

# Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

## **Sustitución de Tecnología de Climatización en Empresa Componentes Electrónicos Pinar del Río**

*Substitution of air-conditioning system in the Electronic Components Company of Pinar del Río*

**Sergio Jesús Rojas Hernández<sup>1</sup>, Leonardo Aguiar Trujillo<sup>2</sup>,  
Gabriel Montesino Urguillo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico, Especialista de la Empresa Componentes Electrónicos.

Avenida Borregos, Reparto Álvaro Barba, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: 48- 762746,  
[sergioj82@nauta.cu](mailto:sergioj82@nauta.cu) ; ID: <https://orcid.org/0000-0001-9913-3193> ;

<https://orcid.org/0000-0003-2590-1721>

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Técnicas, profesor Titular Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz

Montes de Oca. Centro de Estudio de Energía y Tecnologías Sostenibles. Pinar del Río,  
Cuba. Teléfono: 48 755453, [leonardo@upr.edu.cu](mailto:leonardo@upr.edu.cu); ID: [https://](https://orcid.org/0000-0001-8499-1726)

[orcid.org/0000-0001-8499-1726](https://orcid.org/0000-0001-8499-1726)

### **Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo**

Rojas, S.J., Aguiar, L. & Montesino, G. (2018). Sustitución de Tecnología de Climatización en Empresa Componentes Electrónicos Pinar del Río. *Avances*, 20(4), 471-484. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/398/1381>

### **RESUMEN**

Tras la aplicación de una tecnología de gestión total de la eficiencia

energética en la Empresa Componentes Electrónicos de Pinar del Río se detectó como un alto consumidor los sistemas de climatización empleados en los locales tecnológicos de la línea de producción de módulos fotovoltaicos; como consecuencia de esto, se adoptaron un grupo de decisiones; proponiéndose la sustitución general del sistema. Para valorar la efectividad de la sustitución, en este trabajo se aplicó la metodología Carrier, donde se realizó el cálculo de la carga térmica. Este indicador asegura la decisión de disipar todo el calor del sistema, y alcanzar el resultado deseado de mantener las temperaturas adecuadas para el uso del *etilen vinil acetato* como material de encapsulado de los módulos fotovoltaicos sin que ocurran pérdidas de sus aditivos por concepto de evaporación. Los resultados obtenidos con la metodología aplicada, determinó un valor total de la carga térmica de 33.83kW, el cual conllevó a la selección de la tecnología, destinada a enfrentar dicha carga térmica. Se presentó la propuesta del sistema de climatización marca Haier, resultando esta tecnología de climatización más eficiente energéticamente con respecto a la anterior instalada; con un índice de consumo de 0.54 kW/U por unidad de producción, acercándose más a los

parámetros establecidos de índice de consumo para este tipo de empresas.

**Palabras clave:** eficiencia energética, sistema de climatización, método Carrier, índice de consumo.

---

## **ABSTRACT**

After the implementation of a Total Energy Efficiency Management Technology in the Electronic Components Company of Pinar del Rio, a high consumer was detected, the air conditioning systems used in the technological premises of the line production of photovoltaic modules, as a consequence of this a group of decisions were adopted; proposing the general replacement of the system. To evaluate the effectiveness of the substitution, in this work the Carrier methodology was applied, where a calculation of the thermal load was performed. This indicator assures us the decision to dissipate all the heat of the system and achieve the desired result of maintaining the appropriate temperatures for the use of ethylene vinyl acetate as encapsulation material of the photovoltaic modules without loss of their additives due to evaporation. The results obtained with the applied methodology, determined a total value of the thermal load of 33.83kW, which entailed the selection of the

technology, destined to face said thermal load. The proposal of the Haier air conditioning system, resulting in a more energy-efficient air conditioning technology compared to the previous ones installed; with a consumption index of 0.54 kW per unit of production, adjusting more to

the established parameters of consumption index for this type of companies.

**Keywords:** energy efficiency, air-conditioning system, Carrier method, consumption index.

---

## INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética según Poveda (2007) es una práctica que se ha implementado a instancias del consumo de energía y que tiene por misión la reducción del consumo de la misma, ya sea en empresas como en otros sectores.

En tanto, el índice de eficiencia energética de un equipo se consigue dividiendo la capacidad en términos de watts que dispone un aparato con la cantidad de watts que en una hora consume el mismo (Nordelo, 2006).

Es de gran importancia tanto en empresas como en los hogares, poder reducir el consumo de energía no solamente para bajar los costos que resultan del consumo sino también para promover la sustentabilidad de su entorno, porque si se logra ganar en materia de eficacia de consumo de energía será plausible aumentar el crédito económico de una empresa, o

en su defecto bajar el costo del consumo en una casa particular (Schneider, 2010).

Una de las problemáticas del mundo moderno es sin lugar a dudas, la energía, de ella dependen el funcionamiento de las fábricas, la obtención de alimentos y su preparación, la iluminación, climatización de los hogares, el transporte de personas y mercancías, etc.

Desde finales del siglo XX, el mundo empezó a ser consciente de la vulnerabilidad de los recursos energéticos, a raíz de la disminución de las reservas y la abrupta elevación de los precios del petróleo. En estas condiciones, la energía barata y las tecnologías asociadas a ellas comenzaron a dar señales de agotamiento (Poveda, 2007).

En Cuba se vienen aplicando diferentes programas de ahorro

energético con el objetivo de mejorar la eficiencia energética en varios sectores de la sociedad. La provincia de Pinar del Río se ha unido también a estos programas de ahorro energético.

A final del año 2016 se aplicó una Tecnología de Gestión Total de la Eficiencia Energética (TGTEE) en la Empresa de Componentes Electrónicos (CCE) de Pinar del Río donde se realizó un monitoreo y control energético efectivo en la entidad en general, donde se utilizó de un conjunto de indicadores, índice de consumo, índices de Eficiencia e Índices Económico-Energéticos. Esta tecnología se estratificó hasta el nivel de las áreas y equipos mayores consumidores («Puestos Claves») de la entidad. Uno de los problemas fundamentales detectado en el sistema de climatización del taller de montaje paneles fotovoltaicos del centro fue el deterioro del sistema de climatización generando sobre consumo de la energía eléctrica en los locales de la línea de producción de Módulos Fotovoltaicos, manifestándose principalmente el deterioro de los índices de consumo o consumo específico de energía mediante el aumento de la cantidad de energía (electricidad, kWh) por unidad de producción (producción de módulos fotovoltaicos) *energía consumida / producción realizada*. Por

lo que como objetivo principal se determinó implementar un sistema de climatización más eficiente energéticamente y con las condiciones propias de los locales tecnológicos de la línea de producción de la UEB Energía Fotovoltaica con el fin de mejorar la eficiencia de los locales tecnológicos de la línea de producción de módulos fotovoltaicos de la Empresa CCE.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Caracterización General de la UEB Energía Fotovoltaica y sus locales tecnológicos de la línea de producción.**

La UEB de Energía Fotovoltaica es la principal unidad productora de la Empresa de Componentes Electrónicos; donde la producción de paneles fotovoltaicos es su renglón principal de la unidad de base. La misma produce mensualmente alrededor de los 5000 paneles; para el cumplimiento del plan anual de 15 MW que equivalen a 60000 paneles.

### **Metodología empleada para el cálculo de la carga térmica en locales.**

Para instalar el sistema de climatización se realizó un dimensionado general de la instalación y se calculó la carga

térmica en su total y con ella se seleccionó el equipamiento ideal para satisfacer las exigencias del confort en los locales a climatizar.

La metodología que se empleó para el cálculo de la carga térmica de los locales de la línea de producción de módulos fotovoltaicos de la Empresa de Componentes Electrónicos fue el método de Carrier. Este método tiene en cuenta la ganancia de calor sensible o latente de varios elementos ya sea del local o de ventilación, resultando un valor más real de la carga térmica total y su equivalencia en toneladas de refrigeración (TR) (Carrier, 2008).

#### **Método Carrier para determinar la carga térmica en locales.**

Previamente se necesitó conocer los siguientes elementos:

- 1) Planos de los pisos, plantas, secciones y fachadas.
- 2) Situación, latitud, altura y tipo de atmósfera: área del local 1980 m<sup>2</sup>; altura hasta el falso techo 2.7 m.
- 3) Instalaciones deseadas.
- 4) Modelos de construcción, sección de paredes, suelos y techos: paredes interiores y exteriores de bloque de 20 cm de espesor y revestimiento de 15 cm por ambas caras. Techo de hormigón de 30 cm de espesor.
- 5) Tipos y características de los cerramientos: ventanas, puerta, etc.: 21 ventanas, no reciben radiación solar directa (3.0 m x 2.0 m). (Cristal, marco metálico); 3 puertas abiertas intermitente: puerta 1 (2.0 m x 2.0m). Puertas 2 y 3 (2.0 m x 2.5m).Área total: 14 m<sup>2</sup>.
- 6) Uso del local. Condiciones interiores: temperatura y humedad.
- 7) Condiciones interiores de los locales contiguos.
- 8) Densidad de personas por metros cuadrados o cantidad exacta de personas. Número y tipos de ocupantes (niños, mujeres, hombres, ancianos), tiempo de permanencia, actividad que realizan: 42 personas en 2 turnos, (21 personas de 7am a 3 pm y 21 personas de 3 pm a 11 pm).
- 9) Equipos eléctricos instalados y horarios de funcionamiento.
- 10) Iluminación instalada y horario de funcionamiento.
- 11) Otros aparatos que aporten calor y sus características.
- 12) Fuentes de cargas latentes como depósitos y su temperatura.
- 13) Horario de funcionamiento del local.

14) Condiciones exteriores: temperatura y humedad.

**Las cargas térmicas totales que deben vencer son:**

15) Grado de tolerancia para la temperatura y humedad interiores.

- **Cálculo de la carga térmica total.**

16) Medio disponible para la refrigeración del condensador: agua o aire.

Se determina por la ecuación siguiente:

$$Q_T = Q_{SV} + Q_{LV} + Q_{LL} + Q_{SL} \text{ [kW]} \text{ (1)}$$

17) Características de la energía eléctrica, tensión.

Dónde:

18) Otras observaciones: sombras de otros edificios, uso de persianas o parasoles, color de las cortinas, velocidad del aire en la localidad y dirección más frecuente, etc.

$Q_T$  ® Carga térmica total [kW].

$Q_{SV}$  ® Calor sensible de ventilación [kW].

$Q_{LV}$ ® Calor latente de ventilación [kW].

$Q_{LL}$ ® Calor latente del local [kW].

$Q_{SL}$ ® Calor sensible del local [kW].

## 2.2 Carga Térmica en locales.

Para los cálculos se tomaron:

- Las condiciones exteriores como:  $t_{ext.} = 32.5 \text{ }^\circ\text{C}$  y la humedad relativa con un valor del 79 %, teniendo en cuenta datos publicados por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) en el año 2015.
- Las condiciones interiores como:  $t_{int} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  y la humedad relativa con un valor del 75 %, según estudios anteriores.
- Variación de Humedad absoluta,  $\Delta w = 0,0083 \text{ kgagua/Kgas.}$

## Ganancias de calor por ventilación.

( $Q_{SV}$ ) Se evalúan mediante las siguientes expresiones:

$$Q_{SV} = 1212 \cdot V_V \cdot (t_{ext} - t_{int}) \text{ (2)}$$

**Dónde:**

$Q_{SV}$ ® Ganancia de calor sensible debido a la ventilación. [W]

$V_V$ ® Caudal de ventilación ®0.0036 m<sup>3</sup>/seg

$t_{ext}$ ® Temperatura de entrada del flujo de ventilación. [°C]

$t_{int}$ ® Temperatura del local. [°C]

$$Q_{LV} = 2970 \cdot V_V \cdot (w_{ext} - w_{int}) \quad (3)$$

**Dónde:**

$Q_{LV}$ ® Ganancia de calor latente debido a la ventilación. [W]

$w_{ext}$ ® Humedad absoluta del flujo de ventilación. [kgv/kgas]

$w_{int}$ ® Humedad absoluta del local. [Kgv/kgas]

**Cálculos para determinar las ganancias de calor sensibles de un local.**

$$Q_{SL} = Q_V + Q_{tab} + Q_c + Q_{infs} + Q_{SO} + Q_{silum} + Q_{SM} \quad (4)$$

$Q_V$ ® Ganancias de calor por carga variable. [kW]

$Q_{tab}$ ® Ganancias de calor a través de tabiques. [kW]

$Q_c$ ® Ganancias de calor por cristales. [kW]

$Q_{infs}$ ® Ganancias de calor por infiltraciones. [kW]

$Q_{SO}$ ® Ganancias de calor por ocupantes. [kW]

$Q_{silum}$ ® Ganancias de calor por iluminación. [kW]

$Q_{sm}$ ® Ganancias de calor aportado por los motores. [kW]

**Ganancias de calor por concepto de cargas variables.**

Las cargas variables se calcularán utilizando la expresión:

$$Q_V = Q_{rc} + Q_{pt} \quad [kW]$$

**(5)**

**Ganancia de calor a través de las paredes y techo.**

El calor transferido desde el exterior al interior del local de la disciplina será calculado utilizando la expresión:

$$Q_{pt} = K \cdot A \cdot \Delta t \quad [kW] \quad (6)$$

**Dónde:**

$K$ ® Es el coeficiente global de transferencia de calor [W/m<sup>2</sup>·°C]

$A$ ® Área de transferencia de calor de la pared. [m<sup>2</sup>]

$\Delta t_e$ ® Diferencia equivalente corregida [°C]. Se determina por:

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \cdot RS/RM + (\Delta t_{em} - \Delta t_{es}) \quad [°C] \quad (7)$$

Coeficiente que tiene en cuenta la diferencia de temperatura entre el

exterior y el interior y la variación de la temperatura de bulbo seco diaria, para Cuba generalmente se toman los valores siguientes:

$a = 1,2$  ® Coeficiente de Corrección.

$\Delta t_{es} = 24$  °C® Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la estructura en la sombra.

$\Delta t_{em} = 32,2$  °C® Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la estructura soleada.

$b$  ® Coeficiente que toma en cuenta el color de la cara exterior de la pared para:

- color oscuro se toma 1
- color medio se toma 0,78
- color claro se toma 0,55

$RS$  ® Máxima radiación solar según la orientación y mes considerado, así como a la latitud a la cual se encuentra el local.

$RM$  ® Máxima radiación solar según la orientación de la pared, para el mes de julio y 40° de latitud norte.

Relación  $(RS/RM) = 1,0$  para pared este;  $(RS/RM) = 0,2$  pared sur y  $(RS/RM) = 1,08$  para el techo.

### **Ganancia de calor a través de Tabiques.**

El local de la disciplina no está expuesto a cargas térmicas que llegan por tabiques (paredes interiores) por lo que:

$$Q_{tab} = K \cdot A \cdot \Delta t \text{ [kW]} \quad (8)$$

$$Q_{tab} = 0$$

$K$ ® Coeficiente global de transmisión de calor del tabique.  $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$

$A$  ® Área de transferencia de calor del tabique.

$\Delta t$ ® Variación de temperatura.  $[^\circ C]$ . Se puede encontrar en dos casos:

$\Delta t = t_{ext} - t_{int}$ ® Se aplica para locales no climatizado.

$$\Delta t = 32,5 - 25 = 7,5 \text{ } ^\circ C$$

$t_{ext}$ ® Temperatura del bulbo seco exterior.  $[^\circ C]$

$t_{int}$ ® Temperatura del bulbo seco interior.  $[^\circ C]$

### **Ganancias de calor por cristales.**

Los cristales en las ventanas del local no están expuestos directamente a la radiación solar.

Las ganancias de calor por cristales se determinan por la siguiente expresión:

$$Q_c = K \cdot A \cdot \Delta t \text{ [kW]}$$



**Dónde:**

$Q_c$  Ganancias de calor por cristales. [kW]

$K$  Coeficiente de transmisión global de calor:  $6,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$A$  Área de la superficie acristalada:  
 $A = 126 \text{ m}^2$ .

$\Delta t$  Diferencia térmica de temperatura en los cristales:  $(29^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_c = SQ_c = 4,032 \text{ kW}$$

**Ganancias de calor por Infiltraciones.**

Las infiltraciones de aire exterior en los ambientes acondicionados originan en verano un aumento de las cargas latentes y sensibles de los mismos y que deben, en consecuencia, ser consideradas.

Para calcular la infiltración del aire por ventanas: Se obtiene un estimado del caudal del aire por m lineal de rendija. En este caso se calculó toda la longitud de posible rendija y así se obtuvo el flujo multiplicado.

**Ganancias de calor por infiltraciones sensible**

$$Q_{infs} = 1212 \pm V_{inf} \pm \Delta t \text{ [kW]} \text{ (9)}$$

**Ganancias de calor por infiltraciones latente**

$$Q_{infi} = 2970 \pm V_{inf} \pm \Delta t \text{ [kW]} \text{ (10)}$$

**Ganancias de calor por Ocupantes.**

El calor desprendido por ambos mecanismos se calculará como:

**Calor sensible por Ocupantes**

$$Q_{SO} = I_{SO} \pm N_o \text{ [kW]} \text{ (11)}$$

**Dónde:**

$I_{SO}$  Índices de carga térmica sensible por persona, según el tipo de actividad que desarrolla y la temperatura del local acondicionado  $70,76 \text{ [W]}$ .

$N_o$  Número de ocupantes.

**Calor latente por Ocupantes**

$$Q_{LO} = I_{LO} \pm N_o \text{ [kW]} \text{ (12)}$$

$I_{LO}$  Índices de carga térmica latente por persona, según el tipo de actividad que desarrolla y la temperatura del local acondicionado

**Ganancias de calor por Iluminación Eléctrica.**

El calor emitido por la iluminación se calculará por las expresiones:

- Lámparas fluorescentes:

$$Q_{Silum} = P_{\text{útil}} \pm 1,25 \pm N \text{ [kW]} \text{ (13)}$$

- Lámparas incandescentes:

$$Q_{\text{Silum}} = P_{\text{útil}} \mp N \text{ [kW]} \text{ (14)}$$

### Calor aportado por los motores.

Porción de calor disipada en otros ambientes. Se debe tener en cuenta que:

- Cuando el conjunto máquina motor están dentro del local:

$$Q_{\text{SM}} = P_{\text{motor}} \mp N_m \text{ [kW]} \text{ (15)}$$

- Cuando el motor está fuera y la máquina dentro del local:

$$Q_{\text{SM}} = P_{\text{motor}} \mp \zeta_m \mp N_m \text{ [kW]} \text{ (16)}$$

- Cuando el motor está dentro del local y la máquina fuera:

$$Q_{\text{SM}} = P_{\text{motor}} \mp (1 - \zeta_m) \mp N_m \text{ [kW]} \text{ (17)}$$

### Cálculos para determinar las ganancias de calor latente de un local

$$Q_{\text{LL}} = Q_{\text{infL}} + Q_{\text{LO}} \text{ [kW]} \text{ (18)}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de calor sensible y latente de los diferentes elementos ya sea del local o de ventilación, determinaron el valor total de la carga térmica (*tabla*) y su equivalencia en toneladas de refrigeración (TR).

**Tabla.** Resultados de las diferentes cargas obtenidas en el local.

Tipo	Sub.-tipo	Valor (kW)
$Q_{\text{SV}}$		32.724
$Q_{\text{LV}}$		0,0887
$Q_{\text{SL}}$	$Q_{\text{pt}}$	64.006
	$Q_{\text{tab}}$	0.0000
	$Q_{\text{c}}$	4,032
	$Q_{\text{inf}}$	10.952
	$Q_{\text{Socup}}$	5.586
	$Q_{\text{Silum}}$	0.34795
	$Q_{\text{SM}}$	251,032
$Q_{\text{LL}}$	$Q_{\text{infL}}$	0.01221
	$Q_{\text{LO}}$	5.586
<b>Totales</b>		<b>119.109</b>
		<b>33.83 TR</b>

Obtenido el resultado del cálculo de la carga térmica 33.83 TR, se seleccionó la tecnología de climatización a utilizar y su montaje.

El sistema de climatización que se empleó en el montaje en el local es marca Haier, modelo Chigo CMV\_VRF. Esta tecnología de climatización es un sistema de clima multi-split, con un montaje sencillo acorde con las

características del inmueble y fundamentalmente con un menor consumo de energía eléctrica.

### Montaje de la tecnología de climatización Chigo modelo CMV VRF.

Este sistema se clasifica en un sistema múltiple multi-Split con la particularidad de que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores conectado en paralelo, que pueden tener control común o independiente.

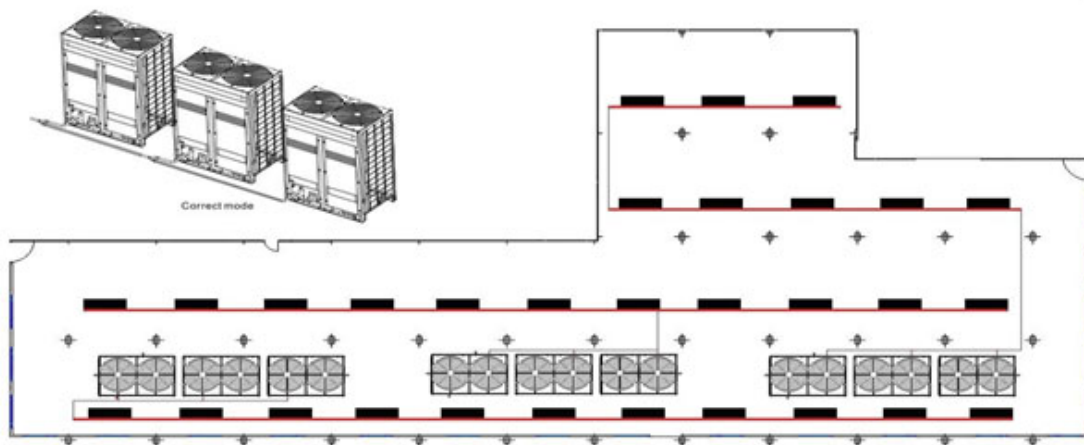
Los sistemas de volumen de refrigerante variable que utiliza esta tecnología son sistemas múltiples muy evolucionados, en los que, según Haier (2015) gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de

combinaciones entre «unidades exteriores» e «interiores», tanto en tipos y potencias, como en distancias y potencias entre unas y otras (Plasencia, 2007).

La cantidad de unidades evaporadoras y condensadoras que se utilizan en el sistema de climatización, lo determinó el resultado de la carga térmica total. El cual fue de 119,109 kW equivalente a 33,83 TR.

Este sistema de clima se caracteriza específicamente, porque cada unidad evaporadora interior proporciona 1,2 TR. Además una unidad condensadora exterior para el montaje de un sistema multi-split permite hasta 4 split como máximo.

Y una triada (*figura*) (conexión en paralelo de tres unidades exteriores) permiten hasta 12 split como máximo (Haier, 2015).



**Figura.** Montaje General del sistema de climatización.

**Fuente:** elaboración propia.

La cantidad total de TR de las unidades individuales, evaporadoras y condensadoras equivalen aproximadamente a las toneladas de refrigeración de la carga térmica total calculada.

Resultando el montaje de la tecnología de acuerdo a la guía de instalación; con 3 triadas conectadas en paralelo de unidades condensadoras exteriores instaladas en techo del inmueble; y 30 unidades interiores evaporadoras en el taller de producción (*figura*).

**Determinación de los Índices de Consumo (Coeficiente de Correlación Energía Producción E-P).**

El índice de consumo o consumo específico de energía se determinó mediante la cantidad de energía por unidad de producción en un periodo de tiempo, medidos en términos físicos (productos realizados). Donde se relaciona la energía consumida en (kWh) con el indicador de la actividad que se realiza en la UEB de Energía Fotovoltaica, expresada en unidades físicas (cantidades de paneles fotovoltaicos producidos).

La experiencia acumulada en los trabajos realizados por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) indican que se pueden considerar adecuados a los efectos de

estos análisis energéticos según los valores del coeficiente de correlación  $R^2=0,75$ (Nordelo, 2006).

$$a) R^2 = m * E_x / P_x$$

$R^2$  Coeficiente de Correlación Energía Producción.

E Valores de Consumo de Energía (kWh)

P Valores de Producción (Cantidad promedio de Paneles producidos en el mes). 5000 (U)

$$b) m = (P_2 P_1) / (E_2 E_1) = 1.67$$

m - pendiente

En el Año 2016 el (E-P); fue de 0.43, para un consumo 15500 kWh. Después de instalada la tecnología en enero 2017, el coeficiente aumentó a  $R^2 = 0.57$ , en los primeros meses de producción.

El consumo de energía en los locales de producción ha disminuido continuamente, por lo que se alcanzará en un breve periodo el valor establecido del coeficiente de correlación de 0,75 y a medida que aumenten los niveles planificados de producción de paneles por la entidad.

La Empresa de montaje de equipos eléctricos, en el Polo Industrial de Manaus Brasil, fundada en 1944 por la Industria Brasileña de Televisores

(IBT), posee características similares a la Empresa de Componentes Electrónicos, la cual, para minimizar los costos, realizó una serie de análisis y acciones parecidas, programadas para mejorar la eficiencia energética de la entidad (Silva, 2011). Una de las medidas de eficiencia energética que evaluó este estudio fue la sustitución de sistemas de frío convencionales por sistemas de alta eficiencia, quedando demostrado una reducción del consumo de energía eléctrica después de aplicadas las medidas de eficiencia energéticas propuestas, en las cuales fueron hechos los cambios de los aparatos de aire acondicionado y se cambió todo el piso de la empresa y sus respectivas luminarias. En esta empresa de montaje de equipos electrónicos se logró una reducción del 2.9 % del consumo total de energía por mes y un aumento del índice de consumo aceptable de 0.74 kWh/U con respecto a la producción mensual. La importancia de los resultados logrados crea las posibilidades de continuar trabajando en el desarrollo de las aplicaciones de estos tipos de medidas, debido al alto potencial de ahorrar energía eléctrica en las industrias.

## CONCLUSIONES

La implementación de esta tecnología de climatización Haier; modelo Chigo CMV\_VRF proporcionó una

disminución continua del consumo de energía eléctrica en los locales de la línea de producción, con un mejoramiento del coeficiente de correlación  $R^2 = 0.57$  mucho más eficiente energéticamente que la tecnología anteriormente instalada. Además, las condiciones propias de confort térmico mejoraron de forma considerable en esta unidad empresarial de base.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carrier Air Conditioning Company. (1980). Manual de aire acondicionado. 5<sup>ta</sup> reimp., España: McGraw-Hill. p. 1-109.
- Compañía Haier. (2015). Manual Tecnológico, Instalación de Sistema de Climatización modelo Chigo CMV\_VRF. Qingdao, China: Compañía Electrónica de Haier. p. 1-8.
- Nordelo, A.B. (2006). Gestión y Economía Energética. Cienfuegos, Cuba: Centro de Estudios y Energía y Medio Ambiente. p. 44-46.
- Plasencia, M.A. (2007). Temas Avanzados de Refrigeración y Clima. Cienfuegos, Cuba: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. p. 77-87.
- Poveda, M. (2007). Eficiencia Energética: Recursos no aprovechados. Quito, Ecuador: Organización Latinoamericana de Energía, p. 4-8.

*Sustitución de Tecnología de Climatización*

Schneider. (2010). *Manual de Soluciones. Eficiencia Energetica*. Argentina. p.3-5.

Silva, J.L., Cabral, J., de León, C.A., Herrera, F.B. (2011).

*Mejoramiento de los índices de eficiencia*. Manaus, Brasil: Instituto de Tecnología y Educación de la Amazonía. 5 p.

*Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license*