



Facultad de Ingeniería
Mecánica



**Título: Modificaciones al Sistema de
Refrigeración de la UEB Industrial
EPICIEN.**

Trabajo de diploma

**Autor: G'Von Darrel
Russell Cooper.**

**Tutores: Dr. José P.
Monteagudo Yanes.**

Ing .Marcos M.
Consuegra Urquiza.

Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución.
Curso 2008-2009.

**DECLARACION DE AUTORIDAD
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS**



“Carlos Rafael Rodríguez”

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Universidad de Cienfuegos para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de este envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Tutor

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

Pensamiento

**Todo y cada uno de
nosotros paga puntualmente
su cuota de sacrificio
consciente de recibir el
premio en la satisfacción
del deber cumplido,
conscientes de avanzar con
todos hacia el Hombre**

Nuevo que se vislumbra en
el horizonte.

Che

Dedicatoria

Se dedica este trabajo a todas las personas que me han brindado su amor, respeto y cariño especialmente:

A mis padres, hijo, mujer y hermanas quienes siempre me han motivado.

A mis abuelas, tías, tíos y primos por su entrega a mí causa.

A mis compañeros del aula gracias por su solidaridad.

Agradecimientos

Primero quiero darle las gracias a Dios por darme el esfuerzo para enfrentar cada día en la realización de mis sueños.

Gracias profundamente a mis tutores Dr. José P. Monteagudo Yanes, Ing. Marcos M. Consuegra Urquiza Msc. Edwin Rodríguez por su apoyo y su tiempo valeroso conmigo durante todo el transcurso, que sin ellos no era posible la realización de este trabajo.

A todos mis amigos por su apoyo y todos los

compañeros que han
demostrado su interés y
cariño durante el
transcurso, para todas
muchas gracias.

Resumen.

El presente trabajo se realizó en la empresa EPICIEN de Cienfuegos, caracterizando energéticamente la empresa, detectando que el 99 % de los portadores energéticos se destina en forma de energía eléctrica a satisfacer los requerimientos de las siete cámaras frías con capacidad de conservación de 3 500 TM.

El estudio de la sala de máquina mostró que de catorce compresores reciprocantes instalados, solo están en funcionamiento tres, alcanzando temperaturas de -10°C cuando debía trabajar a temperaturas de -30 °C.

Se realizó el análisis de factibilidad técnico económico para sustituir los actuales compresores por 10 compresores de 200 TR cada uno, pero se evidencia que la inversión demoraría 19 años en recuperarse de 25 años de vida útil, si no se incrementan las contrataciones por el servicio de alquiler de las cámaras frías.

Índice.

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE	11
1.1 Problemas energéticos contemporáneos.....	14
1.2 Precios del petróleo.	15
1.3 Situación energética del Caribe.	18
1.4 El papel del ALBA como forma de solución.....	19
1.5 Importancia de la refrigeración industrial para conservar los alimentos.	22
1.6 Conclusiones Parciales.	25
CAPÍTULO II: Caracterización Energética de la UEB (EPICIEN)	23
2.1 Caracterización general y energética del centro.....	26
2.2 Cronología de los eventos más significativos del centro.....	28
2.3 Esquema general de la empresa Epicien.	31
2.4 Distribución y orden de EPICIEN.	32
2.5 Sistemas más representativos en el consumo de portadores energéticos.....	32
2.6 Diagnóstico energético preliminar (Epicien 1).	32
2.7 Gastos de la empresa Epicien 1.	34
2.8 Diagramas energéticos de la UEB (Epicien).....	35
2.8.1 Diagrama de Pareto.....	35
2.8.2 Gráficos de control.....	38
2.8.3- Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T).	40
Utilidad de los gráficos E-P vs. T.....	40
2.8.4-Diagramas de Consumo – Producción (E vs. P)	41
2.8.5-Controles históricos de consumo energético y carga en toneladas de producto de las cámaras frías.....	42
2.8.5 Gráfico de Índice de Consumo vs. Producción en el tiempo.....	46

Capítulo III. Estudio del sistema de refrigeración de Epicien.....

47

3.1. Situación actual del consumo energético y estado de los compresores.....	50
3.2 .Características de las cámaras de refrigeración de la Empresa Epicien.....	53
3.3. Evaluación del estado energético de funcionamiento de la instalación de refrigeración existente.	55
3.3.1. Calculo de capacidad de refrigeración de las cámaras.....	55
3.3.2. Cálculo del ciclo de compresión de amoniaco con el sistema de compresores reciprocantes.	57
3.3.3-Cálculos energéticos del frigorífico EPICIEN trabajando con los compresores reciprocantes.	59
3.3.4. Calculo del ciclo de compresión de amoniaco con el sistema de compresores de tornillos.....	62
3.3.5. Cálculos energéticos del frigorífico EPICIEN trabajando con los compresores de tornillo.....	64
3.3.6. Calculo del número de compresores de tornillo para la refrigeración.....	66
3.3.7. Evaluación Económica.	70
3.4. Conclusiones parciales.....	71
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Introducción.

La refrigeración es el proceso mediante el cual, reduciendo la temperatura de los alimentos y bebidas, aumenta la posibilidad de conservación. La justificación bioquímica del proceso es bastante compleja: básicamente el enfriamiento reduce la actividad metabólica de los productos orgánicos, disminuyendo su deterioro.

La utilización del frío es un proceso conocido desde la antigüedad; primeramente se utilizaba el frío natural: el hielo y la nieve. También, se hacían pozos profundos para conservar en ellos los alimentos a favor del subsuelo con temperatura medias inferiores a la del ambiente y se enfriaba el agua a favor de su evaporación de la superficie de materiales porosos que la contenían.

Fue en Sydney, Australia, en 1861 donde se construyó la primera instalación para congelar carne industrialmente. Esta fue como resultado la causa del trabajo de muchos inventores, ingenieros y científicos desde finales del siglo XVII. El primer frigorífico industrial con refrigeración mecánica se edificó en Boston, EEUU en 1881.

Los frigoríficos industriales son un eslabón importante en esta cadena del frío, ya que constituyen el intermediario por excelencia entre las ventas mayoristas y minoristas y la exportación.

Desde el punto de vista energético los frigoríficos industriales están catalogados como grandes consumidores de energía, fundamentalmente eléctrica. En el contexto cubano estos representan una parte importante de la demanda eléctrica del sector industrial y son objeto de análisis en los estudios de políticas energéticas.

El objeto social fundamental de la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, en lo adelante EPICIEN, es la captura y proceso de especies marinas para su comercialización en frontera, exportación y distribución a la canasta básica de la

población, la producción de hielo y el almacenamiento de alimentos refrigerados, utilizando como agente de refrigeración el amoníaco.

La empresa EPICIEN cuenta con tecnología danesa de la década del 70 del pasado siglo y se caracteriza por ser una alta consumidora de energía. En el servicio de refrigeración cuenta con una sala de máquina de 14 compresores en deficiente estado técnico, lo cual no le permite satisfacer los requerimientos de los usuarios de las cámaras, pudiendo solo alcanzar temperaturas de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ de valores cercanos a los $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ que debía lograr, con capacidad para almacenar algo más de 3 500 toneladas de productos importados para la red minorista de la zona central del país.

Cuenta además con una infraestructura compuesta por talleres, para el mantenimiento y reparación de las embarcaciones e instalaciones industriales.

Problema Científico:

La sala de máquinas de la Empresa EPICIEN no satisface los requerimientos técnicos de las cámaras frías, no alcanza las temperaturas requeridas y tiene indicadores de consumos energéticos elevados.

Hipótesis:

Un nuevo sistema de compresión de amoníaco, con compresores de tornillo de alta eficiencia, debe posibilitar alcanzar las temperaturas originales de las cámaras frías, con un menor consumo energético por tonelada de productos.

Objetivo general:

Realizar la caracterización energética de la empresa y proponer un nuevo sistema de compresión de mayor eficiencia.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar energéticamente la empresa EPICIEN.
2. Realizar el análisis de factibilidad técnica económica de la sustitución de los compresores de la sala de máquina.

Capítulo I: Estado del Arte.

1.1 Problemas energéticos contemporáneos.

El consumo mundial neto de energía pasará de 13.3 billones de kilowatt hora en 2 001 a 23 billones en el 2 025. Este incremento de 73% en el consumo de energía contrasta con una predicción de crecimiento de la economía mundial de 54% en el mismo periodo.

El año 2003, fue un año que se caracterizó por una gran volatilidad e incertidumbre en los mercados energéticos, situación reflejada principalmente en el incremento en los precios del petróleo los cuales fueron los más altos de los últimos 20 años.

Por otro lado, cabe destacar, que las reservas mundiales de energía continuaron en ascenso y se cuenta con reservas de petróleo para cubrir la demanda actual de energía por 40 años y en gas natural por 60 años. Existen indicios para sostener que los descubrimientos continuarán en los años venideros por lo cual la seguridad energética de los países pasa más por un análisis de la distribución y geopolítica de las mismas que por una escasez en la oferta.

Por su parte la producción mundial de petróleo se vio afectada por acontecimientos ocurridos como la guerra en Irak y el paro petrolero de Venezuela, sin embargo la producción de los demás países de la OPEP contrarrestaron estas disminuciones. Asimismo, la producción de los países no miembros de la OPEP también se incrementó de manera importante, principalmente en Rusia.

Las emisiones de gases invernadero son precisamente las responsables del calentamiento global, de las modificaciones del pH en los océanos y mares del mundo y de otras graves consecuencias. En el campo de la energía tenemos uno de los más penosos ejemplos de los patrones de consumo no sustentable que caracterizan a la sociedad contemporánea.

Finalmente, se espera que en los siguientes años el consumo de energía siga liderizado por la demanda de petróleo aunque seguida muy de cerca por la demanda de gas natural, que pasará a ser el segundo energético más demandado. Para este escenario será determinante el crecimiento de la demanda de gas natural que registre el Asia, continente que guiará la tasa a la cual crezca este mercado.

1.2 Precios del petróleo.

Según la Agencia Internacional de Energía sólo quedan reservas de crudo hasta el año 2 035 pero en el 2 030 las necesidades energéticas mundiales serán más de un 50% a las de hoy.

Simultáneamente entre 2 002 y 2 006 se ha duplicado el precio del petróleo cada dos años. Una subida del precio de un 40 % anual.



Fig.1.1 Comportamiento de los precios del combustible desde el 2 003 hasta el 2 006.

Esta subida de precios se puede explicar por la necesidad de que la demanda deba acomodarse a la producción. Este cambio de pendiente en la producción

explicaría esa subida de precios comentada entre 2002 y 2006, al ser inevitable para obligar al mundo a reducir su aumento de consumo anual. Así hemos visto en noticias como el incremento de demanda de crudo ha bajado de un 5 % anual a un 1,7% aproximadamente.

Con la acomodación del consumo humano a la nueva pendiente de la demanda, ya no es necesario que el precio suba tan rápido. El trabajo de cambio de pendiente ya se ha hecho y ya estamos en la nueva pendiente. Ahora el precio sólo debe subir al ritmo adecuado para obligarnos a no incrementar nuestro consumo más allá de ese 1,7 % anual aproximado. Como podemos ver en los últimos 5 meses el crecimiento del precio del petróleo se ha moderado y ahora se puede decir que sólo sube aun ritmo de un 20 % anual, más o menos. Tal vez este sea el ritmo adecuado de aumento para mantener nuestro crecimiento mundial de demanda de petróleo en la pendiente actual de producción.

Así que la primera previsión es esa. Un aumento de un 20 % anual en el precio del petróleo durante los próximos años. Un crecimiento que puede ser absorbible con relativa facilidad por las economías occidentales sin producir graves crisis económicas.

Pero ahora fijémonos en lo que hay previsto para 2010. Esta es la fecha prevista para el pico de producción mundial de petróleo. Entonces podemos estimar que entre 2008 y 2012 debemos de acomodar el ritmo de crecimiento mundial de consumo de crudo a la nueva pendiente. En este caso la pendiente nueva será negativa y el cambio será aún más brusco que en el periodo 2002-2006. Así que podemos estimar que durante el periodo 2008-2012 o 2013 debemos esperar un nuevo aumento de precios a un ritmo similar al periodo ya vivido, si no mayor, y luego, a partir de 2012 un crecimiento de mantenimiento de pendiente de nuevo de un 20 % anual.

Así podemos hacer una tabla de precios estimados para los próximos años partiendo de ahora, a unos \$65 el barril:

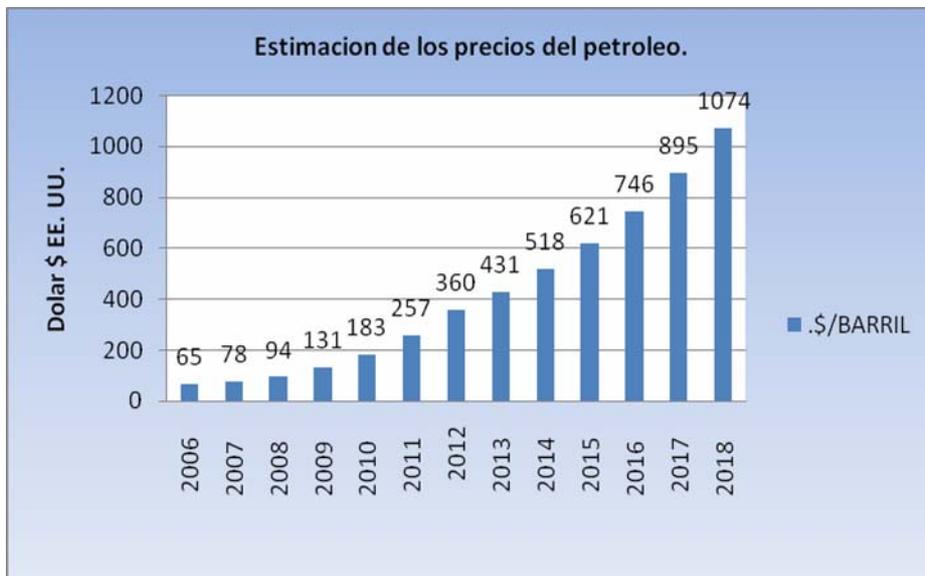


Fig. 1.2 Estimación de los precios del petróleo hasta el año 2 018.

Ahora sólo falta que el mundo y la humanidad se adapte a la situación, acomodándonos a un menor consumo de petróleo año a año.

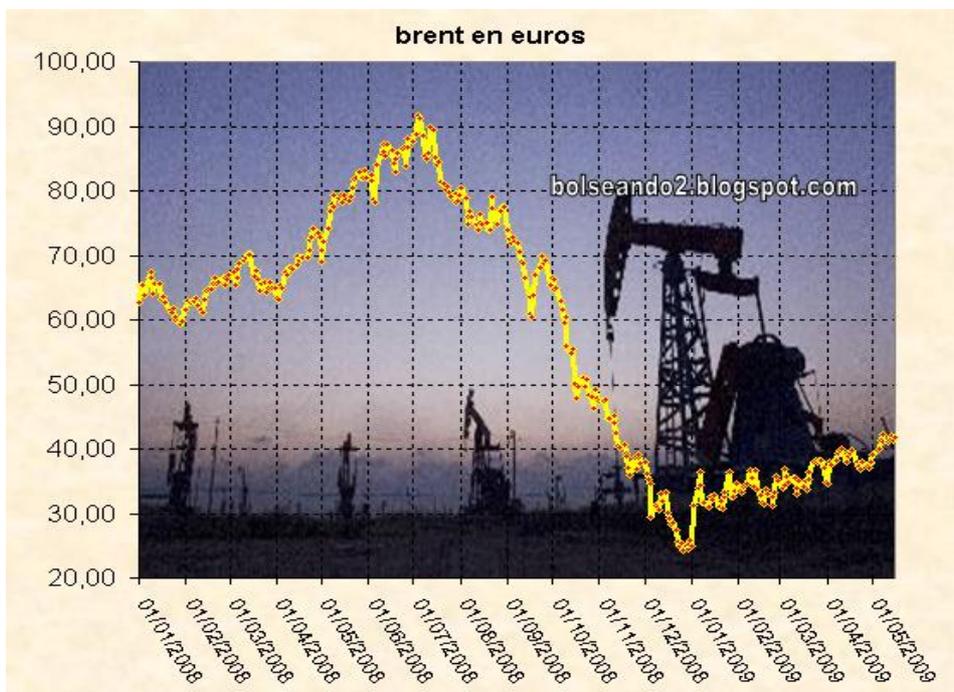


Fig. 1.3 Gráfico del precio del petróleo en euros (actualizado con frecuencia) desde enero de 2008.

1.3 Situación energética del Caribe.

El consumo eléctrico en Latinoamérica y El Caribe, fue de 820,706 GWh, registrando un incremento de 3.6 % con relación al 2002. Esto ratifica las oportunidades para nuevos emprendimientos en el sector eléctrico regional. Resulta que los precios medios de la electricidad en Latinoamérica y El Caribe, incluyendo impuestos, en centavos de dólar por cada kWh resultan de aproximadamente: 8.1 para usuarios comerciales, 4.8 para industriales y 7.7 para residenciales. Las diferencias entre países son grandes, como se puede ver en los análisis por país.

Uno de los aspectos más difíciles de evaluar, por falta de información en muchos países, es la cobertura eléctrica, esto es el porcentaje de viviendas que cuentan con suministro de electricidad. Hay países como Barbados y Costa Rica, que han reportado coberturas del orden de 98 % y otros como Haití, Nicaragua, Honduras y Bolivia, que informan cifras de 34, 55, 62 y 65 %, respectivamente. Más difícil aún, resulta desglosar este indicador para estimar la cobertura eléctrica en los sectores rurales.

Uno de los problemas críticos en muchos países de la región, es el alto nivel de pérdidas de energía eléctrica, pues en conjunto se tiene un 19 %, aproximadamente, que es alto comparado con el valor adecuado del orden de 10 %, que corresponde a pérdidas técnicas inevitables, en líneas, transformadores y otros elementos. Hay países que están por debajo de ese valor referencial y otros que llegan a más de 30 %.

Los precios medios de la electricidad difícilmente comparables entre los países de la región, por la diversidad de esquemas tarifarios, por las tasas de cambio variables y por la creciente participación de autogeneradores, cogeneradores y usuarios no regulados, cuyos precios no siempre son asequibles. Para tener una base de referencia, se han convertido a dólares de Estados Unidos de América los precios medios mensuales reportados en monedas nacionales.

Con esas consideraciones y asumiendo que los precios medios de mayo 2003 son representativos del año, se han aplicado a los consumos anuales de cada país, para poder calcular precios ponderados de la región.

Basándose en las últimas cifras de cobertura disponibles y en la población total de cada país, se ha estimado un número de habitantes por vivienda, con lo cual se concluye que, aproximadamente el 91 % de las viviendas de la región, cuenta con electricidad. Es muy importante que a futuro los países procuren desglosar de mejor manera la cobertura para zonas urbanas y rurales; y, que se consideren las viviendas que se abastecen de electricidad en forma precaria o ilegalmente, pues en esos casos se podría decir que aún requieren inversiones para servirles adecuadamente.

1.4 El papel del ALBA como forma de solución.

En 2001 bajo el liderazgo del gobierno de Chávez, algunos otros gobiernos, sindicatos y movimientos sociales constituyeron un bloque frente al Área de Libre Comercio para las Américas (ALCA) impulsada por Washington. A fines de 2004 se creó una alternativa regional de cooperación comercial bajo el liderazgo de Venezuela.

La ALBA en sus orígenes fue constituida por dos miembros: Venezuela y Cuba. Después se incorporaron Bolivia, Nicaragua, Dominica, Honduras, Antigua y San Vicente. Además participan como Estados observadores Ecuador, Uruguay, y St Kitts quienes quizás serán cabales miembros en el futuro.

La ALBA rechaza el neoliberalismo y el libre mercado y se erige como una guía de principios apuntando a la realización del ambicioso objetivo de promover el comercio y la inversión entre los gobiernos de los Estados miembros, con base en la cooperación, en pos de mejorar la vida de las mayorías y no solamente la obtención de ganancias para los empresarios. Se propone coordinar los esfuerzos de los Estados miembros para proporcionar servicios médicos y de educación gratuitos; integrar sectores energéticos para satisfacer las necesidades de la gente; crear medios de comunicación alternativos para contrarrestar a los medios

estadounidenses y regionales de línea neoliberal y para promover una identidad latinoamericana indígena; asegurar la redistribución de la tierra y la satisfacción de necesidades alimentarias de los Estados miembros; desarrollar las empresas estatales; desarrollar industrias básicas de modo que los Estados miembros de la ALBA puedan llegar a ser económicamente independientes; promover movimientos de trabajadores, estudiantiles y sociales y garantizar que los proyectos de la ALBA sean respetuosos del medio ambiente.

Tampoco es muy difícil entender los beneficios que para Cuba representa el petróleo venezolano después que la URSS se disolvió y Rusia se integró plenamente a las reglas de los mercados petroleros mundiales. El gobierno venezolano le vende petróleo basándose en precios internacionales pero concede a La Habana facilidades y descuentos especiales. Por otro lado Cuba se compromete a pagar un precio inferior tope para compensar la volatilidad del mercado.

El intercambio de petróleo venezolano por servicios médicos y de enseñanza cubanos es parte de la Alternativa Bolivariana para América Latina y El Caribe (ALBA).

El Tratado Energético de la Alba pactado en la V Cumbre de la Alba pretende construir una matriz energética y explotarla con racionalidad, persiguiendo el máximo ahorro, la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes de energías alternativas en cada una de las partes. Para alcanzar esos objetivos, el ALBA se ha dotado de dos herramientas:

1. Una corporación de empresas binacionales de los Estados miembros denominada PETROALBA que pretende participar en la producción de la Faja Petrolífera del Orinoco de Venezuela, y obtener para cada uno de los miembros las reservas de petróleo que les garanticen el suministro energético en los próximos 25 años.

- La exploración y explotación se hará de manera conjunta y con participación de todos. En la medida que se incorporen más países al Bloque de la ALBA, el programa se extenderá para garantizar a los nuevos integrantes las reservas y los beneficios que se derivan de la comercialización a terceros países.
2. Un Acuerdo de Cooperación Energética, bautizado PETROCARIBE, impulsado por el gobierno de Venezuela. Persigue resolver las asimetrías en el acceso a los recursos energéticos mediante un intercambio favorable, equitativo y justo entre los países de la región caribeña (miembros o no del bloque de la ALBA) que se caracteriza por un control estatal deficiente del suministro de esos recursos. Tratará de coordinar y articular políticas de energía (petróleo y sus derivados, gas y electricidad), el uso eficiente de los recursos, la cooperación tecnológica, la capacitación y el desarrollo de infraestructura energética así como el aprovechamiento de fuentes alternas, como la energía eólica y solar, entre otras.
- La iniciativa PETROCARIBE nació el 29 de mayo del 2007 y fue suscrita inicialmente por 14 países: Antigua y Barbuda, Bahamas, Belice, Cuba, Dominica, Granada, Guyana, Jamaica, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam y Venezuela. Cinco meses más tarde, la III Cumbre de PETROCARIBE integró formalmente Haití y Nicaragua.

La experiencia más avanzada en este campo es la nicaragüense. En 2009 Nicaragua importará todo su petróleo de Venezuela en condiciones preferenciales, lo que permitirá al país pagar el 40 por ciento de las importaciones a 25 años de plazo, al uno por ciento de interés y tres años de gracia y, además, utilizar parte de esas importaciones en el financiamiento de proyectos sociales. Hasta hoy, ALBANISA, la empresa mixta venezolano- nicaragüense ha logrado proporcionar derivados del petróleo, a precios inferiores al precio de mercado en varios municipios del país beneficiando a sectores de mayor vulnerabilidad social. También ha abastecido a las plantas generadoras de energía eléctrica para

garantizar operaciones y reducir el déficit heredado de administraciones pasadas, evitando así parcialmente los apagones recurrentes que padecía la capital.

1.5 Importancia de la refrigeración industrial para conservar los alimentos.

La necesidad de incrementar el tiempo de almacenamiento de los alimentos, después de su tratamiento o de su recolección para su distribución a los consumidores, ha fomentado el desarrollo de la industria frigorífica. Aunque la refrigeración se aplica a fines distintos de la conservación de los alimentos, su mayor aplicación está en la prevención o retraso de los cambios microbianos, fisiológicos y químicos de los alimentos.

Incluso a temperaturas próximas al punto de congelación, los alimentos pueden deteriorarse por el crecimiento de microorganismos, por cambios ocasionados por la acción de enzimas o por reacciones químicas. El mantenimiento de los alimentos a bajas temperaturas reduce simplemente la velocidad a que se producen los cambios degenerativos.

Las causas de la descomposición de los productos perecederos (alimenticios) se derivan de la específica composición y estructura de estos artículos. El organismo vivo constituye un completo sistema biológico que se halla en equilibrio dinámico. Cuando dicho sistema se altera (sacrificio, transformación), se inicia inmediatamente el desdoblamiento auto-lítico de sus componentes.

En la descomposición de los productos juegan un papel decisivo las circunstancias que se exponen a continuación:

- La alteración de lo que originariamente era una unidad con vida provoca su inestabilidad química y biológica. Cuanto más avanzado es el grado en que se ve trastornada la unidad biológica primitiva, más complejo resulta el sistema residual.
- Los alimentos constituyen sistemas de sustancias inestables, ricas en energía, que forman complejas estructuras. El aporte de energía al organismo vivo sirve

para la formación de sustancias corporales que permanecen estables merced a un equilibrio dinámico que se establece entre su constante formación y destrucción. Cuando se interrumpe este aporte de energía gobernado biológicamente, se rompe el equilibrio, produciéndose entonces un desdoblamiento continuado hasta sustancias de baja complejidad estructural.

- Los alimentos constituyen, por añadidura, un medio nutritivo muy propicio para los microbios. Al contrario de lo que sucede en las transformaciones fisicoquímicas que se presentan en las condiciones normales de depósito, los gérmenes y sus productos metabólicos son capaces de descomponer por completo los alimentos en breve espacio de tiempo.

Se consideran descompuestos los alimentos como consecuencia de alteraciones químicas, microbiológicas o auto-enzimáticas cuando:

- El consumo de alimento puede provocar daños en la salud del consumidor por productos tóxicos de desdoblamiento.
- Las características organolépticas del alimento están tan desviadas de lo que se entiende por estado óptimo, que su aprovechamiento comercial resulta notablemente restringido o incluso impedido.

Sobre la base de los mencionados procesos de descomposición, todos los métodos de conservación de alimentos fácilmente perecederos pueden fundamentarse en las siguientes medidas:

- Interrupción del crecimiento microbiano, así como reacciones químicas y enzimáticas utilizando bajas temperaturas.
- Destrucción de enzimas y sustancias generadoras de éstos mediante temperaturas elevadas o por la acción de radiaciones.
- Anulación de actividad enzimática y del desarrollo microbiano mediante sustracción de humedad.
- Alargamiento de reacciones químicas sustrayendo aire y oxígeno, y por neutralización de importantes productos de la reacción (mediante antioxidantes).

Las medidas orientadas a conservar la calidad pueden emplearse tanto aisladas como en combinación.

La misión más importante de los métodos que recurren al empleo del frío, como son principalmente todos los sistemas de conservación de alimentos, estriba sobre todo en crear unas condiciones que imposibiliten la multiplicación de los microorganismos, o bien reducir ésta a su mínima expresión, y en segundo lugar en atenuar lo más posible las transformaciones físico-químicas y bioquímicas.

Otras premisas necesarias para que los productos perecederos tratados por el frío exhiban características óptimas de calidad son:

- Una alta calidad inicial.
- Bajas tasas de gérmenes en la superficie.
- Aplicación lo más rápidamente posible de un tratamiento por el frío de acuerdo con los más modernos conocimientos científicos.

Debe señalarse a este respecto que, incluso con un tratamiento óptimo por el frío, la calidad inicial del producto es un punto con influencia decisiva sobre la calidad del producto final, ya que con el tratamiento frigorífico se consigue conservar la calidad, pero en ningún caso se puede mejorar ésta.

La conservación de los alimentos lleva asociado un elevado consumo de energía producto al elevado consumo de elementos de los sistemas de refrigeración como el de los compresores, equipos estos altos consumidores de energía.

Por lo que se hace necesario un adecuado control energético sobre dichos sistemas para reducir al máximo los consumos innecesarios.

1.6 Conclusiones Parciales.

1. Los precios del petróleo han ido incrementándose paulatinamente desde años anteriores hasta la fecha llegando a alcanzar hasta más de 140 dólares el barril. Se estima que este incremento seguirá como tendencia en el mundo.
2. Desde el punto de vista energético los frigoríficos industriales están catalogados como grandes consumidores de energía, fundamentalmente eléctrica. En el contexto cubano estos representan una parte importante de la demanda eléctrica del sector industrial y son objeto de análisis en los estudios de políticas energéticas.
3. Producto de los altos consumos energéticos en la conservación de alimentos se hace necesario ser eficientes en dicho proceso.

CAPITULO II: Caracterización Energética de la UEB (EPICIEN).

2.1 Caracterización general y energética del centro.

La Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, EPICIEN, se dedica a la captura y proceso de especies marinas y acuícola para su comercialización en frontera, exportación y distribución a la canasta básica de la población. Estas actividades principales están apoyadas fundamentalmente para mantener una flota de embarcaciones para la pesca del camarón , otra para la escama y embarcaciones para las capturas acuícola, una industria en el mar y otra en tierra para procesar todos estos productos, una infraestructura compuesta por talleres, fabrica de hielo reparación de las embarcaciones, mantenimiento fresco de los productos y el mantenimiento congelado del producto terminado tanto en la industria como en el frigorífico, este con capacidad para almacenar algo más de 3 500 toneladas de productos importados para la red minorista de la zona central del país.

Para todas estas actividades se necesitan contar con portadores energéticos tales como gasolina, diesel y electricidad que por sus volúmenes son de mucha importancia tenerlos controlados para evitar su despilfarro.



Fig. 2.1 Vista superior 1 de la UEB Epicien.



Fig. 2.2 Vista superior 2 de la UEB Epicien.

2.2 Cronología de los eventos más significativos del centro.

La EPICIEN se ubica en la parte norte de la ciudad de Cienfuegos. Al triunfo de la Revolución esta parte estaba cubierta de agua, mangles y montes.

Una vez consolidado el triunfo de la Revolución, el gobierno se dio a la tarea de desarrollar la Industria Pesquera y se acordó construir la Red Frigorífica del Sur, que estaría formada por varios puertos pesqueros que se encargarían de abastecer de hielo a los barcos pesqueros de la Plataforma, la Flota Camaronera y los barcos, que se comprarían en España y Francia.

En 1972, se comienzan a realizar los trabajos de dragados y movimiento de tierra en general en Cienfuegos. Y en abril de 1976 se terminaron los trabajos de construcción y montaje, con la puesta en marcha de la Planta de Hielo y el Frigorífico. Al principio el Puerto Pesquero de Cienfuegos, que fue como se le denominó, comenzó a funcionar como una Empresa de Servicios, compraba materia prima a la Flota Camaronera de Cienfuegos, la que elaboraba y envasaba para la exportación, a través de la Empresa Exportadora del Caribe.

Atendiendo a la nueva estructura económica organizativa y por decisión del Instituto Nacional de la Pesca, para explotar mejor el Puerto Pesquero, se unificaron en enero de 1977, la Flota Camaronera de Cienfuegos, la Cooperativa de Pesca "Dionisio San Román", y el Puerto Pesquero de Cienfuegos, para conformar el Combinado Pesquero Industrial de Cienfuegos. Los principales ingresos se obtenían por la extracción y elaboración del camarón, renglón de exportación, que ingresa divisas para el país. Además se elaboran pescados, y otros productos marinos. La materia prima fue fundamentalmente de la zona de Caballones, al Sur de la provincia de Camaguey y una pequeña cantidad de la bahía de Cienfuegos. En esos momentos se contaba con una fuerza laboral de 1300 trabajadores.

En 1980, se une al Combinado Pesquero Industrial de Cienfuegos, la Flota Camaronera del Mariel, incrementándose la fuerza de trabajo a 1733 trabajadores,

distribuidos en las áreas de Camarón y Escamas, en el mar y las áreas de Industria, Técnico Naval, Planta ahumados y Administración.

En el año 1996, se constituye la Asociación Pesquera PESCACIEN, a solicitud del Ministro de la Industria Pesquera, para reorganizar el sistema y transformarlo, se crea por la unión de varias empresas:

En su estructura orgánica la Asociación para desarrollar las actividades de extracción y procesamiento industrial de la pesca, la acuicultura, la camaronicultura, reparaciones, servicios técnicos, suministros navales, distribución mayorista de los productos de la pesca se asesora de una oficina jurídica, cuenta con varias vice-direcciones y grupos de aseguramiento subordinados a ella y está presidida por su Director General. Además se constituyeron Organizaciones Económicas Estatales (OEE).

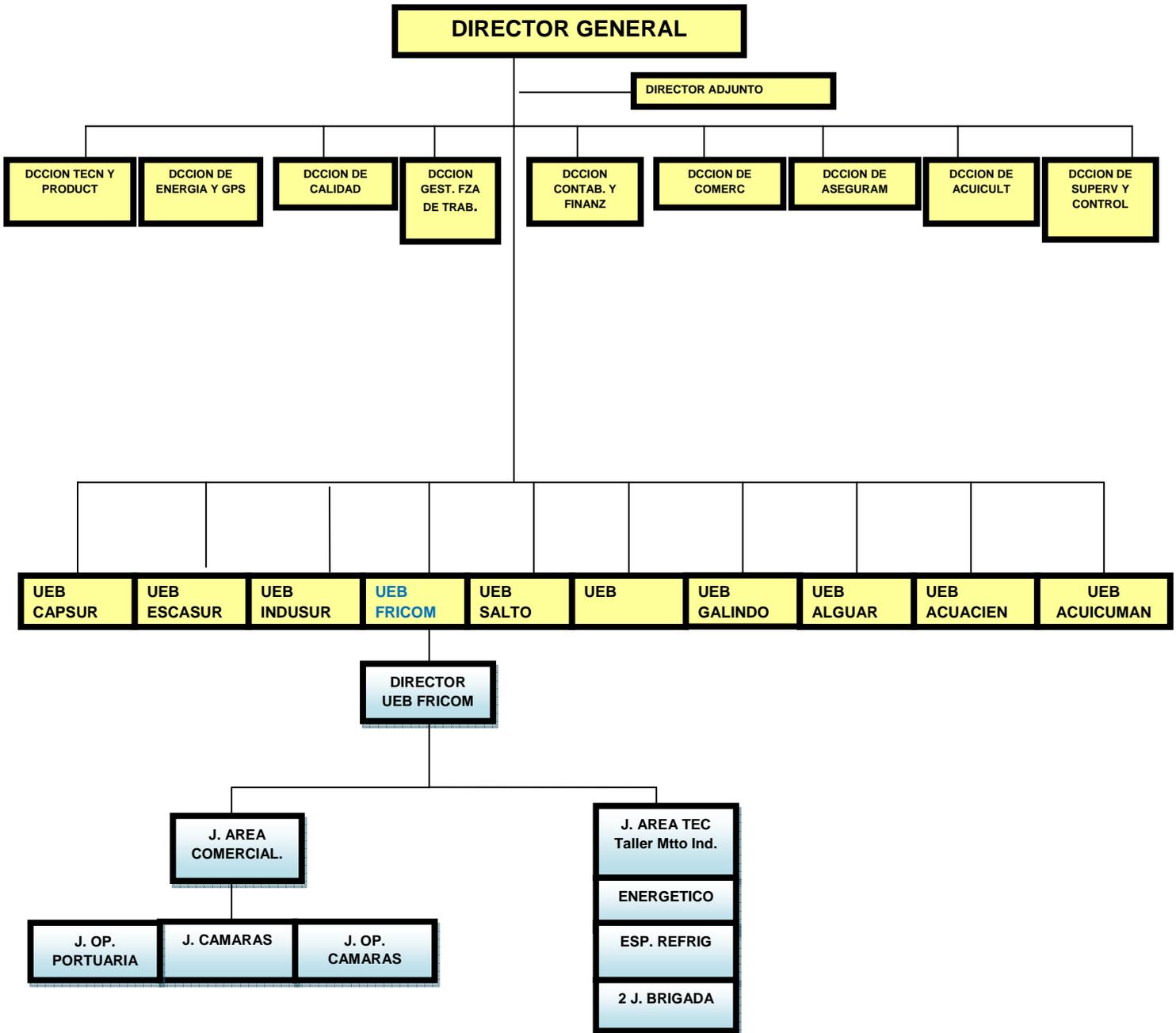
En el año 2001, se extingue la Asociación Pesquera PESCACIEN, por la Res 293/01 del Ministro de la Industria Pesquera y se crean varias Empresas entre ellas la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, mediante la Res 295/01 del Ministro de la Industria Pesquera, la cual estaba conformada por 4 Unidades Empresariales de Base: las UEB CAPSUR, ESCASUR, INDUSUR, y PROVEJAGUA y 6 Direcciones: la Dirección General, la Dirección de Supervisión y Control, la Dirección de Contabilidad y Finanzas, la Dirección de Gestión de la Fuerza de Trabajo, la Dirección de Producción, Industria y Calidad, y la Dirección de Tecnología y Desarrollo.

A partir de ese año con la nueva estructura y dirección de la Empresa se comenzó a trabajar por la implantación del Perfeccionamiento Empresarial, hecho que se hizo realidad en junio del presente año 2003, con la aprobación del Expediente, mediante el Acuerdo No 4839 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros. La estructura de la Empresa se modificó, se crearon dos nuevas Unidades Empresariales de Base: las UEB CONTSUR y FRICOM y se eliminó la Dirección de Producción, Industria y Calidad, pasando esta actividad a formar parte de un grupo de trabajo subordinado al Director General de la Empresa. En el año 2005

se creó la UEB SERCOSUR (servicios de comedor y cafetería) y volvió a crearse la Dirección de Industria, Calidad y Comercialización.

En el presente año 2009 se realiza una nueva reorganización y en el mes de Abril se fusionan la Empresa Pesquera Industrial (EPICIEN) y la Empresa Pesquera (PESCACIEN) esta última cuya finalidad era el cultivo, captura y comercialización de especies acuícola así como la distribución a la población y organismos de sus productos y la canasta básica, y se constituye en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN).

2.3 Esquema general de la empresa Epicien.



2.4 Distribución y orden de EPICIEN.

La industria de proceso trabaja en horario diurno. La producción de frío se mantiene las 24 horas.

Composición por categoría ocupacional y edades					
	Total	Menores de 30 años	De 30 a 50 años	De 50 a 60 años	Mayores de 60 años
Total de trabajadores	1162	138	670	320	34
Obreros	846	11	762	39	34
Técnicos	179	25	139	15	
Directivos	137		122	15	

2.5 Sistemas más representativos en el consumo de portadores energéticos.

En el consumo de Diesel las áreas más representativas son las flotas camaronera y escamera.

En el consumo de Energía Eléctrica la EPICIEN 1 consume el 72,7 % y la EPICIEN 2 el 27,3 % del total (1150,8 MWh). La EPICIEN 1 consume más del 95 % de esa energía en la producción de frío, específicamente los compresores representan el 71 % de ese consumo. La EPICIEN 2 consume poco más del 40 % en la Planta de Conformado y la Planta de Hielo, el resto se distribuye entre edificio administrativo, talleres, etc.

2.6 Diagnóstico energético preliminar (Epicien 1).

Diesel:

- No existe exactitud en el despacho ya que el metro contador utilizado, tiene una diferencia o error de lectura aunque el mismo esta verificado conociendo el error se hizo una tabla de correcciones.

- No existe correspondencia entre el combustible físico en los tanques y el de las tablas de aforo ya que las sondas en unos difiere respecto a otros.
- Actualizar semestralmente los índices de consumo prácticos del transporte automotor y embarcaciones.
- Los planes técnico-económicos están creados a partir de valores y no de índices de consumo
- No ha sido posible delimitar el combustible de traslado del de arrastre mientras los barcos desarrollan su faena de pesca.

Gasolina:

- El consumo es poco y esta respaldado por KM recorridos

Energía Eléctrica:

Es el portador principal en importancia en el orden del consumo.

- No se encuentran metradas de forma independiente las diferentes áreas de la empresa.
- Existen pérdidas por descongelación de hielo por las malas condiciones de insulacion de los silos (1/3 de la energía consumida en producir hielo se pierden).
- Existen entre 150 a 200 metros de tuberías sin insular y en mal estado que provocan considerables pérdidas en el sistema.
- Gases calientes que entran a los compresores y que provocan un sobre consumo por ineficiencia en el trabajo que realiza.
- Consumo de otra empresa a costa de nuestro plan y financiamiento.
- Siete viviendas en el hotelito conectadas a la red de la empresa.
- Cámaras con deficiencias en su hermeticidad.
- Cámaras de mantenimiento congelado utilizadas como cámara de materias primas.
- Transformadores sobredimensionados que aumentan las pérdidas de transformación.

2.7 Gastos de la empresa Epicien 1.



Fig. 2.3 Gastos de la empresa en el año 2 007.

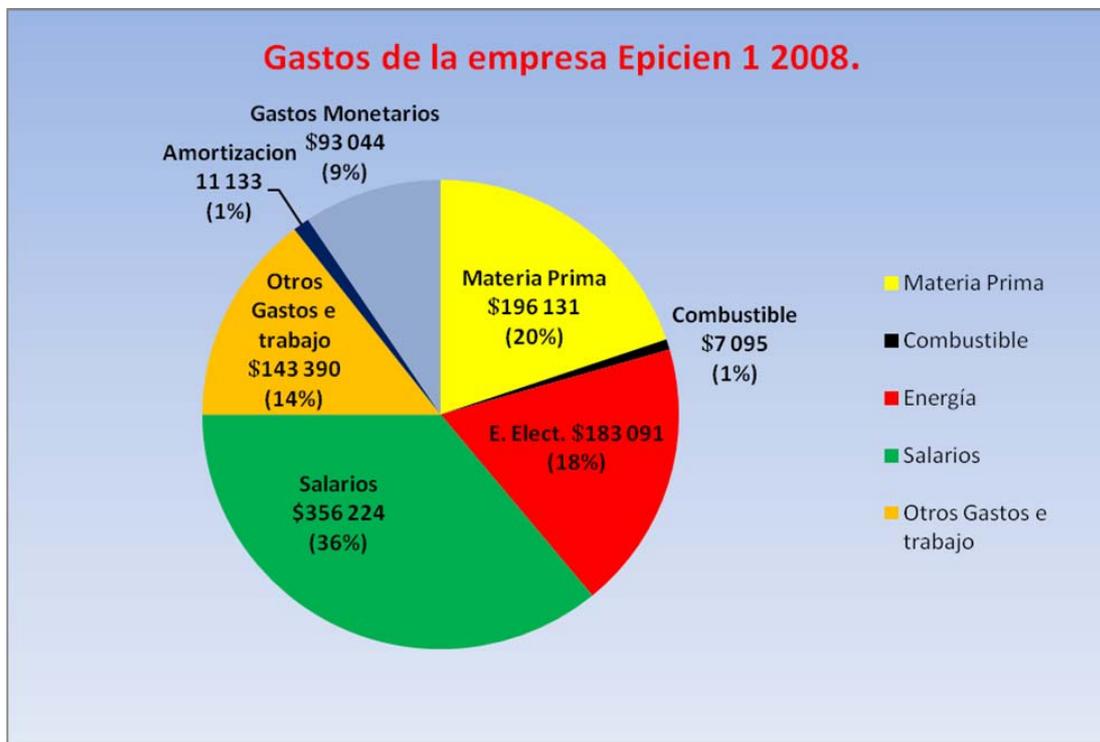


Fig. 2.4 Gastos de la empresa en el año 2 008.

En las figuras 2.3 y 2.4 se presentan los gastos monetarios de la empresa Epicien donde se puede observar que el consumo de energía esta en el orden del 18 % de un total de 990 108 pesos. Hay que tener en cuenta que esta energía el país la paga en divisa por lo que este porcentaje puede llegar a ser elevado. Con un costo actual de 0.05 USD/kWh y un consumo anual de 2351.98 MWh podemos estar hablando de 117 599 USD.

2.8 Diagramas energéticos de la UEB (Epicien).

2.8.1 Diagrama de Pareto.

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total.

El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Utilidad del diagrama de Pareto.

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, pérdidas energéticas o los costos energéticos.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

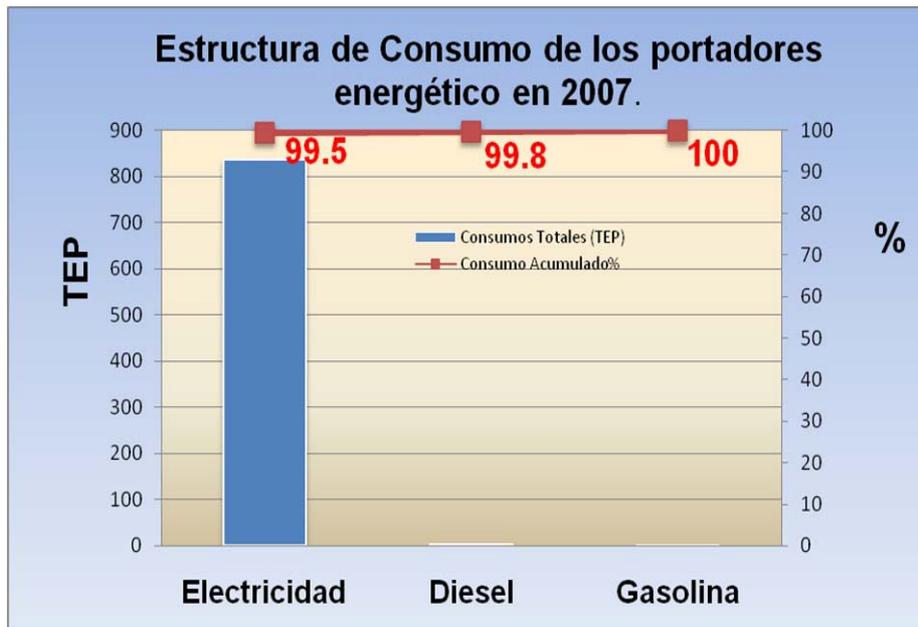


Fig. 2.5 Portadores energéticos de la empresa en el año 2 007 (TEP).

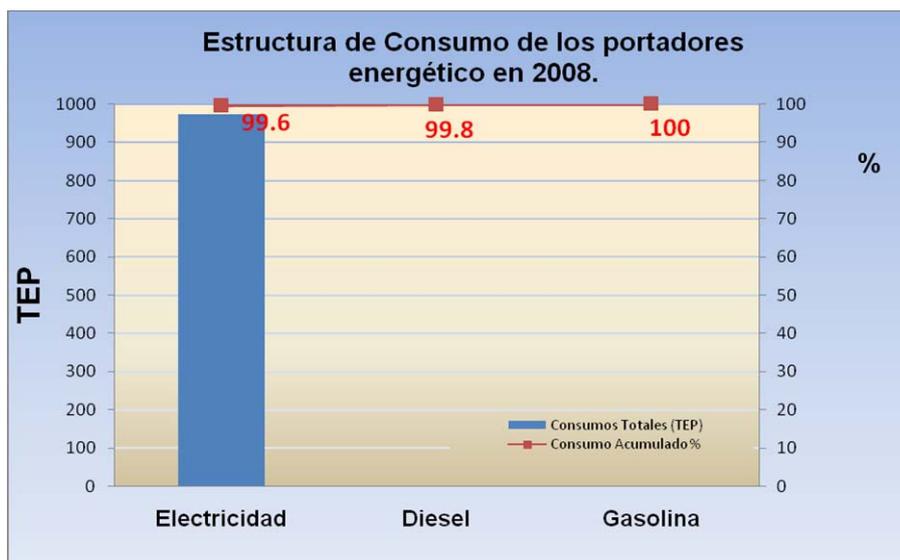


Fig. 2.6 Portadores enrgeticos de la empresa en el año 2 008 (TEP).

En las fig. 2.5 y 2.6 se observa que de los portadores energéticos de la empresa la energía eléctrica constituye el mayor porcentaje de consumo con un 99.5 % y un 99.6 % del mismo respectivamente.

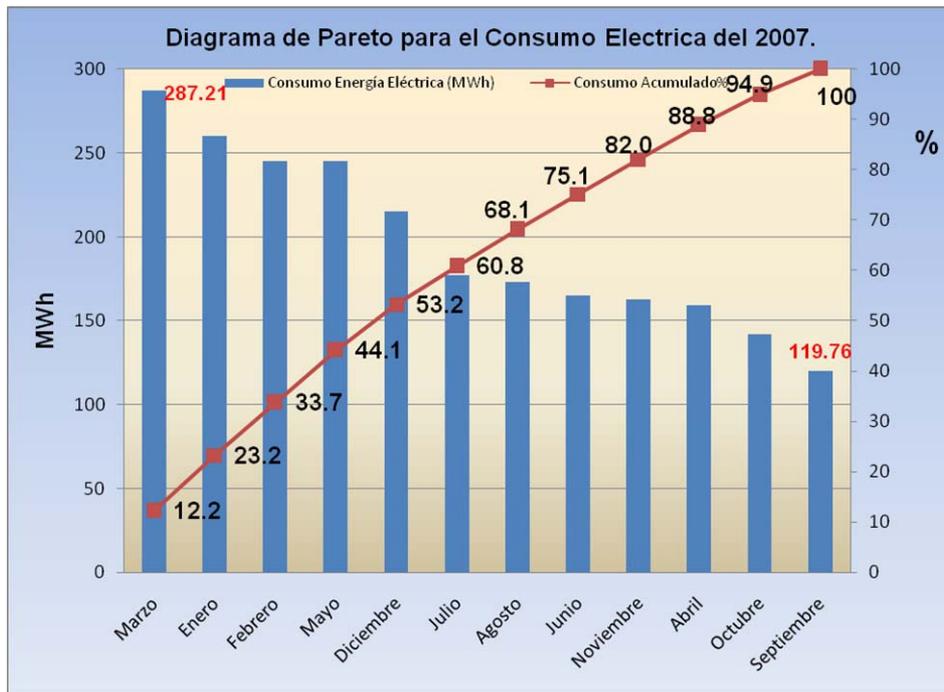


Fig. 2.7 Diagrama de Pareto para el consumo de energía eléctrica en el año 2007.

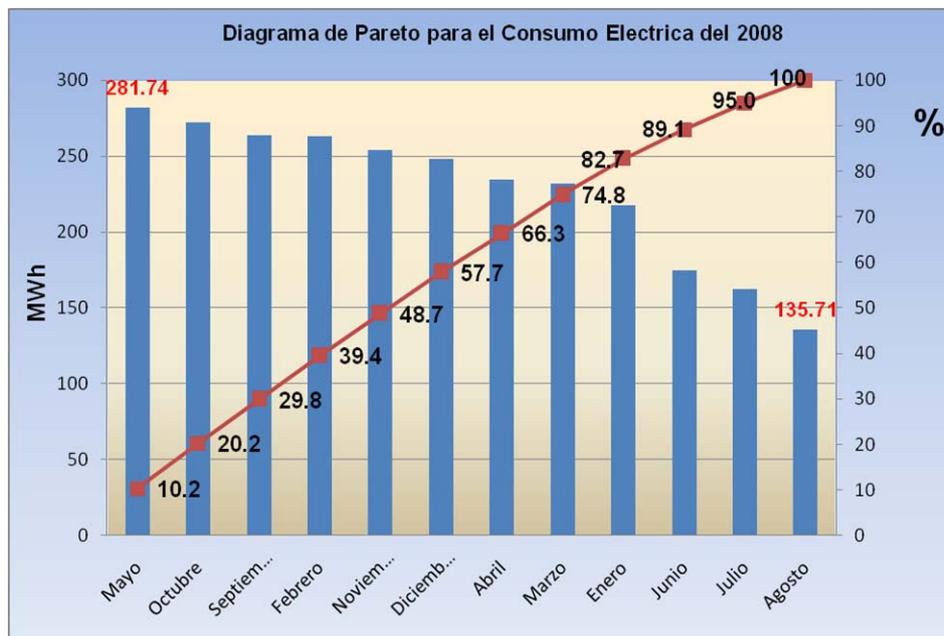


Fig. 2.8 Diagrama de Pareto para el consumo de energía eléctrica en el año 2008.

En las fig. 2.7 y 2.8 se observa que los meses más consumidores son los de primavera e invierno, esto se debe a que las capturas de peces y por tanto las toneladas procesadas y refrigeradas son mayores en estas épocas del año. Sin descartar que en los meses de verano ha habido percances en la fábrica y que el consumo aumenta a causa del aumento de las temperaturas ambientales.

2.8.2 Gráficos de control.

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

El gráfico consta de la línea central y las líneas límites de control. Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso.

Utilidad de los gráficos de Control.

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

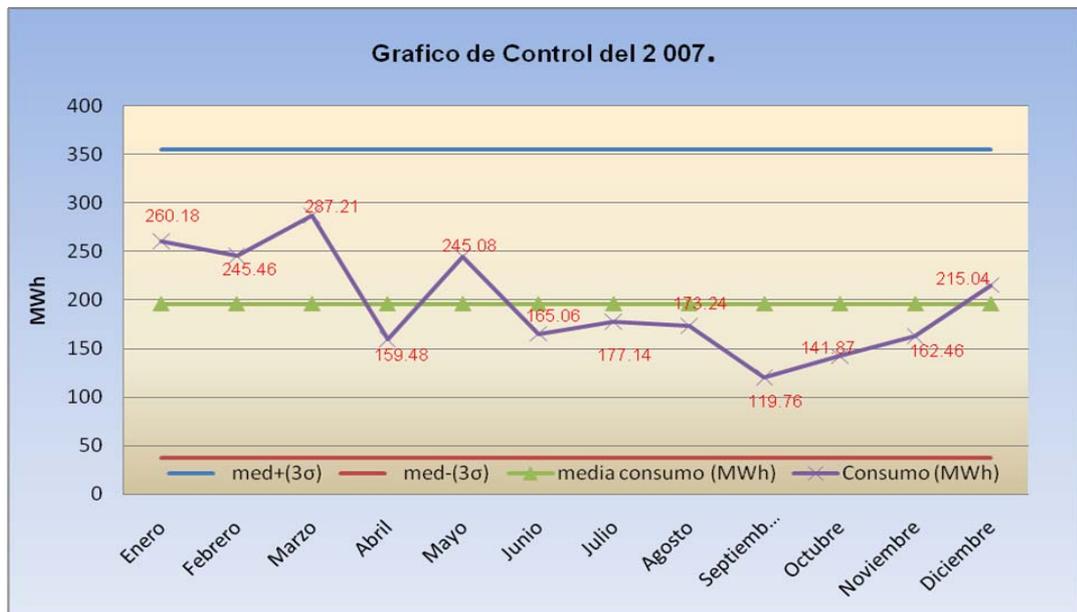


Fig. 2.9 Gráfico de control para el año 2007.

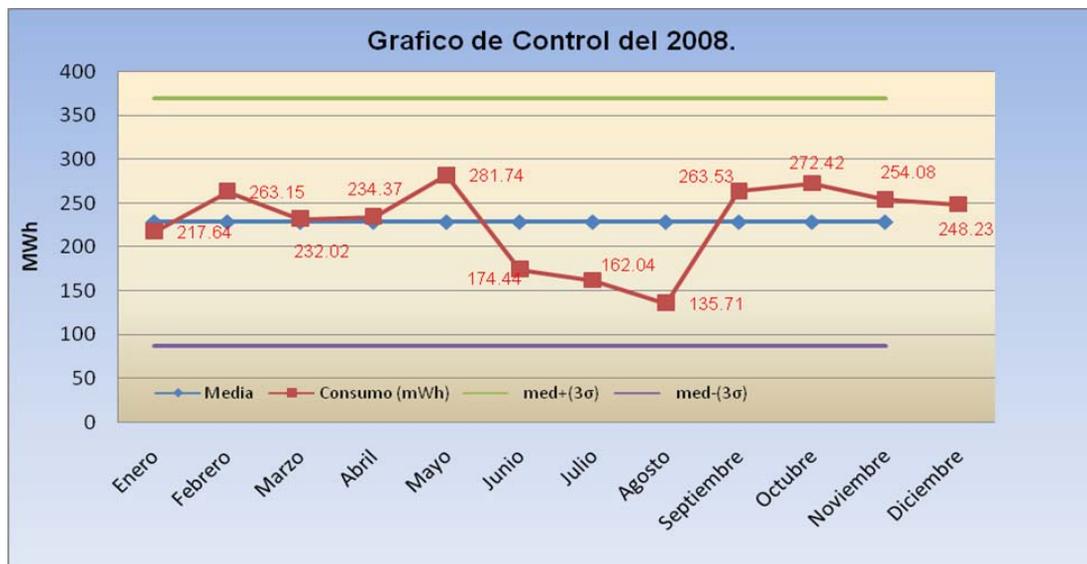


Figura 2.10 Gráfico de control para el año 2008.

En las fig. 2.9 y 2.10 se evidencia que el proceso es estable porque no hay puntos fuera de los límites de control.

2.8.3- Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T).

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

Utilidad de los gráficos E-P vs. T.

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

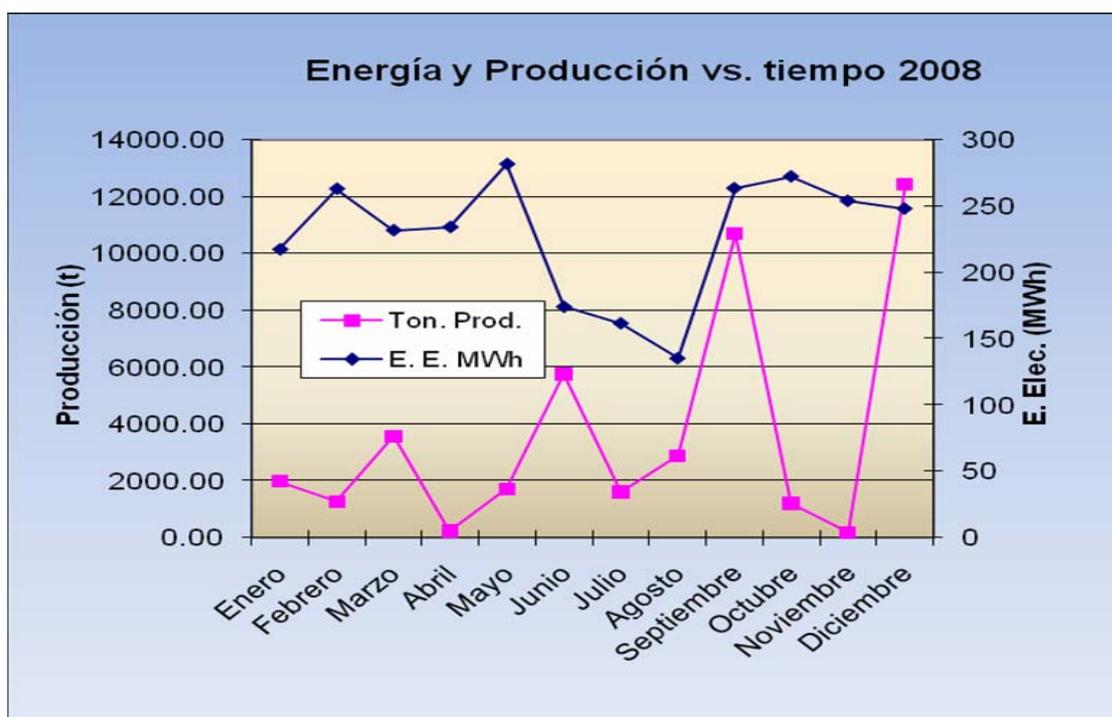


Fig. 2.9 Gráfico de Producción- Consumo vs. Tiempo para el año 2008.

En la fig. 2.9 se observan anomalías en el gráfico de producción y consumo de energía en el tiempo destacándose que en el periodo de enero a febrero hay un aumento del consumo de electricidad y sin embargo una disminución de la producción. Sin embargo en el periodo de febrero – marzo aumenta la producción y disminuye el consumo de electricidad. En el período abril – mayo también

aumenta la producción y el consumo de electricidad disminuye. Otro período a destacar es el de septiembre – octubre en el que se muestra una disminución elevada de la producción con un aumento en el consumo de energía.

2.8.4-Diagramas de Consumo – Producción (E vs. P)

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso.

Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Por ejemplo: una fábrica de helados graficará el consumo de combustible o electricidad versus las toneladas de helados producidas, mientras que en un hotel turístico se puede graficar el consumo de electricidad o de gas versus con los cuartos ocupados.

En el caso del frigorífico la producción se entiende como cantidad de productos almacenados en el periodo de tiempo considerado, expresadas en toneladas métricas (T).

Utilidad de los Diagramas E vs. P.

- Determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a las variaciones de la producción.
- Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.
- Establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.
- Identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción.

- Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

2.8.5-Controles históricos de consumo energético y carga en toneladas de producto de las cámaras frías.

Producciones principales de Epicien 1.

- Frío
- Hielo
- Alimento para la población

Tabla 1. Registros históricos de producción y energía en el año 2 007.

2007		
EPICIEN 1		
Meses	Consumo Energía Eléctrica (MWh)	Carga Manipulada (ton)
Enero	260.18	84.1
Febrero	245.46	2564.8
Marzo	287.21	1303.3
Abril	159.48	348.3
Mayo	245.08	1943.1
Junio	165.06	285.8
Julio	177.14	1664.6
Agosto	173.24	307.6
Septiembre	119.76	3393.4
Octubre	141.87	895.6
Noviembre	162.46	2355.5
Diciembre	215.04	14708.0
Total	2351.98	29854.1

Tabla 2. Registros históricos de producción y energía en el año 2 008.

2008		
EPICIEN 1		
Meses	Consumo Energía Eléctrica (MWh)	Carga Manipulada (ton)
Enero	217.64	1993.0
Febrero	263.15	1282.9
Marzo	232.02	3585.3
Abril	234.37	247.5
Mayo	281.74	1729.7
Junio	174.44	5765.7
Julio	162.04	1612.1
Agosto	135.71	2897.2
Septiembre	263.53	10706.5
Octubre	272.42	1211.7
Noviembre	254.08	198.4
Diciembre	248.23	12430.3
Total	2739.37	14423.3

Utilizando los datos del Epicien 1 del año 2008 ejemplificaremos este diagrama.

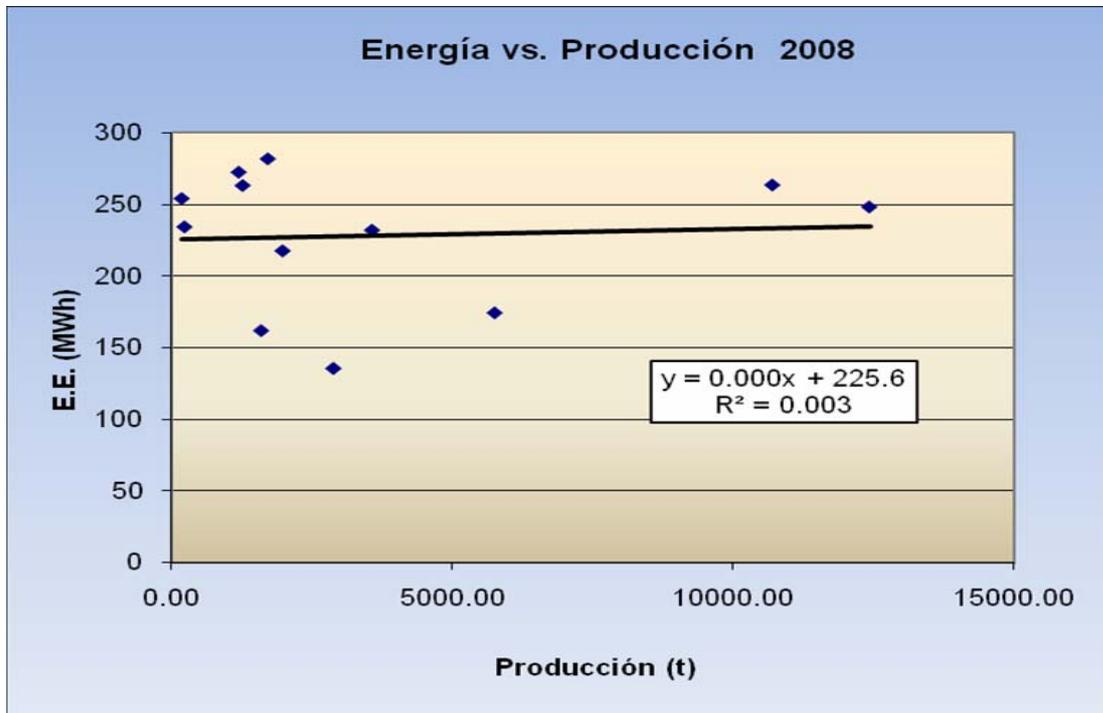


Figura 2.10 Gráfico de Consumo vs Producción para el año 2008.

Como se observa no existe una buena correlación estadística entre la producción y el consumo de energía eléctrica. La literatura y la experiencia acumulada en los trabajos realizados indican que se pueden considerar adecuados, a los efectos de estos análisis energéticos, valores del coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,75$.

Las causas más frecuentes de la baja correlación entre energía y producción son las siguientes:

- Existen errores en la medición o captación de los datos primarios o en su procesamiento.
- Pobre disciplina tecnológica. El consumo de energía en la empresa no es controlado adecuadamente y las prácticas de operación y mantenimiento están pobremente definidas. No hay estabilidad en los procesos productivos o de servicios.

- Existe producción en proceso que ha consumido energía y esta no ha sido considerada.
- La estructura de producción incluye productos con diferentes requerimientos energéticos.

En el caso del frigorífico se identifica como causas principales de este problema la primera y la tercera causa descritas en el párrafo anterior, es decir, en la empresa no hay un adecuado control en la recolección y en el procesamiento de la información y existe producción que no ha sido considerada evidenciado por la no existencia en el 2 008 de las toneladas de hielo producidas, proceso que consume energía eléctrica.

2.8.5 Gráfico de Índice de Consumo vs. Producción en el tiempo.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación, $E = m.P + E_0$, con un nivel de correlación significativo.

La expresión de la función $IC = f(P)$ se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m.P + E_0$$

$$IC = E/P = m + E_0/P$$

$$IC = m + E_0/P$$

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión $E = f(p)$.

Muchas empresas utilicé esa técnica para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores.

Valores de IC por debajo de la curva que representa el comportamiento del índice durante el periodo de referencia comparativa, indican un incremento de eficiencia del proceso; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de

consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción.

Utilidad del Diagrama IC vs. P

- Establecer metas de índices de consumos en función de una producción planificada por las condiciones de mercado.
- Evaluar el comportamiento de la eficiencia energética de la empresa en un período dado.
- Determinar el punto crítico de producción de la empresa o de productividad de un equipo y planificar estos indicadores en las zonas de alta eficiencia energética.
- Determinar factores que influyen en las variaciones del índice de consumo a nivel de empresa, área o equipo.

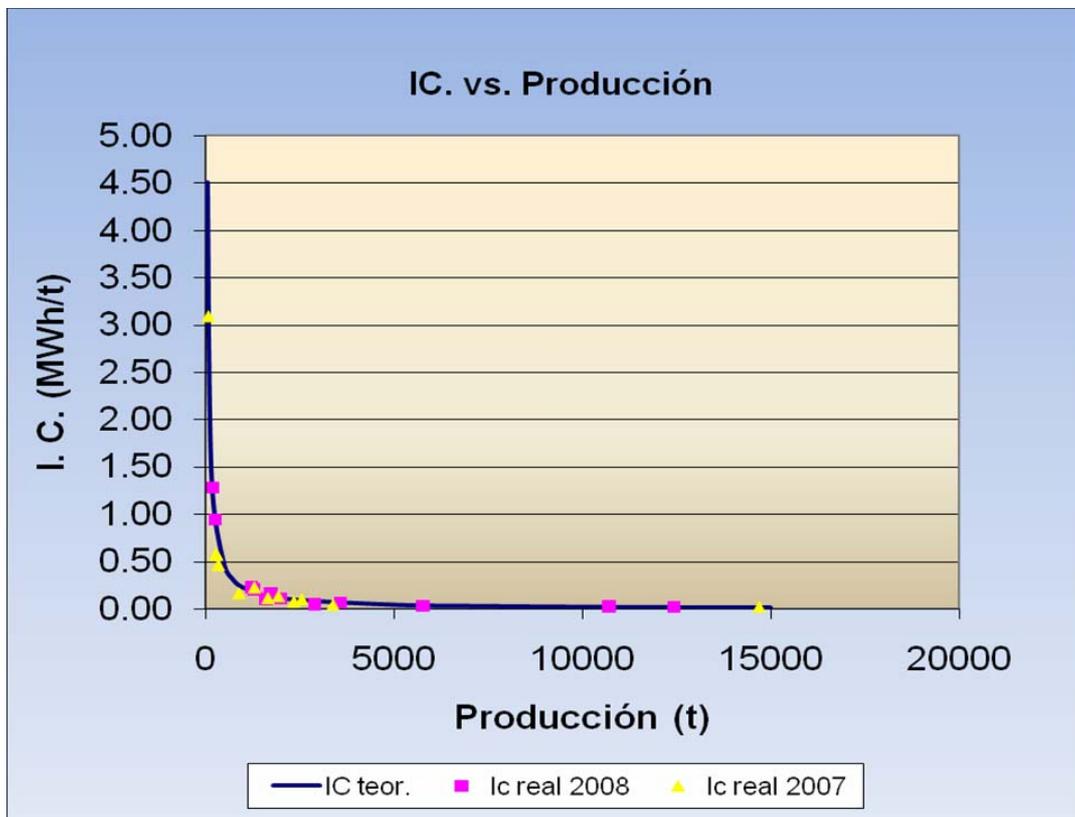


Figura 2.11 Gráfico de índice de consumo vs. producción para el año 2008.

En la fig. 2.11 se evidencia que los puntos de índice de consumo real de los años 2 007 y 2 008 están sobre la línea o por debajo de ella lo que quiere decir que se mantiene el mismo consumo de energía eléctrica para una misma producción, lo que resulta aceptable. Con la ayuda de este gráfico podemos constatar si la energía eléctrica consumida para producir una determinada cantidad de toneladas es aceptable o no de acuerdo a los consumos históricos de la empresa para producir esa cantidad. Nos indica si se esta produciendo con eficiencia (puntos por debajo) o con ineficiencia (puntos por arriba).

Conclusiones Parciales:

1. La empresa Epicien es una alta consumidora de energía con valores anuales de consumo de 2 351.98 MWh y 2 739.37 MWh para los años 2 007 y 2 008 respectivamente.
2. En el diagnóstico energético hecho a la empresa se evidencian los siguientes problemas:
 - De los portadores energéticos de la empresa la energía eléctrica es la que se consume en mayor grado con más de un 99 %.
 - Con el gráfico de consumo y producción en el tiempo (fig.2.9) se detectaron una serie de anomalías en la empresa como en el período abril – mayo que aumenta la producción y el consumo de electricidad disminuye.
 - En el gráfico de consumo vs. producción (fig. 2.10) se evidenció la mala correlación existente entre el consumo y la producción asociada a el mismo, con un nivel de correlación de un $R^2 = 0.003$, producto de la falta de veracidad en la recolección de la información.
3. Se hace necesario tomar medidas energéticas con el sistema de refrigeración el cual es el mayor consumidor de energía de la empresa.

Capítulo III. Estudio del sistema de refrigeración de Epicien.

3.1. Situación actual del consumo energético y estado de los compresores.

La empresa Epicien presenta un elevado consumo de portadores energéticos y como se aprecia en la figura 2,5, el 99,6% de este consumo corresponde a la energía eléctrica.

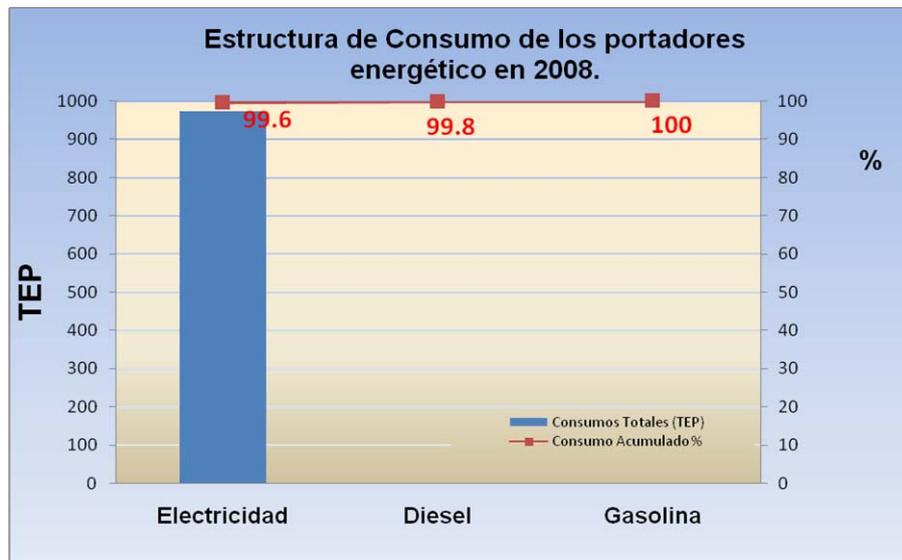


Fig. 2.6 Portadores energéticos de la empresa en el año 2008 (TEP). (Repetida)

El elevado consumo de energía eléctrica está dado en el funcionamiento de las siete cámaras de refrigeración de la entidad que hoy satisfacen sus cargas frigoríficas a partir del funcionamiento de una estación de compresores de amoníaco del tipo recíprocante (ver figuras 3.1 y 3.2).

La empresa cuenta para la congelación de los alimentos (pescado y carnes) con 14 compresores recíprocantes de amoníaco SABROE-ATLAS de simple efecto, tipo SMC 8-180 cada uno directamente acoplado a un electromotor. La potencia frigorífica de cada uno es de 111,500 Kcal./h (466828.2 kJ/h) trabajando a una frecuencia de 720 r.p.m. La instalación cuenta además con dos bombas de

amoniaco del tipo NCP 3 -160 para el bombeo de refrigerante y dos bombas de agua con capacidad de 100 l/min.

En la sala de maquinas están instalados además los siguientes accesorios:

1. Dos recibidores de circulación de 7m^3 c/u de capacidad donde se almacena el refrigerante que se bombeará a las cámaras.
2. Dos recibidores lineales de $3,5\text{ m}^3$ c/u. de líquido condensado que acumulan el refrigerante procedente de los condensadores y los distribuye según la demanda de nivel de líquido en los recibidores de circulación automáticamente, o directamente a las cámaras por un mecanismo de emergencia, Separador de aceites general del tipo SA-300 para todo el sistema de tuberías compresor-condensador situado en la línea de descarga. .
3. Colector de aceite general del sistema que incluye la parte de alta presión; el aceite llega a él al drenar el separador de aceite, los tanques de circulación y los recibidores lineales de líquido.
4. Dos purgadores de aire instalados sobre los recibidores horizontales de $3,5\text{ m}^3$ cuyo fin es purgar el aire y gases incondensables de la parte superior de los recibidores lineales.
5. Dos bombas de amoniaco NCP 3-160 para el bombeo de refrigerante
6. Dos bombas de agua con capacidad 100 l/min.

También en la Sala de Máquinas se encuentra un Tanque de Lubricación o de Restitución de Aceite el cual de forma semiautomática completa el aceite de los compresores. En el área exterior se encuentra el cuarto de tratamiento de agua, en la cual se tratan permanentemente las aguas que se utilizan con fines industriales (condensador evaporativo y los sistemas de enfriamiento de compresores etc.)

De los compresores solamente están en funcionamiento tres para el servicio de las siete cámaras de refrigeración.



Fig. 3.1. Compresor recíprocante. Sistema de refrigeración de la Empresa Epicien.



Fig. 3.2 Vista lateral compresor recíprocante de la empresa Epicien.

3.2 .Características de las cámaras de refrigeración de la Empresa Epicien.

El frigorífico cuenta con 7 cámaras con dimensiones 24 x 24 x 6m. Cada cámara de mantenimiento de congelado tiene una capacidad de almacenaje de 500 T.m. La capacidad de almacenaje de cada cámara considera el 75% de área total de la misma. La altura de la estiba puede ser hasta 3.00 m.

La puerta de corredera tiene una dimensión interna de 1800 x 2200mm. (Ver figura 3.3).

El enfriamiento en las neveras es por los sistemas de convección utilizando juego de baterías colgado de techo o la pared. Las baterías irán a una altura no menor de 5,0 m. del nivel del piso. (Ver figura 3.4)



Fig. 3.3. Puerta de la cámara fría N° 15.



Fig. 3.4. Interior de la cámara frigorífica mostrando la colocación de las baterías.

Detalles constructivos de las cámaras frigoríficas:

Los techos y paredes están formados por capas de asfalto fluido frío; asfalto fluido caliente y polystyrol, montado en 2 capas por lo menos, en asfalto caliente y asegurado mediante listones acopillados de $\frac{1}{2}$ pulgada x 2 pulgadas por cada 50cm en una dirección.

Las Paredes se construyen como los techos, pero sin listones. En cambio están montadas tres filas horizontales de alambres de retención para fijación de reforzamientos de enlucido de cemento.

3.3. Evaluación del estado energético de funcionamiento de la instalación de refrigeración existente.

3.3.1. Calculo de capacidad de refrigeración de las cámaras.

El cálculo de la capacidad de refrigeración de las mercancías se determina según la ecuación 3.1

$$H = WS (t_2 - t_1) \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

H = número de Btu de efecto de refrigeración requerido

W= peso de la mercancía almacenada

S = peso específico de la mercancía almacenada

t₁= temperatura de la mercancía cuando se pone a almacenar

t₂= temperatura del cuarto frío de almacenamiento

De la tabla (3.1) se toma los valores del calor específico del producto arriba del punto de congelación, y la diferencia de temperatura entre la mercancía y el cuarto frío. Sustituyendo los valores en la fórmula (Ec.3.1) y dividiendo entre 288 000 Btu /tonelada de refrigeración se obtiene la capacidad de refrigeración de las cámaras.

La tabla 3.1 da las propiedades de mercancía percederas necesarias para calcular la carga de refrigeración de las cámaras.

Tabla 3.1 PROPIEDADES DE MERCANCÍA PERECEDERAS NECESARIAS PARA CALCULAR LA REFRIGERACIÓN.

Mercancía o producto	Agua (%)	Calor específico arriba del pto de congelación Btu/(lb*F°)	Calor específico abajo del pto de congelación Btu/(lb*F°)	Calor Latente	Rango de temperaturas de almacenamiento, F°
Manzanas	84	0.90	0.49	122	35-40
Albaricoques	85	-	-	-	35-40
Plátanos	75	0.90	-	-	55-56
Naranjas	-	0.90	0.47	124	40-45
Verduras	89av.	0.90	0.45	130	40-45
Apios	94	0.91	0.46	136	32-34
Zanahorias	86	0.86	0.45	126	35-38
Tocino	20	0.50	0.30	28	30-32
Carne de res	72	0.77	0.41	102	30-35
Carnero	67	0.67	0.30	95	28-30
Puerco(fresco)	46	0.68	0.38	86	30-32
Aves	60	0.80	0.42	85	15-20
Pescado(cong)	74	0.75	0.40	101	5-15
Mantequilla	-	0.64	0.34	15	15

$$H = WS (t_2 - t_1)$$

$$H = 3500 T_m \times 2200 \frac{\text{lb}}{T_m} \times 0.75 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times ^\circ F \times (95 - 5)^\circ F =$$

$$H = 519.750,000 \text{ Btu.}$$

$$Q_{\text{camara}} = \frac{519.750,000 \text{ Btu.}}{288,000 \frac{\text{Btu}}{\text{TR}}} = 1804 \text{ TR}$$

$$Q_{\text{camara}} = 1804 \text{ TR} \times 1.1 = 1984.4 \approx 2000 \text{ TR}$$

3.3.2. Cálculo del ciclo de compresión de amoniaco con el sistema de compresores recíprocos.

La representación de la instalación actual en el diagrama presión entalpía (p-h) se muestra en la figura (3.5).

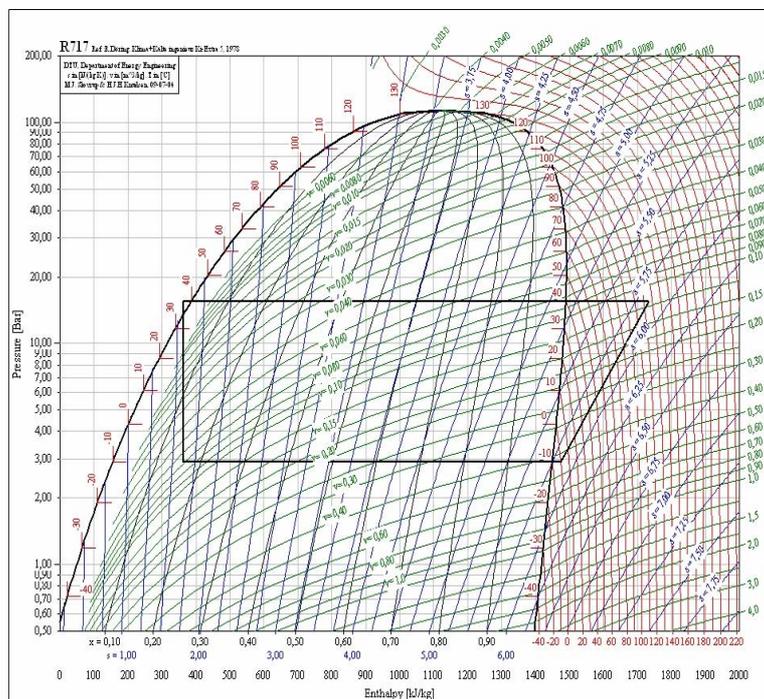


Figura 3.5 Representación del ciclo de refrigeración en las condiciones actuales en el diagrama (p-h) para el R-717. compresor recíprocante (SoftwarCOOLPACK.exe).

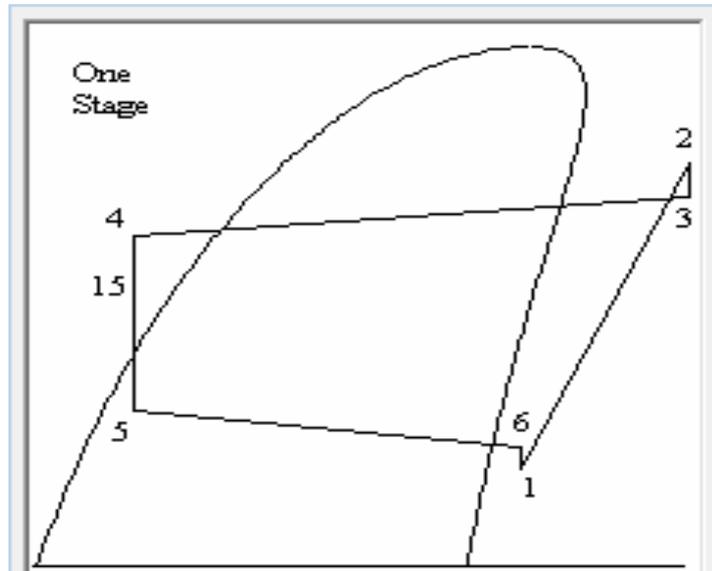


Figura 3.6. Diagrama p-h de ciclo con compresores recíprocos en las condiciones actuales.

Los valores de los puntos de funcionamiento son dados en la tabla 3.2.

Point	T [°C]	P [bar]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	0.000	2.908	0.437508	1474.205	5.8444
2	125.937	15.549	0.118553	1733.230	5.8444
3	125.937	15.549	0.118553	1733.230	5.8444
4	35.000	15.549	N/A	362.580	N/A
5	-10.000	2.908	N/A	362.580	N/A
6	0.000	2.908	0.437501	1474.205	5.8444
15	N/A	15.549	N/A	362.580	N/A

Tabla 3.2. Valores de los puntos de funcionamiento del ciclo.

Los valores de los parámetros fundamentales de trabajo de ciclo se dan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Parámetros de trabajo del ciclo de funcionamiento de ciclo de Amoniaco.

3.3.3-Cálculos energéticos del frigorífico EPICIEN trabajando con los compresores reciprocantes.

El sistema consta de siete cámaras de refrigeración. La Capacidad total de refrigeración según los cálculos realizados en el epígrafe 3.1.1 es de 2000 tonelada de refrigeración (T.R.).

Considerando un factor de seguridad de un 10% y convirtiendo las TR a kW se tiene.

$$2000TR \times 3.52 \frac{kW}{TR} = 7040kW$$

$$7040 \times 1.10 = 7740 \approx 7800 kW$$

$$Q = 7800 kW = 7800 \frac{kJ}{s}$$

Considerando:

Temperatura de trabajo de las cámaras es -10°C .

Capacidad de refrigeración de 7800 KJ/s.

Para lograr la Capacidad de refrigeración o Potencia frigorífica requerida se aplica la ecuación 3.2.

$$Q = \dot{m} \times q_e \quad (\text{Ec. 3.2.})$$

De la ecuación 3.2. se obtiene el caudal o flujo de refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{Q}{q_e} = \frac{7800 \text{ kJ/s}}{1111,625 \text{ kJ/kg}} =$$

$$\dot{m} = 7,02 \text{ kg/s} \quad \text{de NH}_4 \text{ (R717)}$$

El cálculo de la Potencia consumida para la compresión se determina según la ecuación 3.3.

$$N_T = \dot{m} \times W_C \quad (\text{Ec. 3.3.})$$

Sustituyendo valores en ecuación 3.3 se tiene:

$$N_T = 7,02 \text{ Kg/s} \times 259,24 \text{ kJ/kg} = 1819,86 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 1820 \text{ kW}$$

Los gastos de energía al año por el funcionamiento de la instalación de refrigeración son:

$$E_{anual} = N_T \times 20 \frac{h}{dia} \times 365 \frac{dias}{año}$$

$$E_{anual} = 1820 kW \times 20 \frac{h}{dia} \times 365 \frac{dias}{año} = 13.28 \times 10^6 \frac{kWh}{año}$$

$$E_{anual} = 13,28 \times 10^6 kWh/año$$

3.3.4. Cálculo del ciclo de compresión de amoníaco con el sistema de compresores de tornillos.

La representación de la instalación actual en el diagrama presión entalpía (p-h) se muestra en la figura (3.7).

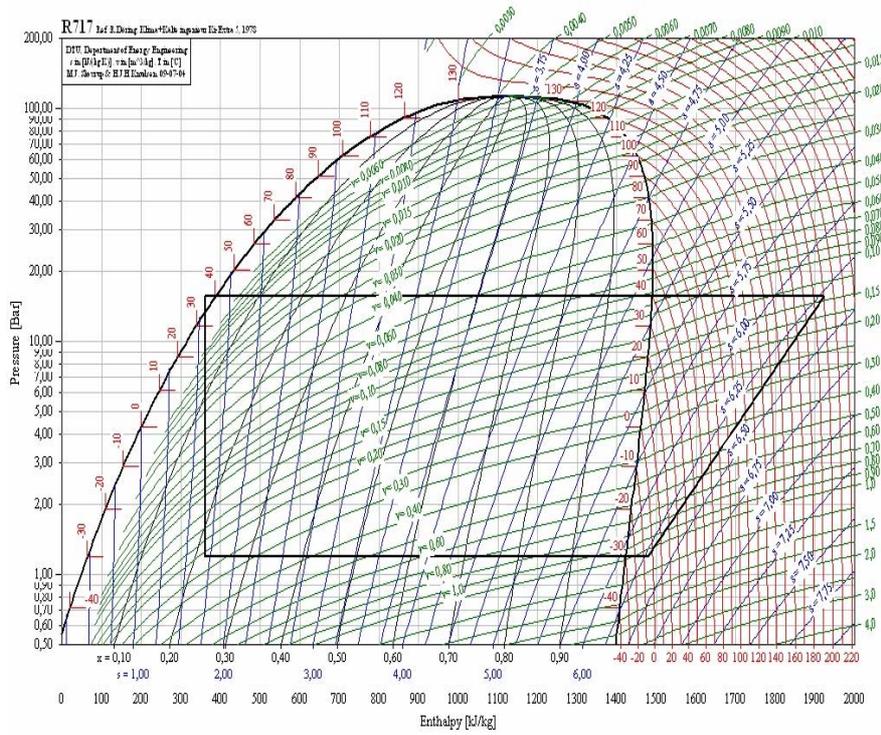


Figura 3.7 Representación del ciclo de refrigeración en las condiciones actuales en el diagrama (p-h) para el R-717 compresor de tornillo (SoftwarCOOLPACK.exe).

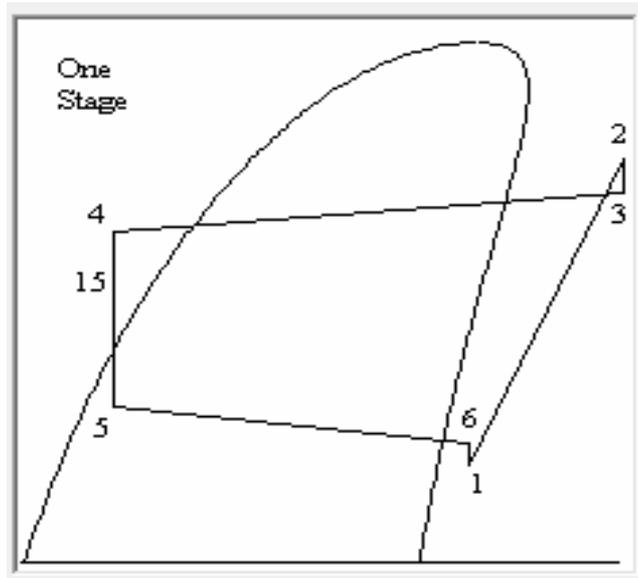


Figura 3.8. Diagrama p-h de ciclo con compresores de tornillo en las condiciones actuales.

Los valores de los puntos de funcionamiento son dados en la tabla. 3.4.

Values at points in cycle					
Values at points 1-6,15 for the selected one stage cycle					
Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m ³ /kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	0.000	2.908	0.437508	1474.205	5.8444
2	125.937	15.549	0.118553	1733.230	5.8444
3	125.937	15.549	0.118553	1733.230	5.8444
4	35.000	15.549	N/A	362.580	N/A
5	-10.000	2.908	N/A	362.580	N/A
6	0.000	2.908	0.437501	1474.205	5.8444
15	N/A	15.549	N/A	362.580	N/A

Tabla 3.4 Valores de las puntos de funcionamiento del ciclo.

Los valores de los parámetros fundamentales de trabajo de ciclo se dan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Parámetros de trabajo del ciclo de funcionamiento de ciclo de Amoniaco.

3.3.5. Cálculos energéticos del frigorífico EPICIEN trabajando con los compresores de tornillo.

Recordando que la capacidad total de refrigeración según los cálculos realizados en el epígrafe 3.1.1 es de 2000 tonelada de refrigeración (T.R.) y considerando un factor de seguridad de un 10% y convirtiendo las TR a kW se tiene.

$$2000TR \times 3.52 \frac{kW}{TR} = 7040kW$$

$$7040 \times 1.10 = 7740 \approx 7800 kW$$

$$Q = 7800kW = 7800 \frac{kJ}{s}$$

Tomando en Considerando:

- Temperatura de trabajo de las cámaras es -30°C .
- Capacidad de refrigeración de 7800 KJ/s.

Para lograr la Capacidad de refrigeración o Potencia frigorífica requerida se aplica la ecuación 3.4.

$$Q = \dot{m} \times q_e \quad (\text{Ec. 3.4})$$

De la ecuación 3.4 se obtiene el caudal o flujo de refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{Q}{q_e} = \frac{7800 \text{ kJ/s}}{1116.478 \text{ kJ/kg}} =$$

$$\dot{m} = 6.98 \approx 7 \text{ kg/s} \quad \text{de NH}_4(\text{R717})$$

El cálculo de la Potencia consumida para la compresión se determina según la ecuación 3.5.

$$N_T = \dot{m} \times W_C = \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Sustituyendo valores en ecuación 3.5 se tiene:

$$N_T = 7 \text{ kg/s} \times 445.125 \text{ kJ/kg} = 3115.87 \text{ kJ/s} = 3116 \text{ kW}$$

Los gastos de energía al año por el funcionamiento de la instalación de refrigeración son:

$$E_{anual} = N_T \times 20 \text{ h/día} \times 365 \text{ días/año}$$

$$E_{anual} = 3116 \text{ kW} \times 20 \text{ h/día} \times 365 \text{ días/año} =$$

$$E_{anual} = 22.7 \times 10^6 \text{ kWh/año}$$

3.3.6. Calculo del número de compresores de tornillo para la refrigeración.

Las condiciones de operación de los compresores de tornillo para la nueva instalación son:

$$P_s = 1 \text{ bar} = 14,7 \text{ psi}$$

$$P_d = 20 \text{ bar} = 300 \text{ psi.}$$

El caudal o flujo es:

$$\dot{m} = 7 \text{ kg/s} (\text{NH}_4) = 25200 \text{ kg/h} (\text{NH}_4)$$

El número de compresores a considerar para el sistema es de 10 compresores de 200 TR cada uno.

La información sobre este tipo de compresores es:

Clasificación	Compresores
Nombre	COMPRESOR DE TORNILLO DE 500 MIL KCAL PARA AMONIACO
Marca	YORK-SABROE
Modelo	YORK-SABROE SAB 202 LFE
Detalles	1. Compresor para NH3 tornillo YORK-SABROE SAB 202 LFE 2. Economizador 3. Recibidor de líquido con capacidad 2.000 lts 4. Estanque separador central para bombeo de NH3 de volumen 2.610 lts 5. Dos Bombas de NH3 WITT alemanas 51-5C 6. Conjunto válvulas y controles Danfoss para sistema NH3 Además se incluye en la venta: 7. Partidor suave y tablero eléctrico de compresor y bombas. 8. Líneas de conexión entre Sabroe, Economizer y estanques, tal como están funcionando en la actualidad. Todo este sistema está operativo de inmediato. El compresor tiene solo 6000 horas de uso, y esta con todas sus mantenciones al día.
Precio	200.000 USD
Año	2008
Actualizado	13/04/2009 17:06:33
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	
País / Provincia	Chile / San Bernardo

Vista de este compresor están dadas en las figuras 3.8 a 3.10.



Fig. 3.8. Pizarra de control eléctrico y automática.



Fig. 3.9. Vista lateral de la instalación de compresión.



Fig. 3.10. Vista frontal de la unidad de compresores.

Según otra fuente de información dada por Matche se tiene:

Compressor cost.

Tomado de <http://matche.com/EquipCost/Compressor.htm>

Matches provides conceptual process, cost and optimization engineering services to the chemical and metallurgical industry. This educational content should assist you in the evaluation of process alternatives. We hope you will comment (below).

Compressor Cost Estimate - An interactive **JavaScript** equipment capital cost estimating aid (order-of-magnitude). These costs are helpful during a project's early development and budgeting. The actual cost of a piece of equipment depend upon many factors. You should exercise caution in use of this educational content.

Compressor Type:

Compressor Power: Horsepower

Material: Carbon Steel

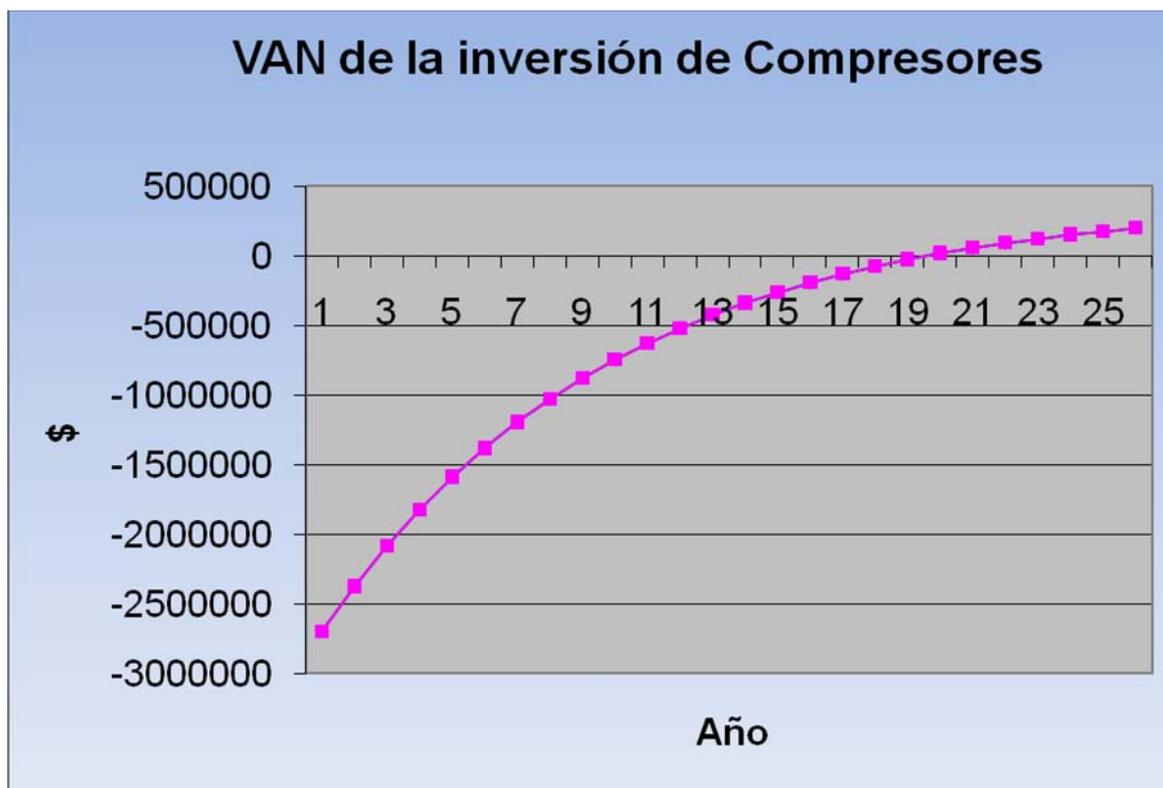
Cost 2008 US \$: F.O.B. Gulf Coast U.S.A.

Tomando en consideración los datos dados en esta fuente de información se tiene, el precio de un compresor de 200 TR es de 270 000 (\$ USD). El valor de 10 compresores se considera en 2 700 000,00 (\$USD).

3.3.7. Evaluación Económica.

La tabla de Excel 3.6, dada en el anexo 1 y considerando un pago por ingreso anual, y conservación de productos de 750 a $1,5 \cdot 10^6$ con una inversión de 2 700 000,00(\$USD),

Se considera un tiempo de vida de 25 años.



Con los niveles de ingresos actuales la inversión no se justifica. Es necesario alquilar un mayor número de cámaras, prestando un mayor servicio para tener ingresos en mayor cuantía que redujeran el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) que hoy es de cerca de 19 años y con un VAN de 197 800.00 pesos.

3.4. Conclusiones parciales.

1. En la Empresa EPICIEN el 96% del consumo de los portadores energético es en energía eléctrica y ella fundamentalmente se destina al servicio de las cámaras frías.
2. La Empresa EPICIEN dispone de siete cámara frías de 500 TM cada una para el servicio de conservación de pescados y otros alimentos. El servicio de las cámaras es cobrado a las empresas en forma de alquiler y su monto asciende a cerca de 10^6 pesos al año.
3. El estado técnico de la instalación de climatización es obsoleta y de catorce compresores instalados solo están en funcionamiento tres compresores, logrando temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a que deben funcionar las cámaras frías.
4. La evaluación preliminar de sustitución de compresores muestra que 10 compresores de tornillo de 200 TR cada uno pueden satisfacer las demandas de la instalación, trabajando a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. La evaluación económica indica que se requiere una mayor capacidad de alquiler de cámaras para lograr ingresos superiores al millón de pesos anuales, dado que con una inversión de 2 700 000.00 pesos el periodo de recuperación de la inversión es de 19 años, lo cual es inaceptable.

Conclusiones generales.

1. El principal portador energético de la empresa es la energía eléctrica, que representa el 15 % de todos los gastos de la empresa y presenta como deficiencia para la administración de energía que es medida en un solo metro contador en el transformador de entrada.
2. En el grafico de energía y producción vs. tiempo se aprecia que existen grandes anomalías entre las variables, existiendo incrementos de energía con reducción de producción y viceversa. Lo cual es una muestra del débil control del consumo energético.
3. La empresa realiza el control del consumo eléctrico por registros históricos, no posee indicadores de consumo energético técnicamente fundamentado, o cual no posibilita acciones de control diario.
4. El estudio energético de la sala de máquina muestra que no resulta adecuada la explotación del sistema en las condiciones técnicas actuales dado el mal estado mecánico. En las cámaras solo se logran -10°C de temperatura.
5. El estudio de factibilidad muestra que se puede satisfacer los requerimiento de las siete cámaras de frío (-30°C) con 10 compresores de 200 toneladas de refrigeración cada uno a un costo de 2 700 000,00 pesos.
6. La evaluación económica preliminar de la instalación propuesta muestra que se requiere 19 años para recuperar la inversión, dado los bajos valores de ingreso por la contratación de las cámaras frías. Lo cual hace imposible hoy la realización de la inversión.

Recomendaciones.

1. Valorar los posibles ingresos a lograr por la empresa de tener alquiladas la totalidad de la capacidad de las cámaras y calcular nuevamente la factibilidad económica de la inversión.
2. Buscar alternativas de suministros de equipamientos por otras firmas para evaluar reducción de la inversión inicial.
3. De ser posible realizar una consulta a la firma suministradora de partes y piezas de los compresores en funcionamiento para valorar costos de inversión con el fin de devolverle a la instalación su capacidad productiva.

Bibliografía.

- Borroto, Aníbal E Nordelo. Gestión Económica Energética/ Aníbal E. Borroto Nordelo, José P. Monteagudo Yanes.—Cienfuegos. Editorial UCF, 2006. — 49p.
- Comisión Técnica Europea. Certificación Energética de Eficiencia en la Comunidad Económica Europea. Tomado De: www.cai.org.ar/tecnoconstrucción/requisitos-const-edif.html, 2003
- Cuba. Departamento Técnico Filial Frigorífico Cienfuegos/ Balance de económico 2006/ MINAG de Frigorífico de Cienfuegos.—Cienfuegos: MINAG, 2006--..[s.p.]
- Cuba. Departamento Técnico Filial Frigorífico Cienfuegos/ Partes Diarios de Temperatura en Cámaras información de Frigorífico de Cienfuegos./ MINAG.—Cienfuegos: MINAG, 2007--..[s.p.]
- Cuba. Departamento Técnico Filial Frigorífico Cienfuegos/Archivo de gestión/ MINAG.. Departamento técnico de Frigorífico de Cienfuegos.—Cienfuegos: MINAG,2006--..[s.p.]
- Cuba. Vice Dirección Técnica Cubacítricos/ Instrucción de Manual de explotación de Frigorífico de Cienfuegos.—Cienfuegos: MINAG, 1993--..[s.p.].
- El programa de Acción en Energía para el Caribe (PAEC)/ Nuevo Impulso al desarrollo de la sub-región. Revista Energética. (España) 23, (3): 3-7, Julio- Agosto- Septiembre- 1999.
- Department of energy._Tomado De: <http://www.eia.doe.gov/>, September 1990.
- Fernández Condes, Emilio. Termodinámica Técnica/ Emilio Fernández Conde.-- La Habana. Editorial Félix Varela, 1994.--117p
- Gestión Energética Empresarial..—Cienfuegos; Universidad de Cienfuegos, 2001--81p.
- alba\ALBA, Luz para Nuestra América.mht Tomado De: at: <http://www.fao.org>, 2001
- alba\ALBA _Alternativa Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América - Available www.landisstaefa.htm,
- Stoecker, W. F. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire / W. F. Stoecker. — España; Ediciones del Castillo. 1976.-- 406p.
- STOLOVICH, L. Energía y banca multilateral en América Latina: Contradicciones entre la realidad y el discurso. Instituto del Tercer Mundo. Montevideo. <http://www.fp.chasque.apc.org/energy/español.html>, 2003.
- Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica". CFE. Gerencia Comercial.2001.Tomado De: <http://www.cfe.gob.mx/gercom/control/tarif100.html>.

The ASHRAE Handbook.—[s.l.:s.n.],1998.—[C.D]

Universidad de Florida. The Energy and Resource Conservation. Tomado De:
www.co.broward.fl.us, 2007.