiento de aire es el proceso mediante el cual el aire ambiente interior de un recinto es tratado con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento.

El proceso trabaja bajo el mismo principio que los sistemas de refrigeración, y se diferencia en la temperatura, ya que los sistemas de acondicionamiento de aire trabajan comúnmente por arriba de los 16 °C. La principal función del aire acondicionado es el control de:

- 1. Temperatura:** La temperatura del aire se controla calentándolo o enfriándolo.
- 2. Humedad:** La humedad, es el contenido de vapor de agua en el aire, se controla agregando o eliminando vapor en el aire (humidificación o deshumidificación).
- 3. Limpieza:** La limpieza del aire se controla mediante la filtración que es la eliminación de contaminantes indeseables o mediante la ventilación, que es la introducción de aire exterior al espacio interior, con el cual se diluye la concentración de contaminantes.
- 4. Movimiento:** Se refiere a la velocidad del aire y a los lugares hacia donde se distribuye. Se controla mediante el equipo adecuado para distribución de aire.

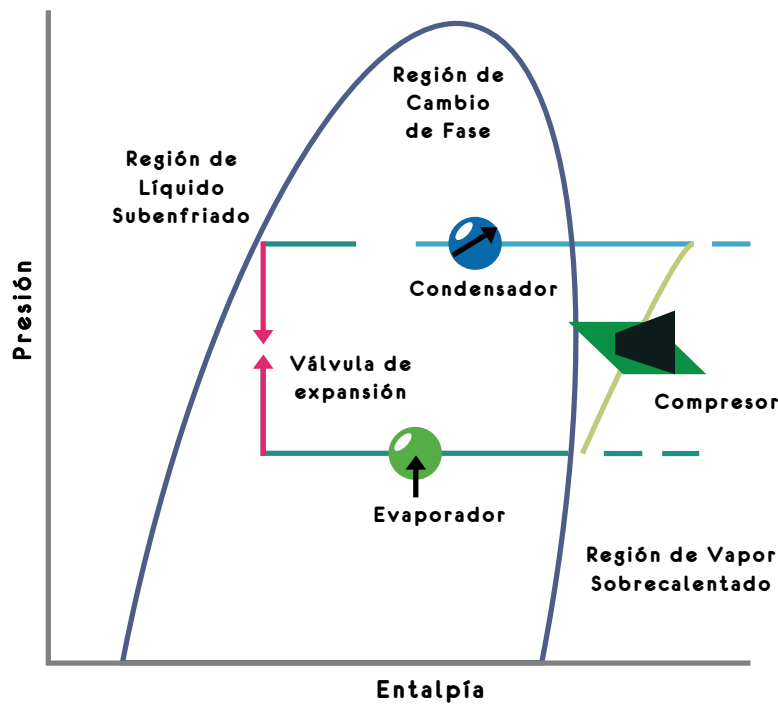
El acondicionamiento de aire se logra aprovechando del calor de cambio de fase (calor latente) de un fluido, mediante la evaporación de un fluido refrigerante en un circuito cerrado y posterior condensación, por medio de una energía externa, para repetir el ciclo.

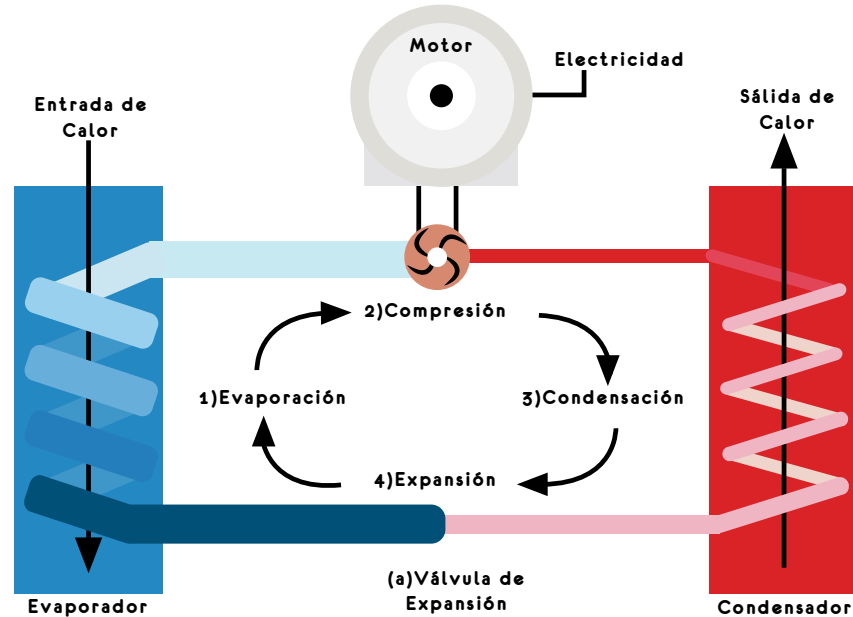
Para saber con claridad el estado de confort a alcanzar, es importante hacer el análisis de los gráficos psicrométricos. En el caso de este documento únicamente nos enfocaremos al acondicionamiento de aire por medio de circuito cerrado. Dicho proceso se basa en el ciclo saturado simple cuyo análisis se logra mediante el cálculo de sus variables en las cuatro etapas termodinámicas al que está expuesto el refrigerante en el diagrama de presión -entalpía, este sistema consta básicamente de cuatro equipos primordiales que son: el evaporador, el compresor, el condensador y la válvula de expansión.

Ciclo ideal de refrigeración por compresión

En este ciclo, el refrigerante se evapora y se condensa, comprimiéndolo, alternativamente para luego volver a la fase de vapor. Está compuesto por cuatro procesos:

- Compresión isentrópica en un compresor, donde se lleva a cabo la compresión del gas refrigerante.
- Disipación de calor a presión constante en un condensador. Las tecnologías del condensador abarcan el de aire forzado, transferencia por agua o evaporativo.
- Estrangulamiento en un dispositivo de expansión y consiguiente evaporación.
- Absorción de calor a presión constante en un evaporador.





Tal como se mencionó con anterioridad, el refrigerante recorre el circuito cerrado y es obligado a pasar por los estados de la materia líquido–gaseoso, gaseoso–líquido. Cada refrigerante tiene propiedades termodinámicas diferentes.

A nivel industrial esto se logra mediante la máquina llamada “Chiller”, la cual es un tipo de máquina térmica generadora que transforma algún tipo de energía, habitualmente mecánica, en energía térmica para obtener y mantener en un recinto una temperatura menor que la temperatura exterior. La energía mecánica necesaria puede ser obtenida previamente a partir de otro tipo de energía, como la energía eléctrica mediante un motor eléctrico, otros tipos de tecnologías utilizados son los conocidos aires acondicionados tipo Split, multisplit, VRV,¹ Cassette, ventana, entre otros.

En resumen, el evaporador absorbe el calor del recinto que queremos enfriar, el compresor aumenta la presión del refrigerante para facilitar la condensación y posibilitar la circulación del fluido. La válvula de expansión reduce la presión provocando el enfriamiento del refrigerante.

La eficiencia del sistema de aire acondicionado se logra mediante el cálculo del COP (Coeficiente de rendimiento)

$$\text{COP} = \text{Calor Extraído} / \text{Trabajo realizado por el motor}$$

En cuanto a sistemas split o multiSplit, VRV o tipo cassette, la eficiencia energética también se logra calcular mediante la fórmula:

Razón Eficiencia Energética (REE) = Capacidad de enfriamiento del equipo / Potencia promedio de entrada

$$\text{REE} = (\text{BTU/h}) / \text{W}$$

$$\text{REE} = 3,413 \times \text{COP}$$

$$\text{REE} \approx 0,875 \times \text{SEER}^2$$

¹ Sistema de Volumen de Refrigerante Variable.

² Razón de eficiencia Energética Estacional por sus siglas en inglés.

Buenas Prácticas

Las oportunidades de ahorro energético deben estar orientadas directamente a solucionar las causas que provocan un alto consumo, producto de la pérdida de eficiencia del equipo por obsolescencia tecnológica o los malos hábitos en el uso de los equipos, dichas causas pueden ser de diseño e instalación de los equipos o bien en la operación del mismo.

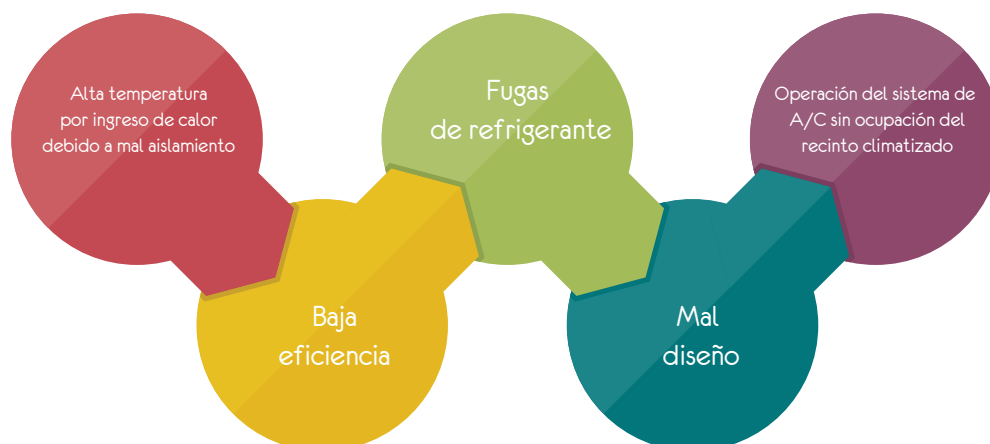
Diseño e Instalación

- Realizar el diseño de cargas térmicas para asegurar la correcta capacidad a instalarse.
- Valorar la instalación de unidades de alto COP (> 4) o bien REE (> 14).
- Polarizar vidrios con láminas que permitan el paso de luz visible, pero no radiación infrarroja o bien instalar persianas o algún obstructor de radiación directa.
- Los equipos Multi Split o VRV son los más eficientes del mercado.
- Utilizar pintura de techo blanco en los recintos acondicionados.
- Instalación del condensador sin obstrucciones en la salida de aire como una pared u otro condensador.
- Ubicar el condensador en un lugar donde la mayor cantidad de horas al día no reciba radiación solar directa pero si agua de lluvia.
- Si el condensador se instala en el techo, éste deberá estar al menos a 25 cm o más de distancia del mismo.

Operación

- Control adecuado de temperatura, la temperatura se establece en el estándar 55 “Condiciones ambientales térmicas para las personas” de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), dicho estándar estudia las diferentes condiciones en las que está expuesta la persona en un ambiente laboral y establece el ámbito como temperatura de confort entre 22°C y 25°C con una humedad relativa del 60%. Desde el punto de vista práctico y teórico se calcula un 4% de reducción de energía por cada grado centígrado de aumento de temperatura.
- Mantenimiento y limpieza regulares

Causas de pérdida de Eficiencia Energética



Caso Práctico

Sistema de refrigeración operando ineficientemente

Un hotel costero requiere de la adquisición de equipos de aire acondicionado para mejorar el confort de los huéspedes, de acuerdo con el análisis del diseño del sistema requerido, se establece que se requiere un sistema con una capacidad de 18.000 BTU/h (4.535 kcal/h), se estima que el equipo va a funcionar 10 horas al día, 3 días a la semana.

Determine:

a) Se tienen 2 opciones:

a. Sistema Split 18.000 BTU/h con un SEER de 13

b. Sistema Split 18.000 BTU/h con un SEER de 18

¿Cuál es la mejor opción para el empresario?

b) ¿Cuánto ahorro representa el preestablecer una temperatura de 23°C en lugar de 20°C en las habitaciones?

c) ¿Cuánto se ahorra si se instala un polarizado en las ventanas que dan directamente a la radiación solar con un coeficiente de sombreado de 60%, son 2 ventanas y juntas miden 2 m² de área, en los 8° latitud SE en el mes más caluroso, abril.

Solución:

a) Según la fórmula $REE \approx 0,875 SEER$, se tiene:

Opción a: Para un SEER de 13 se tiene entonces un $REE = 0,875 \times 13$, lo que nos da un REE de 11,38. Si la capacidad de enfriamiento es de 18.000 BTU/h, entonces la potencia eléctrica ($P = (BTU/h) / REE$) de esta opción es de 1.582 Watts.

Se supone que el A/C actual en operación es del tipo "a" cuyo consumo de energía anual con un SEER es de 13

$$= 1.585 \text{ Watts} \times 10 \text{ horas/día} \times 3 \text{ días/semana} \times 52 \text{ semanas/año}$$

$$= 2.473 \text{ kWh/año}$$

Opción b : Para un SEER de 18 se tiene entonces un REE = $0,875 \times 18$, lo que nos da un REE de 15,75. Si la capacidad de enfriamiento es de 18.000 BTU/h, entonces la potencia eléctrica ($P = (\text{BTU/h}) / \text{REE}$) de esta opción es de 1.143 Watts.

Por lo tanto, energéticamente se obtiene un ahorro de 439 Watts por cada unidad tipo “b” que se elija.

Anualmente el ahorro de electricidad representa lo siguiente para un factor de uso igual a 1:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro anual} &= 439 \text{ Watts} \times 10 \text{ horas/día} \times 3 \text{ días/ semana} \times 52 \text{ semanas/año} \\ &= 685 \text{ kWh al año/ unidad} \end{aligned}$$

Un 28% de ahorro respecto al uso del A/C con un SEER de 13

El empresario debe elegir el A/C con un SEER de 18

b) Suponiendo que el A/C en operación es del tipo “a” se tiene un consumo energético anual 2.473 kWh/año. Según el ejemplo anterior, estimamos que se encuentra trabajando a 20 °C y lo queremos subir a la temperatura de 23°C. Debemos saber que la reducción del consumo energético es de cerca de un 4% por cada grado centígrado de aumento en la temperatura al alcanzar más pronto el nivel de modulación, por lo tanto, con el aumento de 3 °C se reduce un 12 % el consumo de electricidad.

$$\text{kWh Ahorrados} = 297 \text{ kWh / año / unidad}$$

Un 12% de ahorro respecto al uso del A/C con un SEER de 13



c) Al tener 2 ventanas de 1 m², se tiene un área total de 2 m² (21.52 ft²), por lo tanto, por medio de la siguiente expresión calculamos:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE^3$$

Donde:

Q= Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio.

FGCS = Factor de ganancia máxima de calor solar⁴, y es medido en BTU/h-ft²

A= Área del vidrio, ft²

CS= Coeficiente de sombreado

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

Es el caso de Costa Rica se localiza en la latitud 10° N, y se calcula para el 21 de abril una radiación de los vidrios proveniente del SE, que para este caso FGCS⁵ es 184 BTU/h-ft² el área es 21.52 ft², el CS es 0.83 al no tener polarizado, y finalmente el FCE es 0.57

Entonces;

$$Q = 184 \times 21,52 \times 0,83 \times 0,57$$

$$Q = 1.873 \text{ BTU/h}$$

Si le ponemos un cobertor polarizado con un CS = 0.60

Entonces;

$$Q = 184 \times 21,52 \times 0,60 \times 0,57$$

$$Q = 1.354 \text{ BTU/h}$$

De esta forma, el ahorro energético que se obtiene por la reducción de carga térmica irradiada hacia el recinto acondicionado, es de:

$$\Delta Q = 1.873 - 1.354$$

$$= 519 \text{ BTU/h reducidos.}$$

3. Datos tomados del libro "Aire acondicionado, principios y sistemas" de Edward G. Pita.

4. Es la ganancia máxima de calor solar a través del vidrio de 1/8 de pulgada en un mes, orientación y latitud dados.

5. Para visualización de datos, consultar ASHRAE Handbook.

Continuando con el ejercicio, el A/C de referencia es el tipo "a" con un SEER de 13 (REE = 11,38), por lo tanto la potencia ahorrada por el polarizado es de:

$$P = (519\text{BTU/h})/11,38 = 46 \text{ W}$$

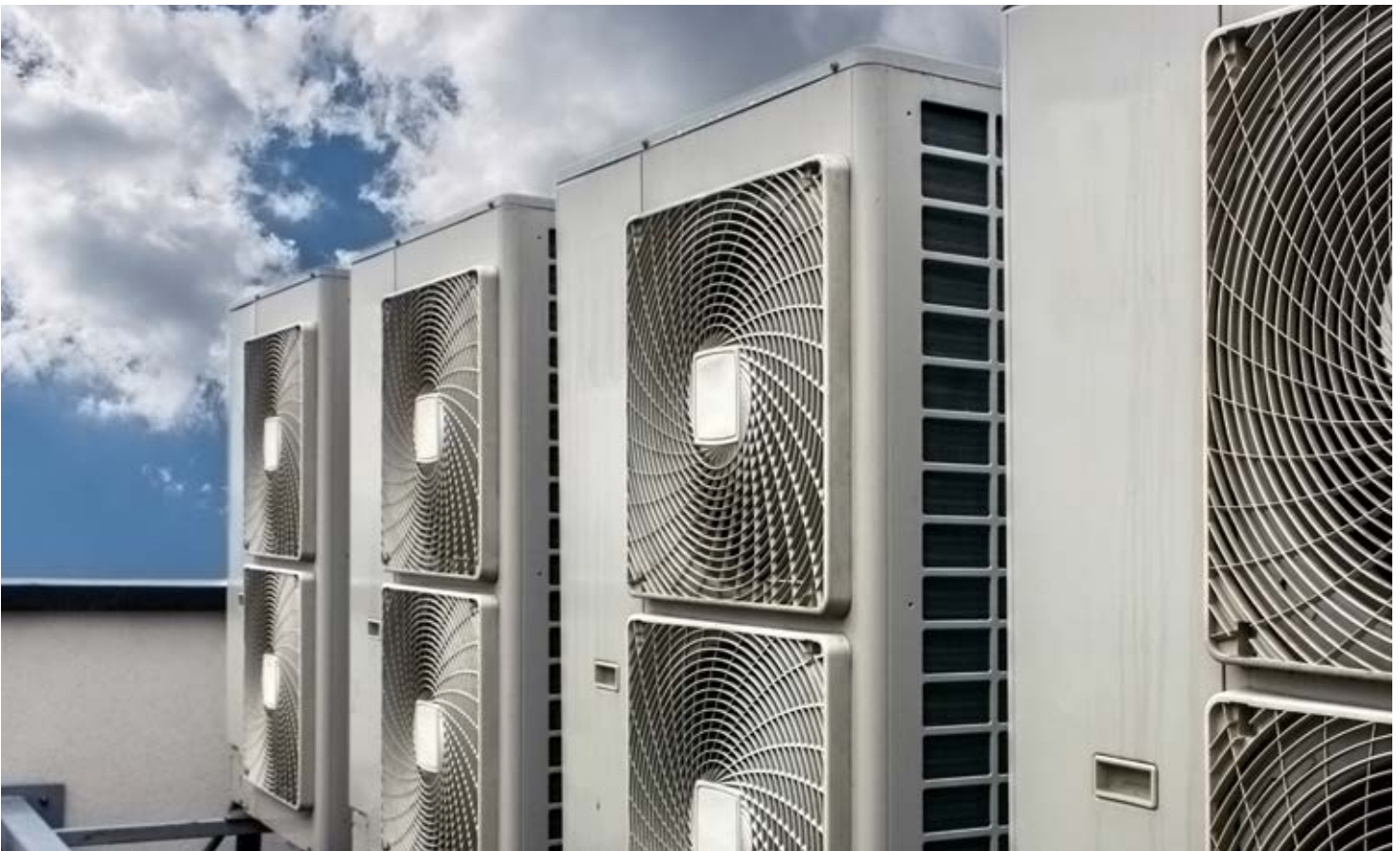
La energía eléctrica anual ahorrada es de:

$$E = 46 \text{ W} \times 10 \text{ horas/día} \times 3 \text{ días/semana} \times 52 \text{ semanas/año}$$

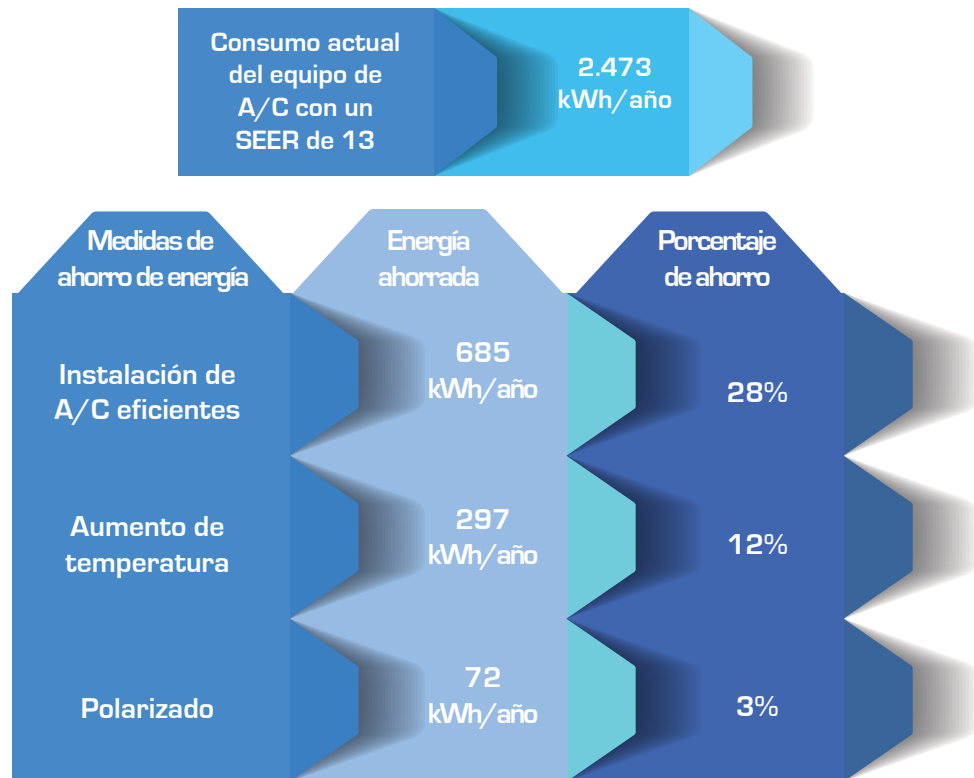
$$E = 72 \text{ kWh/año}$$

Por lo tanto, representa una disminución en el consumo de energía de un 3,0%; es decir, 72 kWh/año.

Un 3.0% de ahorro de energía con la instalación de reflectores de calor, con un coeficiente de sombreado de un 60% al estar operando un A/C con un SEER de 13.



Resumen de ahorros de energía:



El gobierno alemán, por medio de la cooperación alemana Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), apoya la región centroamericana a través de su Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética (4E) en mejorar las condiciones marco, así como las capacidades tanto institucionales como personales, para el fomento de las energías renovables, la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático. Es en el marco de este proyecto que la GIZ apoya al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en la elaboración del presente producto informativo, con el fin de promover el uso racional y eficiente de la energía, así como un aprovechamiento estratégico y sostenible de las fuentes renovables de energía disponibles en Costa Rica.

BUENAS PRÁCTICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA Aire Acondicionado Industrial



Contenido elaborado por:
Gerencia Electricidad
UEN Servicio al Cliente
Área Conservación de Energía

Teléfonos
(506) 2000-7460
(506) 2000-5673
(506) 2000-8041

eficienciaenergetica@ice.go.cr

www.grupoice.com