

## **Mejoramiento de la eficiencia electroenergética en la Empresa Nacional de Frigoríficos Enfrigo / Improvement of the electro-energetic efficiency at the Enfrigo Refrigerating National Company**

Hugo A. Acosta-Cuenca

Roberto Torres-Rodríguez

Alberto Ramón Velázquez-López

**PAÍS:** Cuba

### **RESUMEN**

Se aborda el estudio realizado en la Empresa Nacional de Frigoríficos Enfrigo con el objetivo de mejorar la eficiencia electroenergética de éstos, tomando en consideración que la eficiencia energética en el ámbito empresarial implica lograr un nivel de producción o servicio con requisitos de calidad establecidos, por el cliente con los menores consumos y costo energético posible, la menor contaminación ambiental, a partir de buenas prácticas de consumo, de operaciones y mantenimiento y la introducción de nuevas tecnologías de alta eficiencia. En el mismo se exponen los resultados del diagnóstico realizado y el proyecto de mejoras, así como los resultados fundamentales.

### **PALABRAS CLAVES:**

GESTIÓN ENERGÉTICA; EFICIENCIA ENERGÉTICA; FRIGORÍFICOS

### **ABSTRACT**

A study was carried out at the Enfrigo Refrigerating National Company with the objective of improving the electro-energetic efficiency of these, taking into consideration that the energy efficiency in the managerial environment implies to achieve a production level or service with established requirements of quality, for the client with the smallest consumptions and possible energy cost, the smallest environmental contamination, starting from good consumption practices, of operations and maintenance and the introduction of new technologies of high efficiency. In it, the results of the carried out diagnosis and the project of improvements are exposed, as well as the fundamental results.

### **KEY WORDS:**

ENERGY MANAGEMENT; ENERGY EFFICIENCY; REFRIGERATORS

## INTRODUCCIÓN

La reducción de la demanda, del consumo de energía, de los costos asociados con ellos y con las inversiones capitales en los equipos que consumen electricidad en los servicios, resulta imprescindible en la situación actual de la economía. (Restrepo y otros, 2007).

Es preciso tener presente que la eficiencia energética en su concepción más amplia, pretende mantener el servicio que se presta reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de reducir las pérdidas que se producen en toda transformación o proceso, incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías; incluso es ir más allá de solo mantener los servicios que se obtienen de la energía, es lograr mayores beneficios. (Orosco, 2004).

En Cuba, la Revolución Energética posibilitó un mayor control de los consumos energéticos y creó la necesidad de la investigación en función de incrementar los ahorros, en resumen de una mejor proyección en el uso racional de la energía. (Borroto Nordelo y Monteagudo Yanes, 2006).

Los frigoríficos por sus características son altos consumidores de energía eléctrica, para realizar su trabajo de extracción del calor a los productos refrigerados, por tanto son objetos de investigación en aras de reducir estos consumos. El consumo está definido por la carga térmica, lo que significa que si se implementan estrategias para reducir ésta, se reduce la potencia. Igualmente si se mejora el efecto frigorífico, se reduce la potencia, esto se logra sobrecalentado o subenfriando el sistema. Igualmente cambiar de compresor implica mejorar la eficiencia isotrópica o de otra manera, se reducen los kilowatts por toneladas refrigeradas (kW/TR). (Restrepo y otros, 2007)

Enfrigo representa más del 60% de las capacidades de refrigeración del país. A partir del año 2000, sobre la base de un deterioro considerable de su infraestructura y las condiciones inseguras en la explotación que esto trajo como consecuencia, se comenzó el estudio de los frigoríficos con que cuenta la empresa. Esta investigación se desarrolló en este contexto y su base la constituye el diagnóstico como punto de partida primordial para la proyección de soluciones en su mejoramiento.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

### **Métodos empleados**

El método histórico lógico: facilitó establecer la evolución histórica de los Frigoríficos en el país. El análisis y la síntesis: permitió llegar a conclusiones con respecto al funcionamiento y gestión energética de los frigoríficos. La observación, a través de la cual se pudo analizar los detalles del objeto y campo de estudio. Consulta a expertos, para acceder a una valiosa información de informantes claves. Revisión de documentos para conocer el funcionamiento y la gestión energética de los Frigoríficos. Media, análisis porcentual, tablas, como método de la estadística descriptiva.

### **Mejoramiento de la eficiencia energética**

Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó un procedimiento que se contextualizó a partir de las herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía (Colectivo de autores, 2006), que sigue la lógica de la mejora continua en la gestión. Este procedimiento consta de cinco fases y 10 pasos donde se diagnostican las deficiencias, se definen los problemas y las soluciones, se implanta y se le da seguimiento. En la Figura 1 se esboza el procedimiento para este fin.

En la aplicación del procedimiento se utilizaron varias técnicas y métodos, siendo el fundamental el método de expertos a través de dinámicas grupales para las diferentes fases de éste.

### **Aplicación del procedimiento para en la Empresa de Frigoríficos Enfrigo.**

#### **Resumen de resultados**

##### **Paso 1. Caracterización de la empresa Enfrigo**

La Empresa Nacional Frigoríficos perteneciente al Ministerio del Comercio Interior creada en 1964, su objeto social se enmarca en las prestaciones de servicios en cámaras de conservación refrigeración y congelación, esta organización tiene un carácter estratégico para la economía del país al asegurar que el almacenamiento de los productos fríos tanto en la paz como en el estado de guerra.

Misión: satisfacer las necesidades de almacenaje en refrigeración industrial, de productos de la canasta básica y otros productos de prioridades a la población, así como la conservación de productos de la reserva y semillas biológicas, con calidad, rapidez y eficiencia, autofinanciados con nuestros propios resultados y

su visión: somos líderes en el almacenamiento de cámaras de refrigeración industrial de productos alimenticios.

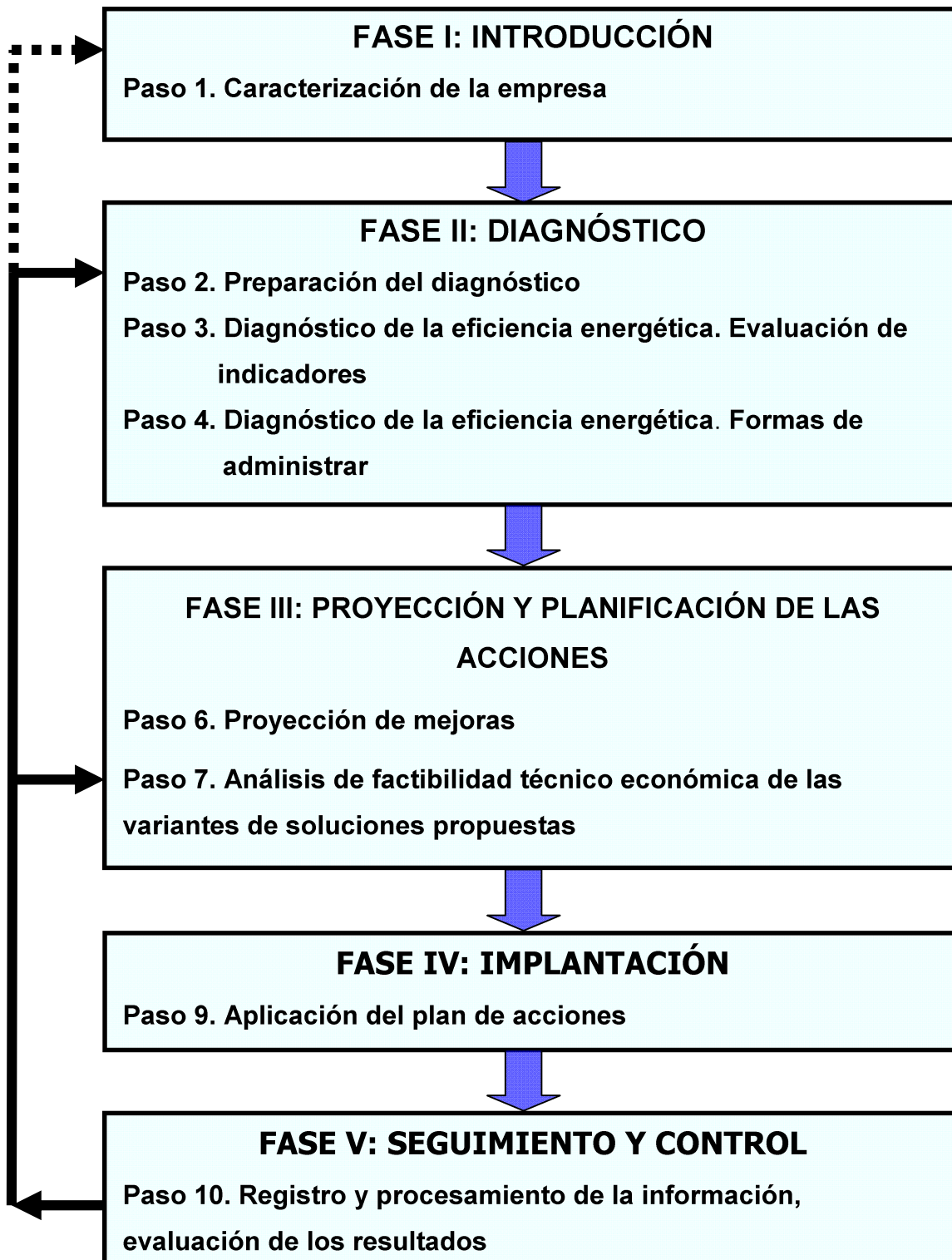


Figura 1. Procedimiento para la mejora de la eficiencia energética

La Empresa Nacional Enfrigo cuenta en la actualidad con un total de 41 Frigoríficos repartidos por todo el país, con una capacidad de refrigeración de 276 444 toneladas distribuidas en 587 cámaras frías, de ellas 83 son de congelación y 504 de conservación. Estas capacidades representan el 64 % de la capacidad total de frío del país, aspecto que destaca el papel de la empresa en esta área de los servicios. Un resumen de estas capacidades se muestra en la Tabla 1

**Tabla 1.** Resumen de capacidades de frío de Enfrigo

Frigoríficos	Congelación			Refrigeración			Total		
	Cámaras	m <sup>3</sup>	Ton.	Cámaras	m <sup>3</sup>	Ton.	Cámaras	m <sup>3</sup>	Ton.
41	83	119762	44779	504	635289	231665	587	755051	276444

La empresa en su conjunto tenía consumos de más de 40 000 MWh al año, aún cuando han disminuido considerablemente no satisfacen las necesidades actuales de eficiencia energética.

## **Fase II. Diagnóstico del estado de la eficiencia energética**

### **Paso 2.** Preparación del diagnóstico

Este paso tiene como objetivo determinar las acciones y necesidades que de ellas se deriven para desarrollar el diagnóstico. Para la preparación del diagnóstico se responden las interrogantes siguientes: ¿Qué técnicas emplear? ¿En qué tiempo y oportunidad? ¿Qué materiales son necesarios para el desarrollo de mismo? ¿Qué personal externo a SS.TT. participa y en qué momento? ¿Qué rol le corresponde a los participantes? y otros aspectos de interés que se deriven de la aplicación en el contexto específico. Además, perfilar los eventos de trabajo en grupo para el desarrollo del diagnóstico. En este caso se recomienda utilizar una dinámica de trabajo en grupo con una técnica de las que pueden encontrarse en Pérez Campaña y otros (2000), donde participe la mayor cantidad posible de personal involucrado.

### **Paso 3.** Diagnóstico de la eficiencia energética. Evaluación de indicadores

Durante la realización del diagnóstico, entre otras situaciones problemáticas se reveló la necesidad de obtener un índice de consumo de energía que se ajustara a las características específicas de los frigoríficos.

En trabajo de grupo con la participación de los especialistas de la empresa y de la Universidad de Cienfuegos se propuso el indicador de Mega Wats Hora por miles de metros

cúbicos equivalentes utilizados **MWh/MM<sup>3</sup>EQ**. Para la validación de este índice de consumo, se realizó un estudio de su comportamiento en varios frigoríficos, entre los cuales se encontraba el de Ciego de Ávila, del cual se muestra en la Figura 2 la caracterización del indicador. Como se puede apreciar, en los datos asociados a la gráfica, el coeficiente de correlación  $R^2$  presenta valores altos, por lo que se puede afirmar que es válida la utilización de este índice de consumo para evaluar la eficiencia energética de un frigorífico.

También entre otros resultados se evidenció el comportamiento del indicador respecto a la utilización de las capacidades de almacenaje en MM<sup>3</sup>EQ (Figura 3), disminuyendo su valor a medida que se incrementa dicha utilización

Los indicadores seleccionados para medir el comportamiento electroenergético en los frigoríficos de la empresa Enfrigo se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de los indicadores en el diagnóstico

<b>Año</b>	<b>MM<sup>3</sup>EQ</b>	<b>MWh</b>	<b>MWh/MM<sup>3</sup>EQ</b>
<b>2007</b>	<b>37948,567</b>	<b>13572,877</b>	<b>0,3577</b>

#### **Paso 4.** Diagnóstico de la eficiencia energética. Formas de administrar

En este diagnóstico de la eficiencia energética se utilizó como herramienta fundamental la guía de supervisión energética del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS, 2007). Ésta, consta de cuatro áreas fundamentales de supervisión:

1. Área estadística: contratación, planificación, presupuesto, control, etc.
2. Área técnica: estructura de consumidores, supervisión, verificación de instrumentos, iluminación, sistemas ingenieros, etc.
3. Dirección administrativa: existencia de personal encargado, cumplimiento de medidas, método de estimulación, etc.
4. Organizaciones de base: valoración y participación en los temas energéticos, divulgación

Las instrucciones de aplicación de la guía contienen la definición de los aspectos a considerar en cada uno de ellos y los criterios de evaluación con su tratamiento, los rangos y procedimiento para cada resumen y evaluación final, emita por consenso de los expertos participantes en el diagnóstico.

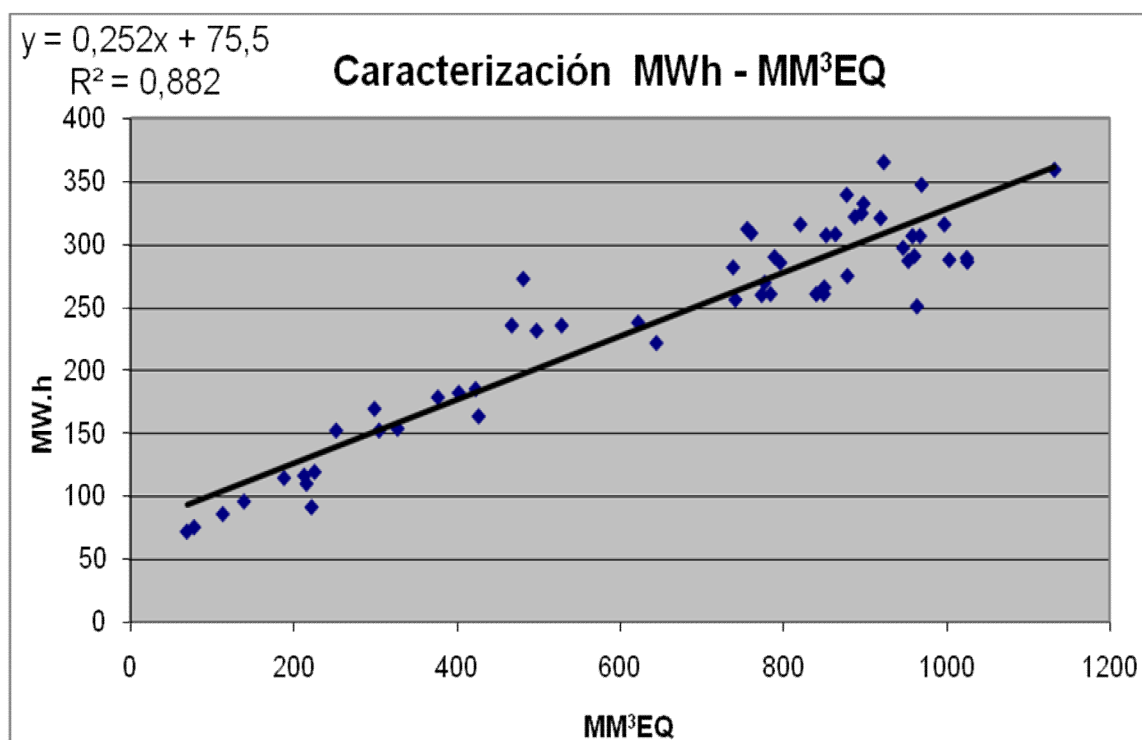


Figura 2. Caracterización de los consumos de energía eléctrica con los metros cúbicos equivalentes.

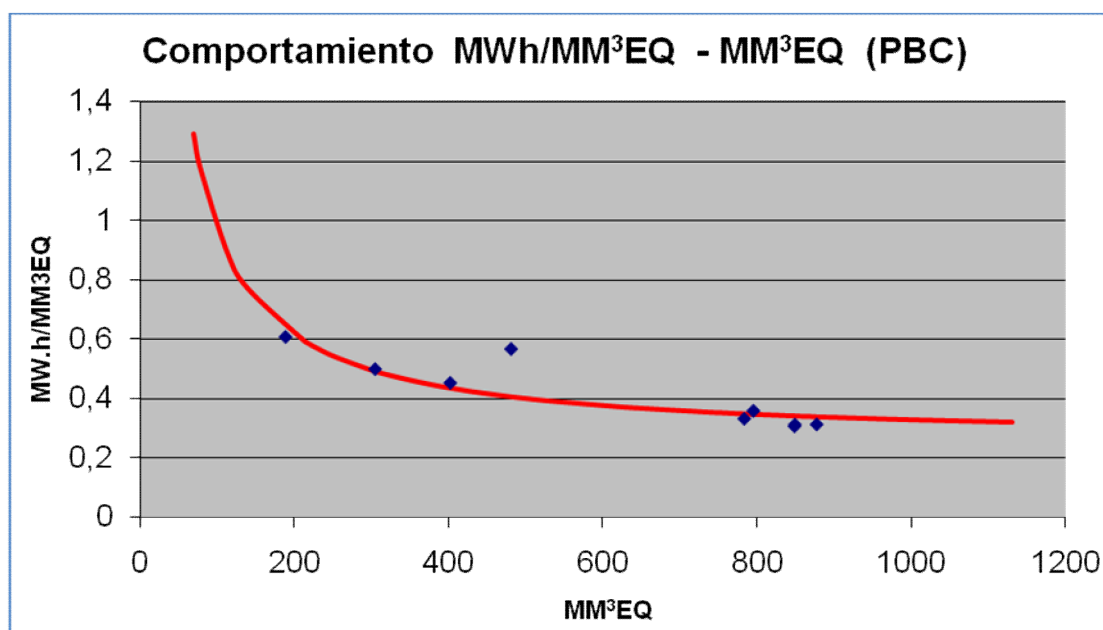


Figura 3. Comportamiento del índice de consumo de electricidad vs. Metros cúbicos equivalente utilizados

Los resultados de la aplicación de esta herramienta, la evaluación de los indicadores (Ver Tabla 2), conjuntamente con un análisis de las causas en trabajo grupal (Ver figura 4), permitieron definir un conjunto de insuficiencias, del análisis de las cuales se definen los

problemas fundamentales que constituyen la base para la proyección de las mejoras en los frigoríficos para lograr mejores rendimientos energéticos.

#### **Paso 5. Análisis y presentación de los resultados del diagnóstico**

Algunas de las principales deficiencias detectadas en la aplicación de la guía de diagnóstico en la empresa:

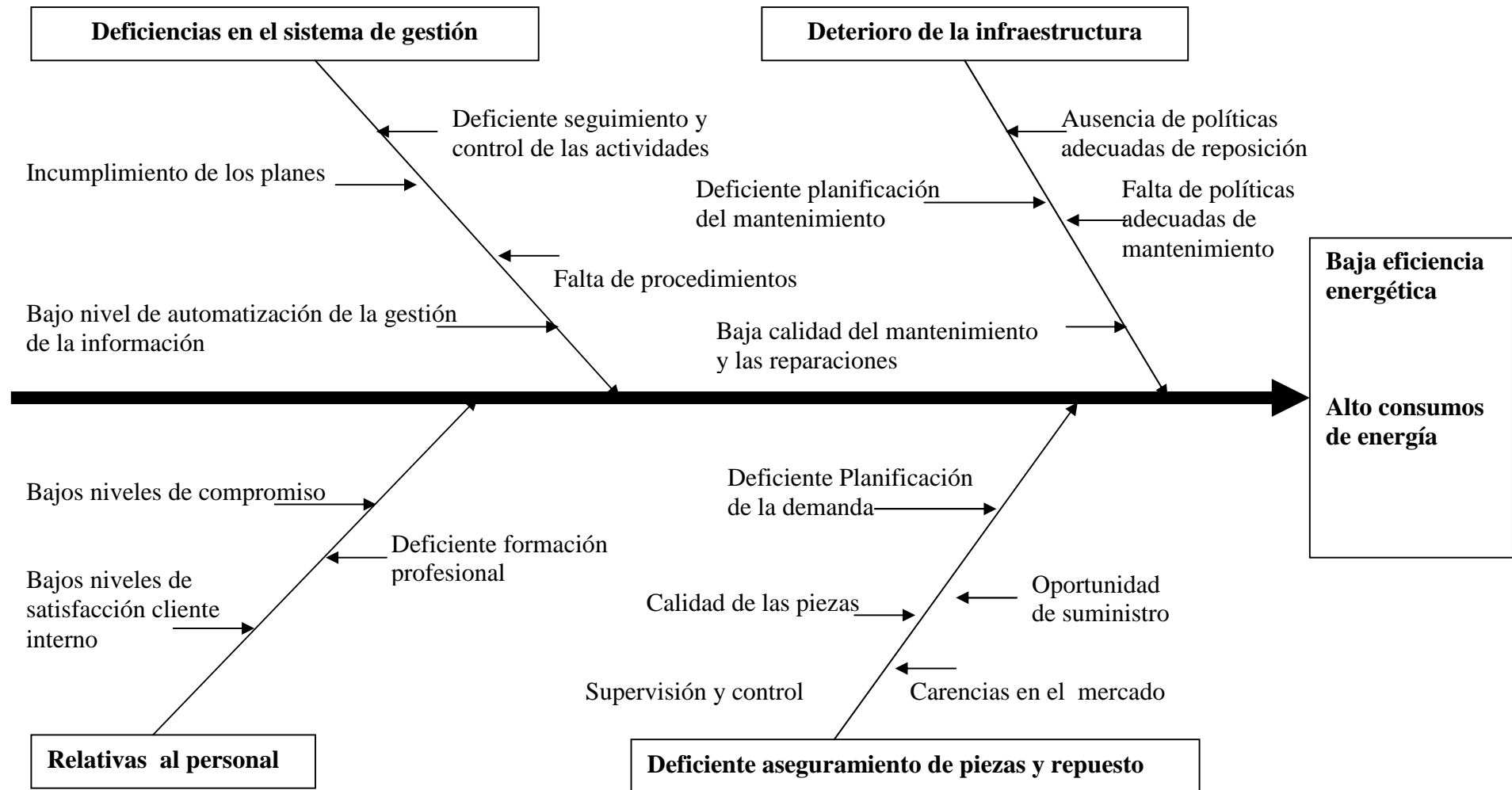
- Existen compresores, puertas de cámaras, tuberías, aislamiento, torres de enfriamiento y condensadores, bombas de agua, montacargas eléctricos y otros sistemas en mal estado técnico provocando baja disponibilidad y eficiencia de éstos
- No se ha realizado el acomodo de carga, no existen diagramas o circuitos monoliniales, bajo factor de potencias
- El personal para la operación de los grupos electrógenos y la operación en general no está debidamente preparado, pobre funcionamiento de las comisiones de ahorro energético
- Deficiencias con la instrumentación para la medición de los portadores energéticos
- Deficiencias en la planificación de la operación de las cámaras frías
- Deficiencias en el mantenimiento de los condensadores

#### **LISTADO DE PROBLEMAS**

Sobre la base de la información de los resultados del diagnóstico con la aplicación de la guía de inspección y supervisión, la evaluación de los indicadores fundamentales de energía y la valoración por los expertos participantes en el diagnóstico de las causas fundamentales que inciden en la eficiencia energética de los frigoríficos, se definieron como problemas fundamentales los siguientes:

1. Obsolescencia de la tecnología de gran parte de la infraestructura de los frigoríficos, tiene varios años de explotación
2. Carencia de un sistema de mantenimiento adecuado a las condiciones de explotación actuales
3. Pérdidas por el aislamiento de paredes, techos y tuberías





**Figura 4. Análisis causa efecto de problemática fundamental definida en el diagnóstico**

4. Pérdidas por compresores de amoniaco de baja eficiencia y con desgaste físico
5. Pérdidas por baja eficiencia de cortinas de aire
6. Baja eficiencia en los condensadores convencionales
7. Pérdidas por almacenaje de productos a bajas temperaturas
8. Deterioro del sistema de drenajes
9. Deficiencias en el sistema de control de motores de cámaras
10. Carencia de personal capacitado para la operación de los frigoríficos

### **Fase III. Proyección de las mejoras**

#### **Paso 6. Proyección de las mejoras**

Sustentado en el análisis de los problemas definidos, los recursos disponibles y las políticas definidas por el país al respecto se proyectaron un grupo de mejoras con el objetivo de incrementar la eficiencia energética de los frigoríficos de Enfrigo.

El proyecto de mejora concentra sus acciones en tres direcciones fundamentales:

- El mejoramiento tecnológico que contempla la sustitución o reposición de equipos, sistemas y la rehabilitación de redes e instalaciones
- La proyección de un sistema de capacitación y actualización del personal para lograr mejores actitudes y comportamiento en la explotación y mantenimiento de la tecnología
- Perfeccionamiento de los sistemas de mantenimiento a la tecnología adquirida y en general

El proyecto de mejora comprende las decisiones siguientes:

- Sustitución de compresores de 68 compresores con más de 30 años de explotación
- Sustitución de aislamiento de tuberías y de cámaras
- Sustitución de 30 bombas de agua y de amoníaco
- Sustitución de 204 puertas en mal estado
- Sustitución de 29 montacargas y reparación del resto de los montacargas.
- Sustitución y reparación de 4 pizarras eléctricas
- Sustitución de 51 condensadores tradicionales por condensadores evaporativos
- Propuesta de un sistema de capacitación del personal en coordinación con las universidades de los territorios implicados según las necesidades de cada frigorífico

- Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento de equipos sistemas e instalaciones

**Paso 7.** Análisis de factibilidad técnico económica de las variantes de soluciones propuestas

A continuación se analizan algunos aspectos relacionados con la sustitución, reposición y rehabilitación del sistema tecnológico de los frigoríficos de Enfrigo

### **Sustitución de compresores**

La sustitución de los compresores se lleva a cabo a partir de la adquisición de compresores de tornillos, los cuales se han difundido con gran rapidez sustituyendo los reciprocantes entre otros aspectos en que su desarrollo ha permitido introducir tecnologías de avanzada abaratando sus costos de adquisición y explotación. El compresor de tornillo permite regular su capacidad ajustándose a la demanda real, por lo que puede trabajar por debajo del 100% provocando ahorros de energía eléctrica, constituyendo una de sus principales ventajas. (Álvarez Guerra, 2005). Otras ventajas de este compresor son las siguientes: mayor eficiencia volumétrica, por no existir espacio muerto no hay caída de presión, las fases de succión y descargas separadas, por lo que no hay transferencia de calor entre succión y descarga, el flujo de refrigerante es continuo y por tanto produce pocas vibraciones, por lo que el costo de la construcción de las bases disminuye, menores costos de mantenimientos (cambios de aceite, filtros y rodamientos). Un análisis comparativo de la factibilidad de sustitución de los compresores de tornillos se muestra en la Tabla 3. Como se puede observar en la misma, el cambio de compresores de tornillo que constituye una tecnología más avanzada produce un ahorro en la potencia instalada de 1730.00 kW, lo que significaría suponiendo 8 horas de trabajo diarias durante los 12 meses del año un total de 4 982 400.00 kWh ahorrados al año solo por este concepto.

### **Sustitución de condensadores tradicionales por condensadores evaporativos**

Los condensadores tradicionales son de tubo y carcasa verticales y para enfriar el agua que se calienta en este equipo al extraerle el calor al amoniaco, se hace necesario incorporar una torre de enfriamiento. Para realizar todas estas funciones se necesitan bombas de agua que en este caso los volúmenes oscilan entre 90 m<sup>3</sup>/H hasta 720 m<sup>3</sup>/H. Cuando. Los condensadores evaporativos son equipos muy compactos y hacen la doble función de condensadores y torres utilizando el bombeo del agua desde su propia piscina hasta los spray en la parte superior y a través de ventilador introducen aire a contracorriente que hace mucho más eficiente el intercambio de calor. Estos equipos

utilizan bombas de agua y ventiladores muy pequeños en comparación con los tradicionales, lo que trae por consecuencia ahorro de energía.

**Tabla 3.** Valoración de cambio de compresores de tornillo

COMPRESORES INSTALADOS					PROPUESTA DE COMPRESORES				
EST.	CAN	CAP. TOTAL (KW)	POT. TOTAL (KW)	COP	CAN	CAP. TOTAL (KW)	POT. TOTAL (KW)	COP	AHORRO POTENCIA INSTALADA (KW)
304	6	2139.53	965	2.769	3	2616.28	675	3.875	90
202	8	3058.14	970	3.15	4	3488.37	900	3.87	70
301	6	2412.79	805	2.997	3	2616.28	675	3.875	130
303	10	2558.14	900	2.842	3	2616.28	675	3.875	225
503	11	2813.95	990	2.84	3	2616.28	675	3.87	315
1 202	11	2813.95	990	2.84	3	2616.28	675	3.87	315
1 202	11	2813.95	990	2.84	4	3488.37	900	3.87	90
204	10	2558.14	900	2.84	3	2616.28	675	3.87	225
205	7	3593.02	1170	3.07	4	3488.37	900	3.87	270
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>24761.71</b>	<b>8480</b>	<b>2.92</b>	<b>30</b>	<b>26163.19</b>	<b>6750</b>	<b>3.87</b>	<b>1730</b>

En el análisis comparativo de la factibilidad del cambio de los condensadores evaporativos que se muestra en la Tabla 4, se puede observar que la diferencia total de potencia consumida con el cambio a condensadores evaporativos propuestos es de 1263.2 kW, considerando solo 8 horas de trabajo, ahorra 3 638 016.00 kWh al año, un valor significativo en la gestión energética de Enfrigo.

Con estas mejoras logra reducir el número de compresores de 229 a 160, lo que también constituye un ahorro considerable no solo por el hecho de disminuir en 6.066 MW la potencia instalada (lo que significa considerando el valor del kW a 12 centavos unos 727.9 CUC en una hora), sino también en tiempo, piezas de repuestos y materiales auxiliares en el mantenimiento de 69 compresores.

Las medidas para la sustitución en general, necesita un financiamiento de 21,6 millones de CUC para su ejecución total en un plazo de 5 años, provocando un ahorro del 39% de la energía eléctrica que se consume en la actualidad, esto equivale a 19,5 millones de kWh por un monto de 2,34 millones de CUC anual, donde además se mejora considerablemente en la seguridad de las instalaciones, eliminando o controlando riesgos para las vidas humanas (son los frigoríficos objetivos de riesgos por desastres químicos) y la calidad del servicio en todas instalaciones frigoríficas, cumpliendo con todas las normas

establecidas desde el punto de vista tecnológico, de protección e higiene y de los parámetros de conservación de los productos perecederos.

Para la implantación del proyecto de mejora se elaboró un plan que dio origen a un programa de ejecución. En el seguimiento y control del proyecto se chequea el cumplimiento de este programa y se evalúan los indicadores definidos. Algunos resultados de su seguimiento y control a través de estos indicadores se muestran en la figura 5. Como se aprecia, ha ocurrido una disminución en los consumos del año 2008 respecto al 2009 de 1204,8 MWh, lo que significa un impacto económico de unos 144 576.00 CUC; de igual manera se observa un mejor aprovechamiento de la energía con 0.0089 MWH menos por metro cúbico equivalente ocupado. Estos valores reflejan el impacto de las mejoras en la eficiencia energética y a su vez demuestra la validez de las soluciones propuestas.

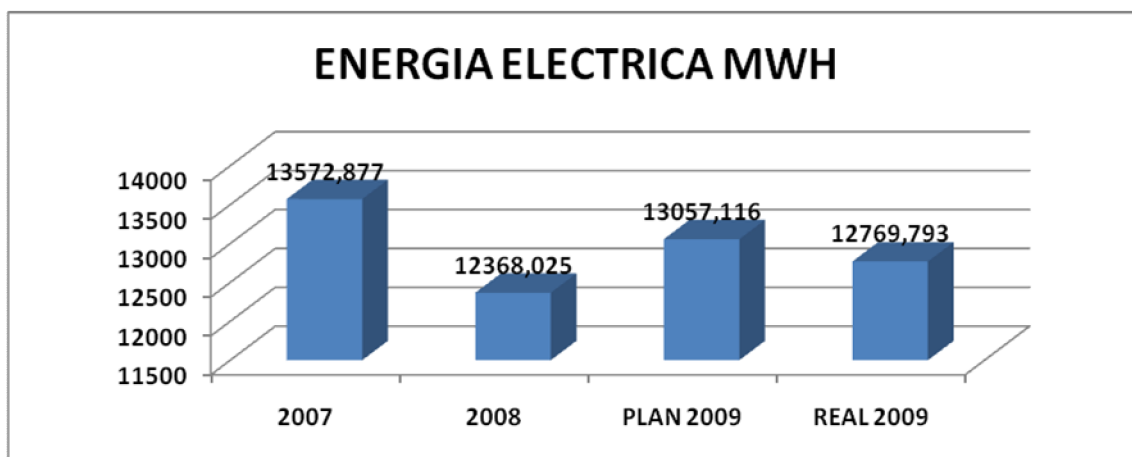
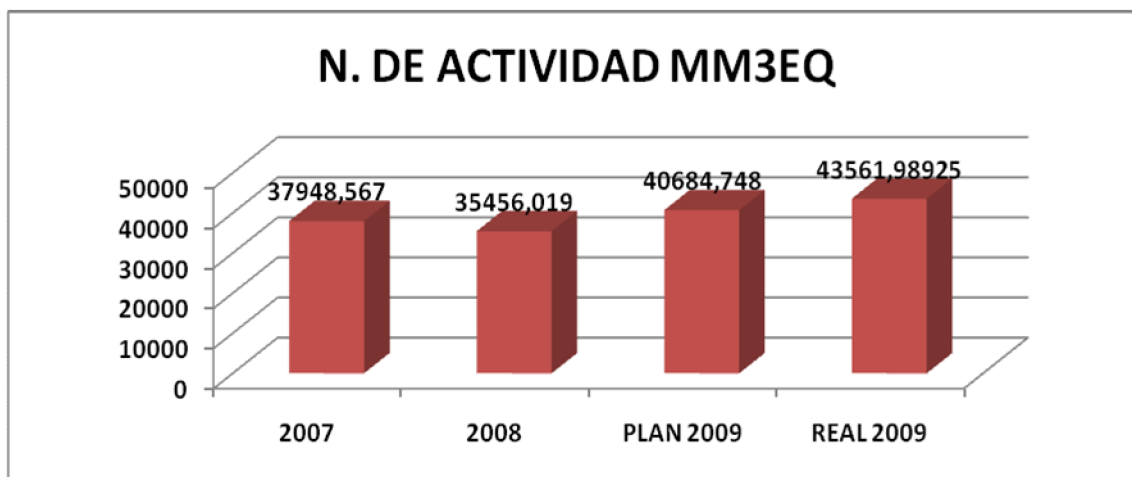
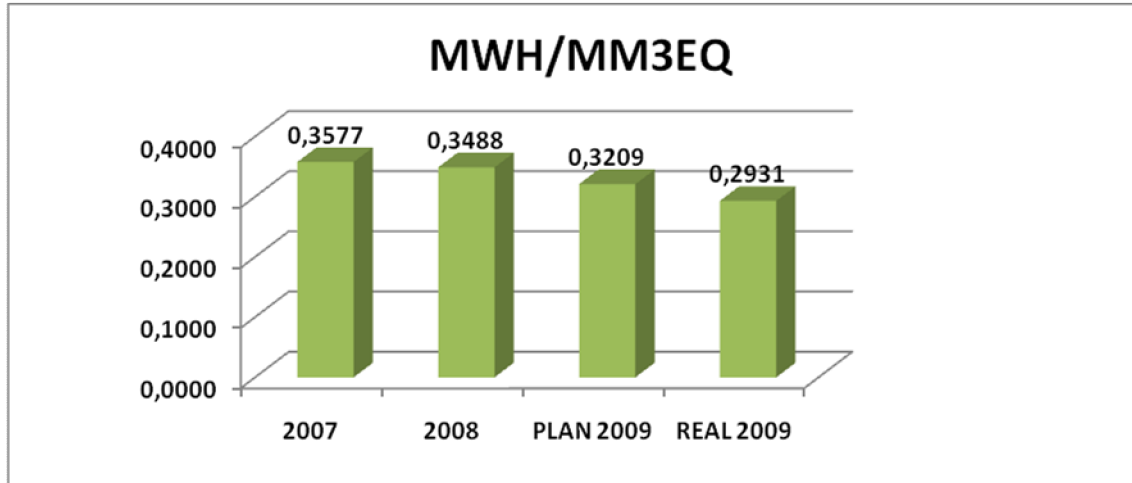
## CONCLUSIONES

1. Los sistemas de refrigeración en su función consumen grandes cantidades de energía eléctrica, por lo que mejorar su propia eficiencia frigorífica contribuye a la disminución de estos consumos.

**Tabla 4.** Análisis comparativo de cambio a condensadores evaporativos

ESTAB.	POT BOMB A DE AGUA (KW)	POT TORRE ENFRIAM (KW)	POT. TOTAL (KW)	MODE L CHINO	CAPA CIDAD (KW)	MODEL	CAPA CIDAD (KW)	POT CONDENSAD EVAPO RATIVO (KW)	DIFEREN CIA (KW)
Hab. del Este	160	44	204	cxv-291G	1252	LSCB-330	1421	45	159
Berroa	172	44	216	cxv-338G	1452	LSCB-370	1593	48.4	167.6
Matanzas	160	22	182	cxv-291G	1252	LSCB-330	1421	45	137
P.del Río	160	22	182	cxv-229G	987	LSCB-240	1033	33	149
Placetas	36	-	36	cxv-74G	319	LSCB-75	323	9.1	26.9
Holguín I	36	-	36	cxv-74G	319	LSCB-75	323	9.1	26.9
V. Clara	172	44	216	cxv-338G	1452	LSCB-370	1593	48.4	167.6
Granma II	172	44	216	cxv-338G	1452	LSCB-370	1593	48.4	167.6
Holguín II	172	44	216	cxv-4370	1883	LSCB-490	2109	85	131
Alquízar	88	44	132	cxv-338G	1452	LSCB-370	1593	48.4	83.6
Güines II	88	44	132	cxv-	1883	LSCB-	2109	85	47

				437G		490			
<b>TOTAL</b>	<b>1 416</b>	<b>352</b>	<b>1 768</b>					<b>504.8</b>	<b>1263.2</b>



2. El estado de obsolescencia de la tecnología y el deterioro manifiesto en la infraestructura de los frigoríficos, así como la deficiente preparación del personal para explotarlos y mantenerlos constituyen las principales brechas para mejorar la eficiencia energética en la empresa Enfrigo.
3. Dado en lo fundamental por lo expresado en la conclusión número dos, el monto total del proyecto de mejora es elevado por cual debe realizarse a mediano plazo, de ahí la importancia de un sistemático seguimiento y evaluación de los impactos en la eficiencia energética de las mejoras que se introduzcan según el programa.
4. El consumo del año 2008 respecto al 2009 de 1204,8 MWh, lo que significa un impacto económico de unos 144 576.00 CUC; de igual manera se observa un mejor aprovechamiento de la energía con 0.0089 MWH menos por metro cúbico equivalente ocupado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Guerra, Mario A. Temas avanzados de refrigeración y climatización. Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, 2005. 182 h.
2. Borroto Nordelo, Aníbal E. Gestión energética en el sector productivo y los servicios / Aníbal E. Borroto Nordelo, José P Monteagudo Yanes. Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, año 2006. 104 h.
3. Cuba. MINBAS. Guía de supervisión y control de consumo y control de portadores energéticos. Ciudad Habana; MINBAS, 2007. 75 h.
4. Metodología de diagnóstico y solución de problemas / Marisol Pérez Campaña... [et al.]. Holguín; universidad "Oscar Lucero Moya". 2000. 128 h.
5. Orosco, Carlos. Ahorro de energía y eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado y refrigeración. **Scientia et Technica** (Colombia) 10 (24): 100-123; jun. 2004.
6. Puestos claves y gestión total eficiente de la energía en el sector productivo y de servicios. Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, 2006. 105 h.
7. Restrepo, Álvaro... [et al.]. Estudio y análisis de estrategias de ahorro de energía usando el Software Engineering equation solver para la empresa frigorífico de Pereira. **Scientia et technica** (Colombia) 8 (34): 183-188; mayo 2007.

## **Síntesis curricular de los Autores**

**Lic. Hugo A. Acosta-Cuenca.** Empresa Enfrigo. [hugoacosta@enfrigo.com.cu](mailto:hugoacosta@enfrigo.com.cu) Teléfono: 861 26 60. Ciudad Habana.

**DrC. Ing. Roberto Torres-Rodríguez.** Universidad de Holguín. Avenida XX Aniversario s/n. [roberto.torres@facii.uho.edu.cu](mailto:roberto.torres@facii.uho.edu.cu). Teléfono: 48 26 64

**Ing. Alberto Ramón Velázquez-López.** Empresa Enfrigo. Unidad Básica Holguín km 4 ½ San Rafael [frigolquin@enfrigo.holguin.inf.cu](mailto:frigolquin@enfrigo.holguin.inf.cu) Teléfono. 47 40 22

**Fecha de Recepción:** 9 de Junio de 2010

**Fecha de Aprobación:** 23 de marzo de 2011

**Fecha de Publicación:** 31 de octubre 2011