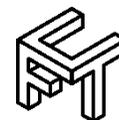




Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ACORDE A LA NORMA ISO 50001 EN UNA PLANTA DE QUESO CREMA

Tesis Presentada como Requisito Parcial
para la Obtención del Título de
Máster en Tecnología Energética

Autor: Ing. Cynthia Santana Hernández

Matanzas, 2018



Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ACORDE A LA NORMA ISO 50001 EN UNA PLANTA DE QUESO CREMA

Tesis Presentada como Requisito Parcial
para la Obtención del Título de
Máster en Tecnología Energética

Autor: Ing. Cynthia Santana Hernández

Tutores: Ms. C. Juan Israel Veliz Alonso

Matanzas, 2018

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD Y NOTA LEGAL

Yo, Cynthia Santana Hernández, declaro que soy el único autor de la siguiente tesis, titulada *Implementación de un Sistema de Gestión acorde a una Planta de Queso Crema* y, en virtud de tal, cedo el derecho de copia de la misma a la Universidad de Matanzas, bajo la licencia *Creative Commons* de tipo *Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada*, con lo cual se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de la obra y no realice ninguna modificación de ella.

Matanzas, 10 de diciembre de 2018.

Cynthia Santana Hernández

*Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la
energía atómica: la voluntad*

Albert Einstein

RESUMEN

Las mejoras en eficiencia energética suelen ser alcanzadas adoptando tecnologías o procesos productivos más eficientes. El presente trabajo está encaminado a disminuir los consumos de los portadores energéticos e incrementar la eficiencia energética en una planta productora de queso crema mediante la implementación de la norma ISO 50001. Se realizaron diagramas de consumo contra producción para cada portador energético, fueron establecidos indicadores de eficiencia para medir el comportamiento de los principales portadores, se efectuaron análisis energéticos y exergéticos para las áreas de refrigeración y generación de vapor así como un balance de masa en la planta de queso crema. Además se practicó un análisis del consumo de electricidad por área de trabajo usando como herramienta un diagrama de Pareto. También fueron establecidas medidas de ahorro. Se estimó el índice de daño ambiental con el valor que representa económicamente y la huella ecológica para el generador de vapor.

Palabras claves: eficiencia energética; norma ISO 50001; portador energético; indicadores de eficiencia.

ABSTRACT

Improvements in energy efficiency are usually achieved by adopting more efficient technologies or production processes. The present work is aimed at reducing the consumption of energy carriers and increasing energy efficiency in a Cream Cheese producing plant by implementing the ISO 50001 standard. Consumption diagrams were made against production for each energy carrier, efficiency indicators were established to measure the behavior of the main carriers, energy and exergy analyzes were carried out for the areas of refrigeration and steam generation as well as a mass balance in the plant of Cream Cheese. In addition, an analysis of electricity consumption by area of work was carried out using a Pareto diagram as a tool. Saving measures were also established. The environmental damage index was estimated with the value it represents economically and the ecological footprint for the steam generator.

Keywords: [energy efficiency; ISO 50001 standard; efficiency indicators; energy carrier]

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1. Estado del Arte.....	3
1.1 Progreso histórico en temas relacionados con la Eficiencia Energética.	3
1.2 Concepto de Eficiencia Energética.	4
1.3 Problemas, ventajas e importancia de la Eficiencia Energética.....	5
1.4 Eficiencia Energética en el contexto internacional.	7
1.5 Eficiencia Energética en Cuba.	8
1.6 Problemas fundamentales de la energía en Cuba.....	10
1.7 Gestión energética.....	11
1.8 Sistemas de gestión de la energía, ventajas e importancia.....	12
1.9 Herramientas que facilitan el establecimiento de líneas base e indicadores de desempeño energético.....	14
1.10 Norma ISO 50001:2011 sobre Sistemas de Gestión de la Energía.....	15
1.11 Objetivos que persigue la Norma ISO 50001.	16
1.12 Ventajas e importancia de implementar la Norma ISO 50001.	17
1.13 Metodología para la implementación de un Sistema de Gestión Energética.....	20
1.14 Ejemplos de Sistemas de Gestión Energética en Cuba.	22
1.15 Indicadores de Eficiencia Energética.....	23
1.16 Conclusiones parciales del capítulo.....	25
Capítulo 2 Metodología para la implementación de la Norma ISO 500001 en el Combinado Lácteo de Cárdenas.....	26
2.1 Descripción del combinado lácteo.....	26

2.1.1 Descripción del proceso productivo para la obtención de queso crema.	27
2.2 Metodología para la implementación de la norma ISO 50 001.	31
2.3 Conclusiones parciales del capítulo	51
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	52
3.1 Desarrollo de la metodología en el combinado Lácteo de Cárdenas.	52
3.2 Cálculo del índice de daño ambiental y huella ecológica para el generador de vapor.....	74
3.3 Conclusiones parciales del capítulo	75
Conclusiones	77
Recomendaciones	78
Referencias Bibliográficas	79
Anexos	83

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico, económico-social y la conservación y utilización racional de los recursos naturales ofrece un reto a la humanidad, en un mundo donde han ocurrido cambios drásticos y dramáticos en los ámbitos demográfico, económico y ecológico que han llevado a las naciones a la adopción de medidas para atenuar y controlar estos impactos y desequilibrios. En los últimos años se ha hecho evidente el incremento de la contaminación ambiental como consecuencia de la actividad humana y la destrucción o degradación de los recursos naturales derivadas de ella. Otro factor importante a considerar ha sido la meta impuesta por los países desarrollados para bajar la emisión de CO₂ y la búsqueda de alternativas energéticas debido al agotamiento de recursos como el petróleo, gas y carbón. La energía juega un papel clave en el mundo actual, como entrada de los procesos productivos es un bien esencial y básico para el desarrollo. La industria, los servicios y en general toda la actividad económica giran en torno a un consumo energético. Cuba como país subdesarrollado no se encuentra ajena a la situación internacional existente, en los últimos años se han realizado acciones importantes para cambiar la situación energética Cubana, en primer lugar, se llevó adelante el programa de uso racional de la energía, con el objetivo de lograr ahorro y uso eficiente. Se inició asimismo el programa para incrementar el uso de las energías renovables con una proyección estimada del país, para que en el 2030, la participación de las FRE en la matriz eléctrica sea del 24 %, y que estas puedan cubrir el 60 % del incremento del consumo. Matanzas (Matanzas, 2016), es para algunos el municipio de las aguas, y para otros el de los puentes, pues aguas y puentes, lo cruzan, lo bañan, lo limitan y los unen, en la ciudad de Cárdenas se encuentra ubicado el combinado lácteo Germán Hernández Salas fundado el 15 de diciembre de 1976 e inscrito en el Registro Estatal de Empresas y Unidades Presupuestadas el 31 de enero de 1977, en la que existen elevados consumos de portadores energéticos por lo que se hace necesario implementar un sistema de gestión de la energía. Este sistema de gestión energética tiene como objetivo fundamental el incremento de la eficiencia energética de las empresas y sus procesos, con sus correspondientes ahorros económicos y energéticos, logrando de esta manera disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y el daño al planeta. En Cuba, debido a los

escasos suministros de petróleo, sus altos costos y previendo que el planeta tiene recursos naturales limitados y resulta de interés en las empresas estatales el establecimiento de sistemas de gestión de la energía por tanto el presente trabajo está encaminado a ello.

Problema

La planta de Queso Crema del Municipio Cárdenas en Matanzas posee altos consumos energéticos y no posee implementado un sistema de gestión que permita establecer y controlar los indicadores para estimar la eficiencia energética de su producción y por tanto contribuir a la disminución de los portadores energéticos.

Objetivo general

Desarrollar un Sistema de Gestión en la Planta de Queso Crema del Municipio Cárdenas en Matanzas acorde a la Norma ISO 50001, para disminuir los consumos de los portadores energéticos e incrementar la eficiencia de la instalación mediante la implementación de indicadores de consumo.

Hipótesis

¿Será posible con el desarrollo del Sistema de Gestión en la Planta de Queso Crema del Municipio Cárdenas en Matanzas disminuir los consumos de los portadores energéticos e incrementar la eficiencia energética de la instalación a partir de indicadores de consumo?

Objetivos específicos

1. Realizar un análisis bibliográfico acerca del comportamiento de la energía y el análisis de sistemas de gestión energética apropiadas para las condiciones cubanas.
2. Evaluar el desempeño energético de la entidad estableciendo indicadores de eficiencia energética.
3. Analizar el consumo de los principales portadores energéticos.
4. Realizar análisis energéticos y exérgicos en las áreas de refrigeración y generación de vapor.
5. Establecer la Norma ISO 50001.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

El análisis de los diversos autores o sitios web, que tratan sobre el tema o los criterios relacionados con la eficiencia, posibilitarán conocer el estado del arte y el enfoque que es más afín con este trabajo:

1.1 Progreso histórico en temas relacionados con la Eficiencia Energética.

La gestión de la energía como disciplina separada comenzó a evolucionar después de la primera crisis petrolera de 1973 y realmente entró en vigor tras la segunda de 1979, cuando los precios reales de la energía subieron dramáticamente. La década de 1980 hasta mediados de los 90 vio el desarrollo de la gestión de la energía y dicho término fue reemplazando lentamente al concepto de la mera “conservación de la energía”. Tímidamente comenzó el desarrollo y la aplicación de lo que se dio en llamar “modelos de gestión eficaz”. Hasta el año 2000 la gestión de la energía como disciplina comenzó a decaer gracias a dos factores: la reducción de los precios reales por la privatización de las empresas públicas y la disminución del tamaño general de las empresas. La primera década del nuevo siglo y milenio le “abrió los ojos al mundo” de la necesidad de reducir el empleo de Carbono. Surgieron (y se hicieron habituales) términos como Calentamiento global, Huella de carbono, Cambio Climático, etc. El Protocolo de Kioto cobró protagonismo y la agenda del cambio climático se convirtió en un foco principal para individuos, gobiernos y organizaciones; ello hizo de la energía nuevamente una cuestión de alto nivel y a medida que subían los precios, muchas empresas se comprometieron a reducir el consumo, enfrentándose a sanciones por no hacerlo. En 2008, antes de que los efectos completos de la crisis financiera se hicieran claros y en medio de una erupción de preocupación por el precio del petróleo y las presiones sobre los recursos, el barril alcanzó un récord de 147 dólares. A partir de 2010, la política que apunta a la eficiencia energética comenzó a crecer a nivel mundial. En los últimos años ha aumentado el interés por la financiación de la eficiencia energética y, en particular, por el uso de la privada. El mercado sigue siendo incipiente en la mayoría de los países, pero los signos son positivos. (ECOticias, 2017)

Las medidas de eficiencia energética están posibilitando la reducción de la intensidad y la demanda energética. Así, entre el año 2000 y el 2015, los niveles de eficiencia energética en los países miembros de la IEA se incrementaron en un 14%, de media. Como consecuencia, se produjo un ahorro de 450 millones de toneladas equivalentes de petróleo en 2015, suficiente para abastecer a Japón durante un año entero. En los últimos 15 años el porcentaje de la demanda energética cubierta por políticas de eficiencia energética se ha incrementado desde el 11% en 2000 a un 30% en 2015. Este aumento en políticas se ha traducido en un incremento de las inversiones en eficiencia, que en 2015 fueron de 221 mil millones de dólares, un 6% más que en 2014, y dos tercios mayor que la inversión en generación de energía convencional en 2015. (Energía y Sociedad, 2016)

1.2 Concepto de Eficiencia Energética.

Según Relación entre la producción de energía útil u otro producto físico útil que se obtiene por medio de un sistema, un proceso de conversión o una actividad de transmisión o almacenamiento y la cantidad de energía consumida (medida en kWh/kWh, toneladas/kWh o en cualquier otra medida física del producto útil, como la tonelada/km transportada, etc.). (OptimaGrid, 2011)

El camino hacia la eficiencia energética en las empresas tiene que recorrerse adoptando estrategias encaminadas hacia:

- Reducción de la demanda energética
- Diversidad energética
- Máximo aprovechamiento del uso de energías renovables
- Innovación tecnológica
- Autoconsumo a través de microrredes
- Modificación de los hábitos de consumo

La eficiencia energética se puede definir como la optimización de los consumos energéticos de una instalación, de tal manera que para realizar una misma operación se

reduzca el consumo energético sin disminuir la calidad del servicio prestado. (edinn, 2010)

Eficiencia Energética es la relación entre producción y consumo energético y que el aumento de la Eficiencia Energética se puede alcanzar manteniendo un mismo nivel de producción pero con un menor consumo energético o un mayor nivel de producción con igual consumo energético sin afectar la calidad del producto final. (Salazar Aragón, y otros, 2012)

La Eficiencia Energética tiene como objetivos ahorrar energía, aumentar la productividad y ser fiable. (SchneiderElectric, 2016)

- Ahorro energético: implica no sólo la reducción del consumo, sino también la reducción de emisiones que afectan al medio ambiente. De todos los costos operativos, el energético es el más fácil de controlar, pero para su reducción es indispensable un control continuo, una gestión adecuada de la información y una asesoría energética efectiva.
- Mejora de la productividad: se centra en optimizar el rendimiento de los equipos y de los procesos, facilitando un correcto mantenimiento.
- Disponibilidad y fiabilidad: La supervisión energética permite garantizar la continuidad del suministro, maximizar el tiempo operativo de su proceso productivo, y alcanzar los requerimientos de calidad y tiempos de respuesta.

1.3 Problemas, ventajas e importancia de la Eficiencia Energética.

Actualmente no todos los productos que usamos son eficientes; podemos verlo en las etiquetas de eficiencia energética de muchos electrodomésticos que compramos, y eso es porque la alternativa eficiente siempre es algo más cara que la que no lo es, como pasa también con las bombillas tradicionales y las luces LED. Se puede decir que la eficiencia energética es, de momento, un tema de conciencia medioambiental, pudiera entonces decirse que el ahorro de la energética es que todavía una elección que depende de las personas encargadas de lograr una producción, aun en muchos lugares se usa el termino "PRODUCIR, PRODUCIR Y PRODUCIR", sin importar el costo de los portadores

energéticos que se emplean o simplemente sin tener en cuenta el impacto que este pudiera provocar. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, no solo se amortizan rápido, sino que un producto eficiente favorece directamente a tu bolsillo, ya que la eficiencia energética va ligada con el ahorro de electricidad. Adoptando otros hábitos de consumo y aprendiendo a gestionar la energía para disminuirla contribuiremos a cuidar nuestro entorno mientras ahorramos electricidad; y eso es una gran ventaja. (Energía, 2017)

La Eficiencia Energética aporta enormes beneficios en diferentes ámbitos. Reduce los gastos de energía en los hogares y empresas. Reduce por tanto los costos de producción, mejorando la competitividad de las empresas. Disminuye la dependencia energética de exterior, que en algunos países supera al 80%. Reduce el daño ambiental y la contaminación que afecta a la salud de todos. Aumenta la seguridad del abastecimiento de energía. Disminuye el consumo de recursos naturales. Reduce el deterioro al medio ambiente asociado a la explotación de recursos. Reduce el impacto de los Gases de Efecto Invernadero. (Ahorro Ambiental, 2017)

Aunque a primera vista pueda parecer que todo son ventajas en el tema de la eficiencia energética, también existen algunos inconvenientes. El mayor de los inconvenientes es que al dársele tanta importancia a la eficiencia energética, la industria está innovando con mucha rapidez, y, entre otras cosas, para obligar a los usuarios a reemplazar sus aparatos electrónicos, coches y demás, se da el fenómeno de la obsolescencia programada. Puede que este planteamiento tenga sentido económicamente; el usuario al comprar un producto nuevo pero más eficiente, aunque hace una inversión fuerte al principio, lo termina amortizando por su bajo consumo de energía y el consiguiente ahorro energético, y el fabricante al vender más tiene más dinero para investigar y seguir mejorando y a su vez generar mayor empleo y ampliar el número de trabajadores. (ERENOVABLE, 2017)

La Eficiencia Energética implica una nueva forma de pensar de científicos, académicos y de los actores del sector gubernamental e industrial. Esto se demuestra con algunas declaraciones dadas por los organismos encargados de establecer las políticas ambientales, donde la Eficiencia Energética se trata como un tema social, con miras a que los ahorros obtenidos permitan incrementar el acceso de la energía a las personas que no

la dispongan o en programas sociales que lo requieran. Esfuerzos importantes se están realizando en este tema como son: La sustitución de equipos por tecnologías más eficientes y la educación de los usuarios sobre las ventajas de la eficiencia energética, del ahorro de energía y los beneficios derivados en relación al medio ambiente. (Vásquez, y otros, 2012)

1.4 Eficiencia Energética en el contexto internacional.

La creciente preocupación por el medio ambiente y los efectos del cambio climático han hecho que los países y organismos internacionales centren su atención en modelos de desarrollo basados en la sostenibilidad. En este contexto, la Asamblea General de Naciones Unidas proclamó el año 2012 Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos, con la firme convicción de que sería un motor para impulsar este nuevo modelo, así como la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En este sentido, la Comisión Europea estima que una reducción del 20% en el consumo energético en los estados miembros supondría ahorrar cerca de 50.000 millones de euros al año, reduciría las emisiones de CO₂ en 740 millones de toneladas y crearía más de dos millones de empleos. (Endesa, 2012)

A pesar de que Brasil cuenta con programas de Eficiencia Energética desde 1985 y una próspera industria de empresas de servicios energéticos, es calculado que al año es desaprovechado un potencial de US\$ 2.500 millones en mejoras para la Eficiencia Energética. Dentro de los esfuerzos y principales iniciativas de Eficiencia Energética han sido creados el Programa Brasileiro de Etiquetaje – PBE, el Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica – PROCEL, el Programa Nacional de Racionalización del Uso de los Derivados del Petróleo y del Gas Natural– CONPET y la más reciente Ley de Eficiencia Energética. (Salazar Aragón, y otros, 2012)

Se puede mencionar, por ejemplo, la publicación oficial de leyes relacionadas a la eficiencia energética en Uruguay (2009), en este caso incluyendo una ley que conforma un Fideicomiso para financiamiento de proyectos de eficiencia energética; en Venezuela (2011), en Panamá (2012), Decretos Supremos reglamentando la Ley de Eficiencia

Energética (Perú, 2007) y preparación de anteproyectos de ley en varios más (Guatemala, El Salvador, Nicaragua, República Dominicana, Granada). Existe una consolidación de los actores institucionales dedicados a la eficiencia energética Red Boliviana de Eficiencia Energética (abril de 2013), Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (Venezuela, 2009), Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2010), Oficina Nacional para el Uso Racional de la Energía en Cuba, Consejo Colombiano de Eficiencia Energética (sector privado, Colombia, 2010), Ministerio de Ambiente, Energía y Mares (Costa Rica, 2012), Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable (Ecuador, 2012), y finalmente el relanzamiento de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE (México, 2012). (CEPAL, 2014)

Luego de haberse analizado las fortalezas y debilidades de los programas que los países de la región han venido realizando en materia de eficiencia energética, la Unidad de Recursos Naturales (URNE) de la División de Recursos Naturales e Infraestructura (DRNI) ha podido concluir que uno de los principales inconvenientes ha sido la falta de información e indicadores que faciliten analizar la evolución de tales políticas en forma cuantitativa, completa e integrada con miras a realizar intervenciones de política sobre bases informadas. En los países de América Latina y el Caribe, la calidad de las estadísticas e indicadores de desempeño que permiten cuantificar los resultados de los programas nacionales de eficiencia energética ha sido insuficiente. Para superar esta carencia, la CEPAL ha articulado el Programa Regional BIEE (Base de Indicadores de Eficiencia Energética para América Latina y el Caribe). (CEPAL, 2016)

1.5 Eficiencia Energética en Cuba.

En Cuba se han realizado varios esfuerzos en materia de eficiencia energética. (Ministerio de Energía y Minas, 2015)

- Red Nacional de Eficiencia Energética (Universidades - Empresas).
- Sistema de Gestión Total de la Eficiencia Energética creado en la Universidad de Cienfuegos y difundido a las empresas nacionales.
- Norma Cubana NC ISO 50001.

- Resoluciones que establecen requisitos de eficiencia y consumo a los equipos a importar, y que obligan a detallar aspectos de eficiencia energética de las inversiones desde la etapa de estudio.

Resolución No-136 Reglamento de eficiencia energética para equipos de uso final de la energía eléctrica.

- Lineamientos de la Política Económica y Social con incidencia en temas energéticos (242-254,113,131,135,234,267,269,270,295,302)

En Mayo del 2004 el Sistema Electroenergético Nacional se vio seriamente afectado, al producirse una avería durante un mantenimiento planificado de la termoeléctrica Guiteras, causando severas afectaciones a la economía nacional. En ese contexto surge, como iniciativa del Comandante en Jefe Fidel Castro, la llamada Revolución Energética. Esta se basó en un programa de sustitución de las viejas Centrales termoeléctricas por generadores eléctricos, a fin de disponer de un sistema eléctrico sin fallas y suficiente para la nación, y en la renovación de los viejos equipos electrodomésticos. Sin embargo, lo que comenzó como solución a un problema crítico se ha convertido en una estrategia de empleo racional de la energía. El objetivo fundamental de este proceso era transformar radicalmente el proceso de generación y ahorro de electricidad, el cual se inició aceleradamente en el 2005 y pronto se tradujo en bienestar y calidad de vida para la población. (EcuRed, 2016)

En el año 2015 se llevó a cabo la elaboración y aprobación de las normas jurídicas para la implementación de la política del desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. El programa prevé para los consumidores la instalación de 13 millones de lámparas LED, 2 millones de cocinas de inducción, 100 000 m² de calentadores solares y 80 MW de paneles solares. (Juvier Díaz, 2016)

En el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 se plantea que el Estado promoverá la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía. En tal sentido, uno de los objetivos planteados en el documento refiere: “Garantizar un suministro energético confiable, diversificado, moderno, a precios

competitivos y en condiciones de sostenibilidad ambiental, aumentando sustancialmente el porcentaje de participación de las fuentes renovables de energía en la matriz energética nacional, esencialmente de la biomasa, eólica y fotovoltaica”. (Socorro Carballosa, 2016)

1.6 Problemas fundamentales de la energía en Cuba.

La transición energética se verá reflejada con mayor importancia en la producción de electricidad, debido a la situación actual de la energía eléctrica en Cuba. (Moreno Figueredo, 2014)

- Alta dependencia del combustible importado (53 %) y por tanto baja seguridad energética.
- Baja utilización de las fuentes renovables de energía (4.3%).
- Baja eficiencia en el uso de los energéticos, lo que implica altos costos en la producción y el consumo de energía.

Según (Ministerio de Energía y Minas, 2015) en nuestro país existen los siguientes problemas en la producción de energía.

- Alta dependencia de combustibles importados para la generación.
- Alto costo promedio de la energía entregada.
- Alta contaminación ambiental.
- Baja utilización de las fuentes renovables de energía.
- Baja eficiencia en la generación térmica.
- Altas pérdidas en las redes de distribución.

El país produce actualmente alrededor de 1.5 millones de toneladas de petróleo al año. Cabe resaltar que este hidrocarburo contiene un alto nivel de azufre, es decir, entre 9 y 12 %. Esto provoca que no sea recomendado como combustible de generación eléctrica, debido a que las altas temperaturas de las calderas convierten este azufre en ácido sulfúrico, con consecuencias como la corrosión del material con el que están fabricadas, la reducción de su ciclo de vida o elevando el costo de los mantenimientos. Sin duda, el empleo de este tipo de combustible requiere de plantas tecnológicamente más complejas

y éste es uno de los objetivos establecidos en un acuerdo entre los gobiernos de Rusia y Cuba, con la finalidad de construir cuatro nuevas unidades generadoras que ampliarán la capacidad y cubrirán la demanda del sector estatal y doméstico. Existen muchas opciones para el cambio progresivo de la situación energética en Cuba y, a su vez, se han concebido planes a corto, mediano y largo plazos, comprometidos con lograr una reactivación y modernización a los estándares más altos. (Ordóñez López, 2016)

1.7 Gestión energética.

La suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas. (OptimaGrid, 2011)

La Gestión de la energía es una cultura de mejora continua del desempeño energético dentro de la práctica normal de los negocios de una organización. Posiciona a una organización para conseguir un ahorro energético y de costo a través de una toma de decisiones informada y con la implementación de prácticas de ahorro de energía para las instalaciones, procesos, equipos y operaciones. (Flores Díaz, 2016)

(Excelencia, 2014) La gestión de la eficiencia energética implica ciertas ventajas como:

- **Certificación ISO 50001.**
- Cultura energética en la empresa.
- Utilización de mejoras energéticas en obras de nueva y vieja construcción.

Pero no podemos olvidar que pueden presentarse importantes dificultades, a las que la organización debe de hacerle frente:

- Control de los equipos de medición empleados.
- Necesidad de indicadores y objetivos para la mejora de tipos de obra o fases.

- Periódica actualización de los balances de materia y energía.

1.8 Sistemas de gestión de la energía, ventajas e importancia.

Un Sistema de Gestión es una herramienta administrativa que permite plantear e implementar de forma ordenada las oportunidades de mejoramiento en una empresa. En otras palabras, son acciones y procedimientos planificados y organizados por medio de los cuales se busca conseguir unos resultados específicos. (Hinestroza Duran, 2010)

La implantación de Un Sistema de Gestión Energético reporta varios beneficios. Supone una mejora de la imagen para la empresa, ya que implica la comunicación del compromiso con la gestión de la energía y de los beneficios de su actuación. Permite conocer la cantidad de energía consumida por la organización, lo que conlleva la optimización de su uso, el incremento del aprovechamiento de las energías renovables, la reducción de los impactos ambientales y la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Evita la realización de auditorías energéticas cada cuatro años por la anticipación al cumplimiento de los requisitos exigidos por la Directiva 27/2012 de Eficiencia Energética. Consigue beneficios económicos al reducir los costes asociados al consumo energético. Facilita el acceso a concursos públicos donde el hecho de disponer de un SGE está muy bien valorado. (López, 2015)

Un Sistema de Gestión Energético es una metodología para lograr la mejora sostenida y continua del desempeño energético en las organizaciones en una forma costo-efectiva. La implementación de un Sistema de Gestión Energético no debe entenderse como un objetivo por sí mismo, sino que el objetivo es la mejora del desempeño energético, a partir de los resultados de las acciones implementadas en todo el sistema. Entendida de este modo, la efectividad de un Sistema de Gestión Energético dependerá en gran medida del compromiso y disponibilidad de todos los actores involucrados en la organización para gestionar el uso y el costo de la energía, además de realizar los cambios que sean necesarios en el día a día para facilitar estas mejoras y la reducción en los costos. (CONUEE, 2016)

Conocer los consumos energéticos de la empresa en tiempo real, permite ver sobrecostes, anomalías o desviaciones, estudiar sus causas y tomar las medidas oportunas, como por ejemplo que la potencia contratada no sea la correcta, la existencia de consumos residuales o fuera de los horarios de producción, elevados consumos en determinadas máquinas o equipos, ineficiencias en los sistemas de climatización de los edificios, necesidad de mantenimiento de los equipos, o cualquier incidencia o ineficiencia en los consumos. Otra ventaja de estos sistemas, es la creación de alarmas sobre las desviaciones en el funcionamiento y las posibles ineficiencias que puedan darse por consumos anómalos en la instalación, o por deterioros de las máquinas o cualquier desviación en los consumos normales de la empresa. Estas alarmas, podrán asignarse a cualquier miembro del equipo o colaboradores en el control energético. (Smarkia, 2016)

La implantación de un Sistema de Gestión Energética conlleva la revisión de cualquier aspecto relacionado con la energía de una manera continua. Lo que nos conducirá a una reducción constante de los consumos energéticos y a la obtención de mejores resultados en menor espacio de tiempo. Un Sistema de Gestión Energética nos proporcionará ahorros más estables y continuados en el tiempo. (GEN Europe Soluciones Energéticas S.L, 2016)

La implantación de un Sistema de Gestión Energética en primer lugar da la oportunidad a las organizaciones de tener un autoconocimiento que va a resultar clave respecto al uso que realiza de la energía y respecto a cual es su potencial de ahorro y mejora. Este aspecto es completamente necesario en la actual coyuntura económica y política. El autoconocimiento le proporcionará elementos para la toma de decisiones que permitirán mantener y aumentar su competitividad. En segundo lugar proporciona un medio para gestionar la energía de forma activa, y para disponer de documentación ordenada y registros fiables en relación a los ahorros conseguidos y sobre los proyectos en los que se va embarcando para conseguir los objetivos. También puede suponer la posible aplicación de desgravaciones fiscales.

1.9 Herramientas que facilitan el establecimiento de líneas base e indicadores de desempeño energético.

- Diagrama energético productivo: Relacionan las actividades productivas de la organización con los procesos, los consumos y flujos de energía que ocurren dentro de ellos. No existe una manera única de realizar un diagrama energético-productivo y su efectividad depende de la claridad con que logren expresar los usos de la energía de la organización. (SGIE, 2014)
- Diagrama de Pareto: Muestran los consumos energéticos de las áreas de la empresa en un diagrama de barras, empezando por las áreas con mayor consumo y mostrando en el mismo gráfico una línea con la frecuencia relativa acumulada. Los gráficos de Pareto permiten identificar que, generalmente, unas pocas áreas de la empresa concentran la mayoría de los consumos. (SGIE, 2014)
- Estratificación: La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. (Juvier Díaz, 2016)
- Diagrama de Sankey: Muestran a través de flechas la manera en que se va desagregando el consumo de la energía en la empresa o en operaciones específicas dentro de ella. El ancho de la parte inicial de las flechas representa la energía de entrada y los cuellos de las flechas de salida son proporcionales a los usos finales de energía, obedeciendo a la ley de conservación de la energía. (SGIE, 2014)
- 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. (Juvier Díaz, 2016)
- Gráfico de consumo y producción en el tiempo: Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos. (Juvier Díaz, 2016)

- Diagramas de dispersión y correlación: Es un gráfico que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (x, y) si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta. Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no. (Juvier Díaz, 2016)
- Diagramas de consumo – producción: Este gráfico de energía contra producción puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. (Juvier Díaz, 2016)
- Diagrama energía – producción: Partiendo de un gráfico de dispersión entre energía y producción, se identifica la relación existente entre la producción de la empresa y la energía requerida para obtener cada producto. Entre otros aspectos, el gráfico permite identificar potenciales de mejora por energía no asociada a la producción. (SGIE, 2014)
- Diagrama índice de consumo – producción: Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico energía contra producción y la ecuación, $E = m.P + E_0$ con un nivel de correlación significativo. El gráfico es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión $E = f(p)$. (Juvier Díaz, 2016)
- Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas: Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. Como utilidad de esta herramienta da a conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos. (Juvier Díaz, 2016)

1.10 Norma ISO 50001:2011 sobre Sistemas de Gestión de la Energía.

La norma ISO 50001, Energy Management Systems, publicada en junio de 2011, establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como también incrementar sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la

productividad. Esta norma fue publicada oficialmente el 15 de junio de 2011 por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). (AChEE, 2012)

Para la ISO, la gestión energética es uno de los cinco campos principales dignos del desarrollo y la promoción que ofrecen las Normas Internacionales y se espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo. En Diciembre del 2011 Cuba realiza la adopción de la ISO 50001 como Norma Nacional idéntica con la referencia NC ISO50001: 2011 (CEEMA, 2014)

ISO 50001 se basa en el modelo ISO de sistema de gestión familiar para más de un millón de organizaciones en todo el mundo que aplican normas como la ISO 9001 (gestión de calidad), ISO 14001 (gestión ambiental), ISO 22000 (seguridad alimentaria), ISO/IEC 27001 (información de seguridad). En particular, la norma ISO 50001 sigue el proceso Planificar-Hacer-Verificar-Actuar de mejora continua del sistema de gestión de la energía. (ISO, 2011)

- Planificar: realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- Hacer: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el Sistemas de Gestión Energética.

1.11 Objetivos que persigue la Norma ISO 50001.

Establece los requisitos para implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía. Proporciona al sector público y privado las estrategias de gestión para aumentar

la eficiencia energética, reducir costos y mejorar el desempeño energético. Ayuda a las organizaciones a hacer un mejor uso de sus activos disponibles que consumen energía. (Muñoz Trejo, 2015)

El objetivo de la norma ISO 50001 es proporcionar a las organizaciones, independientemente de su tamaño, ubicación geográfica, cultura organizacional o sector de actividad, una herramienta que permita la reducción de los consumos de energía, los costos asociados y la protección del medio ambiente, permitiendo establecer un sistema de gestión de la energía coherente e integral para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. (Vega Vega, 2016)

Fomentar eficiencia energética en las organizaciones. Fomentar el ahorro de energía. Fomentar la mejora en el desempeño energético. Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático. Garantizar el cumplimiento de la legislación energética. Incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentes. (Muñoz Trejo, 2015)

1.12 Ventajas e importancia de implementar la Norma ISO 50001.

Según (APCER, 2016) la implantación de la ISO 50001 en cualquier organización aportará una serie de ventajas sobre los resultados operacionales de la misma. En particular:

- Impulsar la eficiencia energética de la organización.
- Reducir los impactos medioambientales, especialmente la disminución de la emisión de CO₂ a la atmósfera.
- Incentivar la utilización de energías alternativas y renovables.
- Cumplir los requisitos legales.
- Reducir los costes.
- Reforzar la imagen de la organización en relación a las cuestiones ambientales.

Pretende ayudar a las organizaciones a mejorar su rendimiento y eficiencia energética, así como a reducir su impacto en el cambio climático. La norma establece el marco para gestionar la energía en plantas industriales, establecimientos comerciales y otras organizaciones. (AEC, 2017)

- Desarrollar una política para un uso más eficiente de la energía.
- Fijar objetivos para cumplir con la política.
- Utilizar los datos para entender mejor y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía.
- Medir los resultados.
- Revisar la eficacia de la política.
- Mejorar continuamente la gestión de la energía.

Según (División de Certificación, 2017) con la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según ISO 50 001, las organizaciones ganan sólidas ventajas competitivas y consiguen ahorros significativos.

- Visión objetiva y exhaustiva del uso y consumo de la energía.
- Proyección del consumo futuro y listado de posibilidades de ahorro.
- Orden jerárquico de los usos energéticos para focalizar esfuerzos.
- Establecimiento de una línea de base y monitoreo de las operaciones.
- Palanca para la motivación del personal.
- Herramienta de reporte para partes interesadas.
- Prueba de compromiso con la sostenibilidad.

Según (Quality Evaluations, Inc, 2015) ISO 50 001 proporcionará a las organizaciones del sector público y privado con las estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir los costos y mejorar el rendimiento energético. La norma está destinada a proporcionar a las organizaciones un marco para la integración de rendimiento energético en sus prácticas de gestión. La norma está destinada a lograr lo siguiente:

- Asistir a organizaciones en hacer un mejor uso en el consumo de energía de sus activos existentes
- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos
- Promover prácticas óptimas de gestión de energía y reforzar buenos comportamientos de gestión de la energía
- Asistir a las instalaciones en la evaluación y priorización en la implementación de nuevas tecnologías de eficiencia energética
- Proporcionar un marco para promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro
- Facilitar la mejora de gestión energética para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como medio ambiente, salud y seguridad
- Mejorar la reputación, mejorar la imagen de marca, mediante la demostración a los accionistas, clientes y empleados, el compromiso de la organización para reducir el consumo de energía
- Diferenciarse de sus competidores, demostrando que su organización toma en serio el impacto ambiental
- Impulsar la innovación, mediante el aumento de su gama disponible de nuevas oportunidades de negocios, ayudando a satisfacer las necesidades de la cadena de suministro y las necesidades de los clientes contractuales.

La energía puede imponer costos ambientales y sociales de agotamiento de los recursos y contribuir a disminuir los problemas del cambio climático. Compañías manufactureras no pueden controlar los precios de la energía, las políticas del gobierno o la economía global, pero si pueden mejorar la forma de gestionar la energía. (Muñoz Trejo, 2015)

Ya son muchos los países y organizaciones que lograron comprender la verdadera importancia de una correcta gestión de su energía. Más allá de exigencias externas que puedan existir, el desempeño energético de una organización está directamente relacionado con sus costos y con su impacto al medio ambiente. ISO 50001 es la Norma

Internacional que viene a cumplir la función de estandarizar y sistematizar la gestión energética, en búsqueda de beneficios para los tres pilares del desarrollo sustentable: el cuidado medioambiental, la rentabilidad y la responsabilidad social. (Sejzer, 2016)

1.13 Metodología para la implementación de un Sistema de Gestión Energética.

Para llevar a cabo el diseño e implementación de un Sistema de Gestión Energética en el contexto del ciclo de mejora continua Planear/Hacer/Verificar/Actuar (PHVA). En cada etapa de la metodología se describen los pasos que la integran, resaltando los aspectos relevantes que deben tomarse en cuenta en cada uno de ellos. (Hernández Pineda, y otros, 2014)

Tabla 1.1: Etapas del Sistema de Gestión.

Etapa1: Compromiso con el Sistema de Gestión Energética
<p>Paso 1.1 Designar un representante de la dirección</p> <p>Paso 1.2 Establecer un equipo de gestión de la energía</p> <p>Paso 1.3 Definir una Política Energética.</p> <p>Paso 1.4 Definir alcance y límites del Sistema de Gestión Energética.</p>
Etapa2: Evaluar el desempeño energético
<p>Paso 2.1 Identificar y evaluar requisitos legales y otros.</p> <p>Paso 2.2 Recopilar datos energéticos</p> <p>Paso 2.3 Establecer la línea de base energética</p> <p>Paso 2.4 Analizar datos energéticos</p> <p>Paso 2.5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías</p>

<p>Paso 2.6 Establecer puntos de referencia</p> <p>Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento</p>
<p>Etapa3: Establecer objetivos y metas.</p>
<p>Paso 3.1 Determinar el marco de trabajo</p> <p>Paso 3.2 Estimar el potencial de mejora</p> <p>Paso 3.3 Definir objetivos y metas.</p>
<p>Etapa4: Crear planes de acción.</p>
<p>Paso 4.1 Definir etapas y fines.</p> <p>Paso 4.2 Asignar funciones y destinar recursos.</p>
<p>Etapa 5: Poner en práctica los planes de acción</p>
<p>Paso 5.1 Elaborar un plan de comunicación</p> <p>Paso 5.2 Sensibilizar al personal</p> <p>Paso 5.3 Fortalecer competencias</p> <p>Paso 5.4 Motivar al personal</p>
<p>Etapa 6: Evaluar el progreso</p>
<p>Paso 6.1 Dar seguimiento y control</p> <p>Paso 6.2 Medir los resultados</p> <p>Paso 6.3 Revisar los planes de acción</p>
<p>Etapa7: Reconocer logros</p>

Paso 7.1 Proporcionar reconocimiento interno
Paso 7.2 Recibir el reconocimiento externo
Etapa8: Asegurar la mejora continua del Sistema de Gestión Energética.
Paso 8.1 Realizar revisiones por la dirección
Paso 8.2 Tomar decisiones para mejorar el Sistema de Gestión Energética.

1.14 Ejemplos de Sistemas de Gestión Energética en Cuba.

En la Empresa Cementos Cienfuegos S. A., se desarrolló una experiencia con el objetivo general de integrar el sistema de gestión energética al sistema de gestión de la empresa. Se utilizaron diversas técnicas de recopilación de la información como tormenta de ideas, observación directa, revisión de documentos, entrevistas y cuestionarios. El procesamiento de los datos se realiza utilizando los software estadísticos, identificando las áreas, equipos y personal claves en el consumo y gastos de portadores energéticos; los índices de consumo que no se pueden emplear como indicadores de desempeño energético de la empresa; el nivel de competencia en que se encuentra la misma en materia de gestión energética y se propusieron un conjunto de elementos del sistema de gestión energética que deben ser integrados al sistema de gestión integral de la empresa. (Lapido Rodríguez, 2015)

En los centros universitarios también se han realizado acciones para comenzar la implementación de esta norma. Por ejemplo, en la Universidad de Cienfuegos en el 2011 se elaboró una norma empresarial de Gestión Energética utilizando la ISO 50001 como norma de referencia. Ello incluyó la definición de indicadores de desempeño energético que permiten a la alta dirección la toma de decisiones para el uso racional y eficiente de los portadores energéticos adquiridos. Los autores determinaron las principales variables universitarias con influencias en el consumo de energía y realizaron un estudio estadístico de las mismas, proponiendo un grupo de indicadores de consumo particulares para esta entidad. (Lapido Rodríguez, 2015)

En la investigación titulada “Diseño de reglamento e indicador de gestión energética. Aplicación en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Sancti Spiritus” se desarrolla un procedimiento que comienza con la elaboración de un diagnóstico energético mediante la utilización de herramientas de la Tecnología de gestión total eficiente de la energía, se diseña y propone un reglamento que sitúe la gestión energética dentro de la base reglamentaria de la organización estudiada, creando de esta manera las condiciones necesarias para planificar, ordenar, administrar y controlar el uso de los portadores energéticos. (Revista Caribeña de Ciencias Sociales, 2013)

La investigación titulada “Implementación de la Tecnología de gestión total eficiente de la energía en la Planta de Hielo de Sancti Spiritus”, refiere la aplicación de un procedimiento para la mejora de la eficiencia energética que consiste en cuatro escalones invariables, tales como: definición de los procesos altos consumidores y organización del equipo de mejoramiento que debe hacer una valoración de cada problema; diagnóstico de recorrido en el que se identifican las causas, origen y sostén; identificación de oportunidades, propuesta de alternativas de solución donde se analiza el proyecto de mejora; evaluación del proyecto de mejora, se proponen las direcciones factibles que permitirán alcanzar y mantener los nuevos indicadores de eficiencia energética. (Revista Caribeña de Ciencias Sociales, 2013)

1.15 Indicadores de Eficiencia Energética.

Los indicadores son parámetros capaces de proporcionar de una forma relevante y resumida el comportamiento y la evolución de la empresa con respecto a los aspectos susceptibles de estudio y seguimiento. Estos indicadores permiten la comparación con respecto a índices internacionales para los mismos sectores industriales y pueden ser la base para el desarrollo de programas de optimización energética. Si el consumo específico de un proceso aumenta, esto quiere decir que la eficiencia del mismo está disminuyendo, y viceversa. (edinn, 2010)

- Consumo específico de energía = Consumo total de energía (Giga Julios)
- Rendimiento producto (UP)

- Cuota de fuente de energía = (%)
- Consumo por fuente de energía (Giga Julios)
- Consumo total de energía (Giga Julios)
- Intensidad energética = (%)
- Consumo de energía de un proceso (producto) en (GJ)
- Consumo total de energía (GJ)

La eficiencia energética se puede medir a través de indicadores que, a su vez, miden la variación de consumos unitarios de energía en el tiempo. El uso de indicadores energéticos permite también contar con información acerca de las tendencias del consumo histórico, y también pueden ser empleados para proyectar la demanda futura de energía. Los indicadores energéticos sirven para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Estos indicadores permiten identificar dónde se pueden efectuar ahorros de energía, tanto en una empresa como a nivel agregado, en una economía. (ESAN, 2016)

(Llosas Albuérne, 2010) Propone los siguientes indicadores:

Índices de consumo:

- Energía consumida / Producción realizada
- Energía consumida / Servicios prestados
- Energía consumida / Área construida

Índices de Eficiencia:

- Energía real / Energía teórica
- Energía producida / Energía consumida

Índices Económicos - Energéticos:

- Gastos Energéticos / Gastos Totales
- Gastos energéticos/Ingresos (ventas)
- Energía total consumida / Valor de la producción total realizada (Intensidad Energética)

1.16 Conclusiones parciales del capítulo.

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

1. Es importante implantar un Sistema de Gestión Energético ISO 50 001 permite establecer un programa para reducir consumo de energía, lograr beneficios económicos, sociales y ambientales, crear un terreno favorable para la innovación y lograr ser una empresa responsable en la gestión de la sostenibilidad energética.
2. La Norma ISO 50 001 para la implementación de un sistema de ahorro energético es más abarcadora que otras que la precedieron y que aparecen en la literatura consultada pues integra no solo el concepto aislado de ahorro de energía si no que lo relaciona directamente con el aspecto ambiental.
3. Para lograr implantar eficientemente la Norma ISO 50001 es necesario adoptar un estilo más sostenible con respecto al uso de la energía, proponer medidas de ahorro energético y de ser posible invirtiendo en equipamiento energéticamente más eficiente.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL COMBINADO LÁCTEO DE CÁRDENAS.

En el presente capítulo se desarrolla la metodología para la implementación de un sistema de gestión acorde a la norma ISO 50001, en una empresa de producción de Queso Crema, empleando un sistema de gestión de la energía.

2.1 Descripción del combinado lácteo.

El Combinado Lácteo: “Germán Hernández Salas” es un establecimiento que pertenece a la Empresa de Productos Lácteos Matanzas. Está ubicado en el municipio Cárdenas, específicamente en la Carretera Cárdenas-Coliseo km 1, reparto 2 de Diciembre. Aquí se produce Queso Crema, Helado, Dulce de Leche Fluido, Natilla, Refresco, Mezcla para Batido, Lactosoy y Chocolate, también se embolsa Leche Entera y Descremada.

En este trabajo se comprometen solo las producciones terminadas pertenecientes a la planta productora de queso crema y se venden según muestra la tabla 2.1 a diferentes sectores estatales.

Tabla 2.1: Producciones terminadas de queso crema y destinos.

<i>Denominación de producto</i>	<i>Formato en el que se comercializa.</i>	<i>Destinos</i>
Queso Crema Vaca a granel	Bolsas de 20 Kg	Salud, Gastronomía, Educación, MININT, MINFAR, MINAL, Organismos, Reservas del CAP, Establecimientos, Deportes y Gobierno.
Queso Crema Vaca	Cubos de 4 Kg	Comercializadora
Queso Crema Nora	Bolsas de 20 Kg	Salud, Gastronomía,

		Educación, MININT, MINFAR, MINAL, Organismos, Reservas del CAP, Establecimientos, Deportes y Gobierno.
--	--	--

2.1.1 Descripción del proceso productivo para la obtención de queso crema.

El queso de crema se elabora a partir de una mezcla compuesta por los ingredientes:

- Leche fresca (se recibe y es almacenada en el tanque de guarda isotérmico con capacidad 10 200 litros, aunque solo se están almacenando aproximadamente 7000 litros)
- Leche Descremada en Polvo o Leche Entera en Polvo

Este proceso es conocido como producción de queso de crema con empaque en frío.

Preparación del cultivo industrial: Inicialmente se prepara el cultivo industrial hasta obtener una densidad de $1,037 \text{ g/cm}^3$ para lograr que la masa estandarizada sea inoculada con microorganismos lácticos (puede durar hasta 6 días) presente en cultivos puros. Las bacterias producen fermentación láctea en la que transforman los azúcares de la leche en ácidos lácticos, efectuando la coagulación de la mezcla. Por lo general 500 L de leche son vertidos en un tanque isotérmico y se estandariza con Leche Descremada en Polvo (o se disuelve Leche Descremada en Polvo y agua). A través del serpentín se hace circular vapor de agua, la mezcla alcanza 92°C , permaneciendo en ese valor por media hora aproximadamente. Posteriormente circula agua a temperatura ambiente con el objetivo de disminuir la temperatura de la leche para cultivo industrial hasta la temperatura de inoculación del cultivo técnico (T entre 25 y 27°C). Se inocula el cultivo técnico (que viene del laboratorio) de 1 a 1,5% y se agita de 5 a 10 minutos. Luego se pasa agua helada hasta alcanzar una temperatura de 23°C . Debe dejarse 24 horas para poder comenzar a utilizarlo. La acidez debe oscilar entre 0,85 y 0,94%. Debe evitarse los bombeos a alta velocidad y la espuma porque la tensión superficial destruye las bacterias

y debe garantizarse la completa homogenización del inóculo para que se produzca la coagulación homogénea

El queso crema es producido de una mezcla láctea enriquecida en grasa (masa estandarizada). La caseína es una proteína presente en la leche que precipita cuando se acidifica la leche ayudando a la formación del coágulo consistente. Además su hidrólisis enzimática genera una nueva proteína, denominada para- κ -caseína que en el proceso de maduración forman unos macropéptidos denominados γ -caseínas, responsables de las características reológicas y organolépticas de los quesos. Dicha mezcla es estandarizada con el objetivo de normalizar la grasa (aproximadamente 10%, por encima de este valor puede provocar inhibición) y los SNG (aproximadamente 7%) para obtener un producto terminado que cumpla con las especificaciones establecidas. Entre 600 y 700 litros de leche fluida pasan al tanque disolutor de grasa, donde se agrega aceite vegetal a una temperatura de 65 a 70 °C aproximadamente (previamente fundida en dos tanques con agua caliente) y es agitada por medio de bomba recirculadora. Una vez disuelta, comienza el proceso de homogenización con el objetivo de distribuir uniformemente los glóbulos de grasa en la mezcla normalizada (homogenizador de 5000 litros/h y la presión de homogenización entre 150 y 200 kgf/cm²). Después pasa nuevamente al tanque de guarda para estandarizar el resto de la leche que quedó allí.

Cuando la masa está estandarizada pasa al pasteurizador (un pasteurizador a placas de 5000 litros/h, termómetro de 0 a 100°C) que consta de 3 secciones: una de pasteurización, una de intercambio y una de frío. Se pasteuriza con la intención de disminuir las poblaciones patógenas de microorganismos y desactivar las enzimas que modifican el sabor (se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición ya que a temperatura superior a este valor las micelas de la caseína se coagulan irreversiblemente, se cuajan). En la leche los microorganismos activan sus poblaciones creciendo de forma óptima en el intervalo de temperatura de 25 °C a 37 °C con la pasteurización se reducen las colonias y se eliminan también los microorganismos más termosensibles, como los coliformes, inactivándose la fosfatasa alcalina. A pesar de aplicar la pasteurización, la leche tratada sigue conteniendo actividad microbiana, por

regla general bacterias lácticas (no patógenas, aunque sí capaces de hacer fermentar la leche) y es necesaria la refrigeración.

El proceso de calentamiento de la pasteurización, si se hace a bajas temperaturas, tiene además la función de detener los procesos enzimáticos. Primeramente pasa por la zona de intercambio donde se eleva la temperatura de la mezcla normalizada hasta el calor apropiado para su homogenización, posteriormente va al homogenizador y a su regreso comienza la primera pasteurización donde la masa homogenizada se somete a un tratamiento térmico a una temperatura entre 74 y 80°C (entre 1 y 1,5 kgf/cm²) con un tiempo de retención de 16 a 20 segundos. De ahí va a la zona de intercambio para bajar temperatura a través su intercambio térmico con la mezcla proveniente del tanque guarda. La masa homogenizada se enfría hasta 57°C aproximadamente y la mezcla normalizada incrementa su temperatura hasta el calor apropiado para su homogenización. Posteriormente pasa a la sección de frío (Temperatura del agua fría 4°C máximo) hasta alcanzar la temperatura de inoculación (23°C). La masa estandarizada y pasterizada pasa al tanque de maduración para ser inoculada con el cultivo industrial (2 tanques guardas de 10 000 litros y 2 agitadores). Cuando, a aproximadamente, la mitad de la masa estandarizada se le ha hecho la primera pasteurización se le adiciona el cultivo (primeramente se rompe el coágulo para proceder a la inoculación de la mezcla normalizada y pasterizada) y se continúa haciendo la primera pasteurización al resto de la masa estandarizada. La cuajada se deja en completo reposo por un período de 18 horas.

En dicho proceso son eliminados los organismos mesófilos (tienen una temperatura óptima de crecimiento comprendida entre 20°C y 45°C) y los termófilos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura (mínimo de 20 °C y un máximo de 75 °C y las hipertermófilas soportan temperaturas superiores a 75 °C, llegando incluso a superar a veces los 100 °C).

Preparación de la salmuera: se prepara la salmuera con una densidad 21°Be (1,17 g/cm³) que pueda ser utilizada posteriormente en el salado de la masa. La salmuera se pasa por un filtro horizontal que retiene cuerpos extraños. Cuando la salmuera está lista se mantiene en reposo hasta que la cuajada tenga el % de acidez requerido, se agrega a la

cuajada y se agita por 30 minutos (segundo día). La sal además de aportar un sabor salado, se emplea para mejorar la conserva, y para afirmar la textura con su interacción con las proteínas.

En el segundo día la cuajada sufre un proceso de calentamiento, pasa a la sección de pasteurización donde es sometida a tratamiento térmico utilizando agua caliente. La cuajada aumenta la temperatura de 74 a 80 °C con una retención de 10 a 20 segundos. Después pasa a la sección de enfriamiento, intercambiando calor con agua helada y la cuajada alcanza una $T = 8 - 10^{\circ}\text{C}$. Con esta etapa se evita el desarrollo de microorganismos psicrófilos ya que sus temperaturas óptimas de desarrollo se encuentran entre 12 y 15 °C. Si la acidez es alta (>0,68%) se le incorpora agua a la cuajada para disminuir el % de acidez la cuajada pasteurizada y enfriada pasa al tanque balance, se mantiene funcionando el agitador.

Se disuelve la cantidad de sorbato calculada en agua y se agita durante 30 minutos. El ácido sórbico es un compuesto orgánico natural empleado como conservante alimentario en su forma de sales minerales (sorbatos sódicos, potásicos y cálcicos). El sorbato es un agente antimicrobiano, es decir reducen el desarrollo de las levaduras y de mohos en salmueras, mejorando así la vida de mercado del alimento y la flora bacteriana se afecta solo ligeramente. Tiene reducida influencia sobre las características organolépticas.

El proceso continúa con el autodescreme. Del tanque balance, por medio de una bomba positiva (para que no se rompa el coágulo) pasa a los volteadores donde se llenan los sacos con cuajada para extraerle el suero por los orificios del volteador. Se mantiene alrededor de 40 minutos en los volteadores para eliminar parte del suero que contiene la cuajada por autoprensado (los volteadores se llenan con 200 sacos). Se le da media vuelta cada 5 o 10 minutos hasta que la humedad de 60 a 62%.

El proceso de prensado consta de 4 prensas con una capa inicial de hielo troceado los sacos de los volteadores son vertidos y se coloca otra capa de hielo para mantenerlos fríos y evitar aumento de acidez. Con este proceso se acaba de extraer el suero por medio de la prensa. Ahí está hasta el día siguiente en que se toman muestras para analizar que este dentro de los parámetros establecidos (acidez, humedad, grasa). Durante el añejamiento,

nuevos microbios se introducen en el queso, intensificando su sabor. Lentamente la caseína y la grasa se convierten en una compleja red interna de aminoácidos, aminas y ácido graso. De ahí pasa el salón de envase. Diagrama energético productivo (anexo 14)

2.2 Metodología para la implementación de la norma ISO 50 001.

Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50 001, Tercera Edición: Diciembre de 2013; es un proyecto desarrollado por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) en el marco de la “Promoción de Sistemas de Gestión de Energía” de los años 2011 y 2012 del sector Industria, financiada por el Ministerio de Energía. Esta guía está compuesta de cuatro etapas. En una primera sección se describe la metodología, En la segunda se señalan aspectos económicos de la implementación, En la tercera se entregan ejemplos prácticos y por último, en la cuarta se presenta un conjunto de recomendaciones, basados sobre la experiencia adquirida en casos concretos de implementación.

Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Un Proyecto de la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME) y el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología: “Francisco José de Caldas” (COLCIENCIAS) Propone un modelo con etapas y pasos, una definición de resultados y registros en las etapas de instalación y operación para su aplicación en el sector productivo colombiano.

Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011 Ingeniería Energética Vol. XXXV, No. 1/ 2014 p.38-47, Enero/Abril, ISSN 1815 5901 propone un procedimiento para la planificación energética del Sistema de Gestión de la Energía consta de cuatro etapas y se diseña teniendo en cuenta los requerimientos de la NC-ISO 50 001: 2011 y otras normas a nivel mundial referentes a la gestión de la energía y gestión de la calidad, tales como: UNE 21 6301: 2007. Sistema de Gestión Energética, DIN EN 16 001. *Energy Management Systems in Practice A Guide for Companies and Organizations*, ANSI/MSE 2000: 2008. *Management System for Energy*, ISO 9001: 2008. Gestión de la Calidad.

El Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía de La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) con colaboración alemana *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)* de agosto del 2014, Distrito Federal, México se describen explícitamente los pasos que integran la metodología basada en el uso del ciclo de mejora continua Planear/Hacer/Verificar/Actuar (PHVA) integrada por ocho etapas

Al introducir este tipo de sistema, los ejecutivos de más alto nivel están obligados a apoyarlos y se debe asegurar que existan políticas y recursos para que identifiquen y aprovechen las oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía de una instalación por tanto la metodología a implementar en este trabajo es la que se describe en el Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, porque expone claramente los pasos que la forman, resaltando los aspectos relevantes que deben tomarse en cuenta en cada uno de ellos. Asimismo, incluye herramientas que facilitan el diseño e implementación de un Sistema de Gestión Energético.

2.2.1- Descripción de la metodología

La metodología a implementar posee un total de 8 etapas las que se describen a continuación:

Etapas 1: Compromiso con el sistema de gestión de la energía

A partir de las acciones realizadas con la alta dirección de la entidad esta se ha comprometido con la implementación de la norma ISO 50 001 relacionada con la eficiencia energética como herramienta para la implementación un Sistema de Gestión Energético, comprometiéndose a la asignación de los recursos necesarios tanto humanos como económicos para lograr su introducción e incrementar la eficiencia energética del proceso productivo de obtención de queso crema permitiendo mejorar la relación entre costos y nivel productivo.

Paso 1.1 Designar un representante de la dirección.

La dirección de la empresa en su consejo de dirección del mes de enero 2017 seleccionó al energético de la entidad como el máximo responsable para la implementación de la norma ISO 50 001 pues posee la capacidad y autoridad para asegurar que el Sistema de Gestión Energético a implantar se establezca y se lleven a cabo acciones de mejora continua que se decidan.

Paso 1.2 Establecer un equipo de gestión de la energía.

Paralelamente se deberá crear el un grupo de trabajo el cual será encargado de conjunto con el energético de ejecutar el programa de gestión de la energía, el mismo estará encargado de distribuir la carga de trabajo, facilitar la implementación del sistema y apoyar la toma de decisiones por parte de la alta dirección. De acuerdo con el proceso productivo se deberá seleccionar en este grupo al personal más preparado y que tenga una incidencia directa con el uso de portadores energéticos o con el ahorro de ellos o simplemente que guarden relación estrecha con el mantenimiento de la instalación.

Por tanto, se propone que el grupo de trabajo para la introducción de la norma esté compuesto en este caso de la forma siguiente:

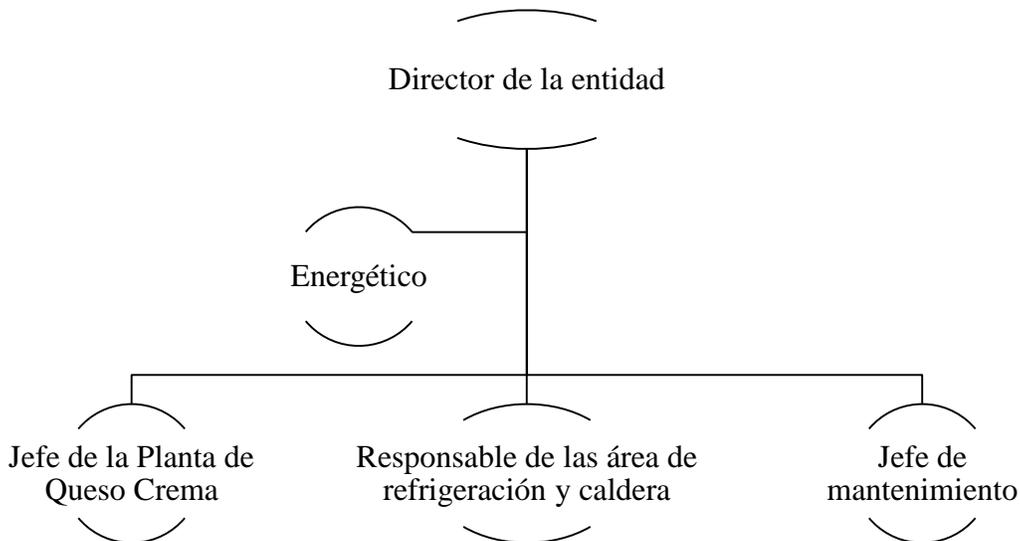


Figura 2.1 Estructura organizativa del Sistema de Gestión Energético

Paso 1.3 Definir y escribir una política energética

Para describir una política energética para la entidad se deberán tener en cuenta una serie de aspectos relacionados con el consumo energético de la línea productiva objeto de análisis, para conducir la organización a la correcta implantación del sistema de gestión entre ellas se deberán tener en cuenta lo siguiente:

- Uso eficiente de la energía en sus instalaciones.
- Fijar metas y objetivos para garantizar el mejoramiento continuo del comportamiento de la energía.
- Identificar las áreas que representan el más alto consumo de energía.
- Mejorar los hábitos de consumo de energía referidos a su ahorro.
- Mejorar la tecnología existente para que el consumo de energía en las instalaciones sea más eficiente.

Paso 1.4 Definir el alcance y límites del Sistema de Gestión Energético

Este sistema de gestión energético compromete a todo el personal del Combinado Lácteo relacionado de forma directa o indirecta con la producción de queso crema. Para este sistema se deberá definir:

1. Definir el alcance en términos de la extensión de actividades en:
 - Oficinas.
 - Sucursales.
 - Plantas.
 - Instalaciones o edificaciones.
 - Actividades/operaciones.
2. Definir los límites físicos u organizacionales en términos de:
 - Sistemas de energía.
 - Equipos.

Etapa 2: Evaluar el desempeño energético

En esta etapa se caracteriza la situación energética presente de la organización para realizar una comparación con los consumos pasados y prever los consumos futuros de energía. Para llegar a evaluar el desempeño energético de la organización es necesario analizar sus consumos e identificar las variables relevantes que afectan el uso y consumo de la energía.

Es importante destacar que al final de esta etapa y con la correcta realización de todos los pasos se obtiene la clasificación del consumo actual de energía por tipo de combustible, procesos, instalaciones, líneas de producción, identificación de las instalaciones de alto desempeño para el reconocimiento y prácticas replicables, priorización de las instalaciones de bajo desempeño para la implementación de mejoras inmediatas, comprensión de la contribución de los gastos de energía en los costos operativos, desarrollo de una perspectiva histórica y el contexto de las acciones y decisiones futuras, establecimiento de puntos de referencia para la medición y reconocimiento a buenos desempeños.

Paso 2.1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole:

Para establecer el procedimiento en la identificación, evaluación y actualización de los requisitos legales entre otros y su documentación, se deberá tener en consideración las actividades, procesos y los equipos con los que cuenta la instalación.

Para identificar los requisitos legales y otros en materia de energía, es indispensable consultar contratos, normas, programas, políticas y estándares corporativos.

Paso 2.2 Recopilar datos energéticos.

La metodología a implantar, presupone la recopilación, seguimiento y análisis de los datos energéticos y tendrá en cuenta el cumplimiento del siguiente procedimiento:

- 1- Determinar el nivel de detalle adecuado.

El nivel de detalle utilizado en esta organización está enfocado en el análisis de las facturas de servicio de la energía para el período de un año.

- 2- Identificar documentos de usos y consumos de energía.
- 3- Recopilar datos operativos en instalaciones.

A continuación muestra los datos no relacionados con la energía en la instalación y que deberán tenerse en cuenta.

- Tamaño de la instalación.
 - Horas de operación.
 - Niveles de producción.
 - Cantidad de áreas.
- 4- Contabilizar todas las fuentes de energía.

En la siguiente tabla se recopilan todas las fuentes de energía que utiliza el establecimiento.

Tabla 2.2: Enfoque de gestión de la energía.

<i>Matriz energética</i>		<i>Insumos que influyen en los procesos</i>
<i>Energías primarias</i>	Petróleo	Agua
<i>Energías secundarias</i>	Gasolina	Lubricantes
	Electricidad	Sustancias químicas
	Gas LP	

Para analizar estos portadores energéticos se realizan gráficos de consumo contra producción. Se hará uno para cada portador energético y serán establecidos a nivel de organización para poder visualizar el comportamiento simultáneo del consumo de portadores y la producción realizada en un año de trabajo

Paso 2.3 Establecer la Línea de Base Energética.

La línea base se construye a partir de los indicadores de desempeño energético, los cuales son una cuantificación del consumo de energía en función de costos, salidas de productos, bienes o servicios correspondientes al período establecido para esta organización de un año y se podrán contabilizar de la forma en que se muestra a continuación:

Tabla 2.3: Indicadores energéticos para el combinado lácteo.

<i>Consumo</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidad</i>
Electricidad para iluminación en la organización	Consumo eléctrico por unidad de superficie.	MWh/m ²
	Consumo eléctrico por trabajador.	MWh/trabajador
	Consumo eléctrico por unidad de producto terminado.	MWh/ton
Consumo de petróleo para la producción.	Petróleo consumido por unidad de producto terminado.	lts/ton
Consumo de combustible para el transporte del personal.	Consumo de Diesel por distancia recorrida.	lts/km
	Consumo de Diesel por trabajador.	lts/trabajador
Consumo de gas GL	Gas consumido por trabajador.	kg/trabajador
Consumo de energía	Gastos en energía por total de ventas.	\$
	Cantidad de energía consumida por unidad de producto terminado.	TCE/ton

	Consumo total de energía por valor de la producción total realizada. (intensidad energética)	TCE/\$
Producción	Cantidad de producto producido por cantidad de producto planificado.	t
Energéticos	Gastos en energéticos por gastos totales de la empresa.	%

Tabla 2.4: Indicadores energéticos para el área de vapor.

<i>Indicador</i>	<i>Unidad</i>
Vapor generado / Consumo de combustible	kg _{vaporgen} /ton _{combustible}
Volumen de agua neta consumida / Vapor generado	kg _{agua} / kg _{vaporgen}
Vapor generado / Volumen de producción	kg _{vaporgen} /ton _{Producción}
Eficiencia de la combustión en el generador de vapor	%

Tabla 2.5: Indicadores energéticos para el área de refrigeración.

Indicador	Unidad
Efecto refrigerante	KJ/kg
Capacidad de refrigeración	KW
Calor rechazado en el condensador	KW
Coficiente de funcionamiento del ciclo real (COP)	adimensional

Paso 2.4 Analizar datos energéticos.

Para analizar correctamente los datos energéticos es importante investigar todas las entradas de energía y realizar un balance por proceso o sistema. Para ello existen varias herramientas que ayudan a la selección de los usos significativos de la energía, en este caso se propone emplear el diagrama de Pareto porque tiene la utilidad de 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, las mayores pérdidas energéticas o los mayores 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, y la de determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas anteriores y posterior a la mejora.

La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular por tanto después de haber realizado el diagrama para identificar la causa general es necesario encontrar la causa particular del efecto aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general.

Paso 2.5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías.

Para la entidad se hace necesario realizar auditorías o controles sistemáticos que aseguren el buen funcionamiento del sistema de gestión definido. Conocer la línea de base energética de la organización y el desempeño energético es parte de la información necesaria para llevar a cabo una auditoría o revisión energética.

El responsable de llevar a cabo las auditorías y evaluaciones en la entidad es un grupo de trabajo conformado por el director del combinado, el jefe de producción, el jefe de mantenimiento, el económico y el energético, que mediante exámenes exhaustivos evalúan el rendimiento real de los sistemas y equipos de una instalación contra su nivel de rendimiento de diseño o en contra de la mejor tecnología disponible.

Para la correcta realización de las tareas es necesaria la colaboración del grupo de expertos para poder planificar y desarrollar la estrategia a seguir y para redactar un informe final donde queden plasmados los resultados obtenidos, las recomendaciones y

medidas a tener en cuenta para reducir el consumo de energía y mejorar el desempeño energético.

Durante la auditoría el energético realizará primeramente un diagrama de índice de consumo contra producción terminada para evaluar la eficiencia energética, para lo cual es necesario hacer primero un gráfico de energía contra producción con un nivel de correlación significativo.

Valores de índice de consumo por debajo de la curva que representa el comportamiento del índice durante el período 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 índice de consumo real (sobre la curva) y el índice de consumo teórico (en la curva) para igual producción.

También para conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos, comparar la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción, determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base y evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía se utiliza un gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM).

En caso de ser detectado algún problema se procede a la realización de un análisis más particular en las áreas, verificando sus equipos a través de sus parámetros más significativos y proponiendo acciones correctivas para obtener resultados satisfactorios.

Todas las anomalías encontradas y acciones correctivas propuestas serán plasmadas en el informe final.

El informe deberá contener los aspectos siguientes:

- Medición de los flujos energéticos.
- Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- Efectuar balances de materia, energía y exergía.

- Efectuar balances termoeconómicos.
- Calcular índices energéticos o de productividad y actualizar los de diseño.
- Determinar potenciales de ahorro de energía.
- Calcular potenciales de incremento de la eficiencia energética.
- Ejecutar inversiones para el ahorro o el incremento de la eficiencia de ser necesario.
- Recopilar y procesar la información estadística sobre los consumos y la eficiencia energética.

Paso 2.6 Establecer puntos de referencia.

El establecer los puntos de referencia tiene como propósito asimilar e implementar las mejores prácticas de manera sistemática y continua. Los pasos clave en la evaluación comparativa incluyen:

- Determinar el nivel de evaluación comparativa (por ejemplo, los equipos, las líneas de proceso, instalaciones de la organización).
- Desarrollar indicadores.
- Llevar a cabo las comparaciones.
- Seguimiento de rendimiento en el tiempo.

Los puntos de control establecidos serán comparados con un desempeño pasado. Una comparación actual contra un desempeño histórico establecido en una línea de base energética.

Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento.

El sistema de seguimiento energético de esta entidad está desarrollado en una hoja de cálculo *Microsoft Excel* para facilitar su uso, actualización, mantenimiento y comprensión por parte de todos los niveles de la organización. Además se utiliza el

programa *Superpro 6* para la realización del balance de masa del proceso de producción de queso crema.

Metodología del programa de Cálculo:

Primeramente se analiza energéticamente al generador de vapor empleando las ecuaciones siguientes:

$$\eta = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{disp}}} 100, \quad (2.1)$$

Donde η es el rendimiento energético, $Q_{\text{útil}}$ es el calor útil o absorbido y Q_{disp} es el calor disponible o cedido.

$$Q_{\text{útil}} = m_{\text{vapor sat}}(h_{\text{vapor sat}} - h_{\text{agua}}), \quad (2.2)$$

Donde $m_{\text{vapor sat}}$ es la masa de vapor saturado, $h_{\text{vapor sat}}$ es la entalpía del vapor saturado y h_{agua} la entalpía del agua.

$$Q_{\text{disp}} = m_{\text{aire}}h_{\text{aire}} + m_{\text{comb}}BCI + m_{\text{agua}}h_{\text{agua}}, \quad (2.3)$$

Donde m_{aire} es la masa del aire, h_{aire} la entalpía del aire, m_{comb} la masa del combustible, BCI es el valor calórico inferior del combustible y m_{agua} la masa del agua.

Para analizar exergéticamente el generador de vapor se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$N_{\text{ex}} = \frac{B_{\text{útil salida}}}{B_{\text{entrada}}} 100, \quad (2.4)$$

Donde N_{ex} es el rendimiento exergético, $B_{\text{útil salida}}$ es la exergía útil de salida y B_{entrada} es la exergía de entrada.

$$B_{\text{entrada}} = m_{\text{comb}}ex_{\text{comb}} + m_{\text{aire}}[(h_{\text{aire}} - h_{o_{\text{aire}}}) - t_o(S_{\text{aire}} - S_{o_{\text{aire}}})] + m_{\text{agua}}[(h_{\text{agua}} - h_o) - t_o(S_{\text{agua}} - S_o)], \quad (2.5)$$

Donde ex_{comb} es la exergía del combustible, h_{aire} la entalpía de referencia al medio ambiente del aire, t_o es la temperatura ambiente, S_{aire} es la entropía del aire, S_{Oaire} es la entropía de referencia al medio ambiente del aire, h_o es la entalpía de referencia al medio ambiente del agua, S_{agua} es la entropía del agua y S_o es la entropía de referencia al medio ambiente del agua.

$$B_{\text{útil salida}} = m_{\text{vapor}}[(h_{\text{vapor sat}} - h_o) - t_o(S_{\text{vapor sat}} - S_o)], \quad (2.6)$$

Donde $S_{\text{vapor sat}}$ es la entropía del vapor saturado.

Para calcular la exergía química del combustible (petróleo) se emplea la ecuación para petróleo crudo y sus derivados.

$$ex_{\text{petróleo}} = K(1066 + 67,4\omega + 1875v + 3784\sigma - 177,8\zeta), \quad (2.7)$$

Donde los coeficientes se calculan de la siguiente forma y dependen de la composición del combustible compuesto por carbono(c), hidrógeno(h), oxígeno(o), nitrógeno(n) y azufre(s).

$$K = 7,817c, \quad (2.8)$$

$$\omega = \frac{6h}{c}, \quad (2.9)$$

$$v = \frac{3n}{7c}, \quad (2.10)$$

$$\sigma = 1 + \left(3h - \frac{o-s}{c}\right), \quad (2.11)$$

$$\zeta = \frac{3s}{8c}, \quad (2.12)$$

Para calcular el costo exergético se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{Costo exergético} = \frac{1}{N_{ex}}, \quad (2.13)$$

Análisis del ciclo de refrigeración por compresión de amoníaco.

Primeramente se analiza energéticamente el ciclo empleando las ecuaciones siguientes:

$$W_{\text{útil}} = (h_2 - h_1)F, \quad (2.14)$$

Donde $W_{\text{útil}}$ es el trabajo útil, h_2 es la entalpía del refrigerante a la entrada del condensador, h_1 es la entalpía del refrigerante a la salida del evaporador y F es el flujo de refrigerante.

$$Q_e = (h_1 - h_4)F, \quad (2.15)$$

Donde Q_e es el efecto refrigerante y h_4 es la entalpía del refrigerante a la entrada del evaporador.

$$Q = Q_e * F, \quad (2.16)$$

Donde Q es la capacidad de refrigeración.

$$Q_c = (h_2 - h_3) * F, \quad (2.17)$$

Donde Q_c es el calor rechazado en el condensador y h_3 es la entalpía del refrigerante a la salida del condensador.

$$\text{COP} = Q_e/W, \quad (2.18)$$

Donde COP es el coeficiente de funcionamiento del ciclo real.

$$\text{COP}_{\text{R Carnot}} = \frac{1}{T_H/T_L - 1}, \quad (2.19)$$

Donde $\text{COP}_{\text{R Carnot}}$ es el coeficiente de funcionamiento invertido de Carnot, T_H es el medio a alta temperatura y T_L es el medio a baja temperatura.

Para analizar exergéticamente el ciclo de refrigeración se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$e = (h_1 - h_o) - T_o * (s_1 - s_o), \quad (2.20)$$

Donde e es la exergía física, h_1 es la entalpía de la corriente, h_o es la entalpía de referencia al ambiente, T_o es la temperatura de referencia al ambiente, s_1 es la entropía de la corriente, s_o es la entropía de referencia al ambiente.

$$e_{\text{dest}} = T_o * S_{\text{gen}}, \quad (2.21)$$

Donde e_{dest} es la exergía destruida y S_{gen} es la entropía generada.

$$N_{\text{ex}} = e_{\text{rec}}/e_{\text{dest}}, \quad (2.22)$$

Donde N_{ex} es el rendimiento exergético y e_{rec} es la exergía recuperada.

$$X_{Q_L} = Q_L(T_o - T_L/T_L), \quad (2.23)$$

Donde X_{Q_L} es el flujo de exergía correspondiente al calor transferido del medio de baja y Q_L es la magnitud de calor extraído del espacio refrigerado a T_L .

$$e_{\text{dest}_{\text{tot}}} = e_{\text{dest}_{1-2}} + e_{\text{dest}_{2-3}} + e_{\text{dest}_{3-4}} + e_{\text{dest}_{4-1}}, \quad (2.24)$$

Donde $e_{\text{dest}_{\text{tot}}}$ es la destrucción total de exergía, $e_{\text{dest}_{1-2}}$ es la destrucción de exergía en el compresor, $e_{\text{dest}_{2-3}}$ es la destrucción de exergía en el condensador, $e_{\text{dest}_{3-4}}$ es la destrucción de exergía en la válvula de expansión y $e_{\text{dest}_{4-1}}$ es la destrucción de exergía en el evaporador.

$$N_{\text{ex}} = X_{Q_L}/W_{\text{útil}}, \quad (2.25)$$

Donde N_{ex} es el rendimiento exergético del ciclo.

Etapa 3: Establecer objetivos y metas.

Los objetivos y metas son desarrollados por el equipo de gestión de la energía con el apoyo de la alta dirección. Conducen las actividades de gestión de la energía y promueven la mejora continua. Para lograr un correcto establecimiento de los mismos es necesario tener en cuenta los pasos descritos a continuación.

Paso 3.1 Determinar el marco de trabajo.

Aquí quedan identificados los niveles de organización y el tiempo de cumplimiento para lograr los objetivos y metas.

En este caso el alcance de los objetivos de desempeño incluye dos niveles de organización, algunos abarcan toda la organización y otros son específicos para una instalación o área de trabajo. Además se establecen varios períodos de tiempo para la culminación de las metas.

Paso 3.2 Estimar el potencial de mejora.

A partir de los resultados obtenidos en el cálculo de los indicadores que conforman la línea de base energética se proponen las acciones a realizar para estimar el potencial de mejora y se establece la planificación de evaluaciones técnicas y auditorías para poder:

- **Revisar los datos de rendimiento** para evaluar el desempeño y el establecimiento de la línea de base. Esto ayudará a identificar las diferencias en el consumo de energía entre instalaciones similares, además de proporcionar un perfil en el tiempo de la posible mejora. Los datos de rendimiento que abarcan un período de tiempo más largo serán de mayor utilidad para comprender el potencial de mejora.
- **Comparar** para proporcionar un patrón de medida y así evaluar la oportunidad de mejora, siempre y cuando se disponga de datos suficientes para mostrar tendencias de consumo de energía.
- **Evaluar los proyectos pasados y mejores prácticas** para determinar la viabilidad de transferir estas prácticas a otras partes de la organización.
- **Revisar las auditorías y las evaluaciones técnicas** con el objeto de reducir el consumo de energía identificado durante las evaluaciones técnicas y auditorías de instalaciones con un bajo desempeño.
- **Vincular los objetivos estratégicos de la organización**, incluyendo los objetivos operacionales estratégicos, así como las reducciones de costos que pueden coadyudar al proceso de fijación de metas.

Paso 3.3 Establecer objetivos y metas.

En este establecimiento las metas se presentarán definidas en términos de una cantidad o porcentaje específico de disminución en el consumo de energía.

Objetivos generales:

- Establecer metas de eficiencia energética y ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de incremento de eficiencia, conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía sin afectar la producción y los servicios.
- Evaluar periódicamente la marcha del programa.
- Evaluar, diagnosticar y dar prioridades a los problemas vitales de la eficiencia energética.
- Diseñar e implantar un sistema de inspección a la eficiencia energética.

Metas generales:

- Realizar una evaluación técnica y económica de las medidas de incremento de eficiencia, conservación y ahorro de energía cada 6 meses.
- Alcanzar la disminución del consumo de energía sin afectar la producción y los servicios al menos en un 10%.
- Evaluar la marcha del programa anualmente.
- Lograr diseñar e implantar un sistema de inspección a la eficiencia energética en un período de 6 meses.

Etapa 4: Crear planes de acción.

El propósito de esta etapa es asegurar que la entidad logre sus objetivos y metas. Los planes de acción detallan como se planea mejorar la eficiencia energética y contiene una descripción de las tareas y recursos necesarios para su ejecución.

Paso 4.1 Definir etapas y fines.

Se definirán como etapas para la evaluación el año fiscal y definirán las metas con las que se deberá concluir dicha etapa, definiendo para cada etapa los fines que se deberá alcanzar, definiendo las acciones correspondientes a cada una de ellas.

Paso 4.2 Asignar funciones y destinar recursos.

Un plan de acción debe definir el objetivo del mismo, las metas, las acciones específicas, el responsable para cada acción, la fecha compromiso para cada uno de ellos, los recursos necesarios, así como el plan de verificación de las metas y objetivos.

Etapa 5: Poner en práctica los planes de acción.

Para poder implantar, evaluar y dar seguimiento a las acciones propuestas para la mejora del desempeño energético es importante contar con la cooperación y compromiso de todo el personal involucrado directo o indirectamente con la implantación del sistema de gestión.

Paso 5.1 Elaborar un plan de comunicación.

El plan de comunicación es sencillo y explícito para que esté al alcance de todos. Consiste en la realización de reuniones para mantener informado al personal sobre el avance en el cumplimiento de los objetivos y metas. Con estas reuniones el establecimiento pretende motivar, concientizar y comprometer a los trabajadores con la realización de las tareas a desarrollar para implantar el sistema de gestión.

Paso 5.2 Sensibilizar al personal.

Los trabajadores del centro deben tener acceso a información relacionada con la importancia y necesidad de los Sistemas de Gestión Energéticos para que sientan la necesidad de su implementación, por tanto el establecimiento está comprometido a la realización de conferencias especializadas impartidas por miembros del equipo de gestión de la energía.

Paso 5.3 Fortalecer competencias.

Cuando la entidad ha logrado la sensibilización del personal es importante que los integrantes del grupo de gestión reciban capacitaciones para mantenerse al tanto de los aspectos más recientes y relevantes relacionados con los Sistemas de Gestión Energética y su aplicación. En las capacitaciones el equipo de gestión de la energía debe fortalecer sus conocimientos sobre el desarrollo de capacidades en materia de gestión de la energía, requisitos y aspectos fundamentales de un Sistema de Gestión Energética; fortalecer su preparación para identificar, priorizar, seleccionar e interpretar medidas de eficiencia energética; argumentarse sobre procesos de recopilación, comunicación, análisis y reporte de resultados.

Paso 5.4 Motivar al personal.

Además de concientizar y sensibilizar al personal es fundamental reconocer su esfuerzo para contribuir con la mejora del desempeño energético de la entidad por eso los trabajadores más destacados y comprometidos con el cumplimiento de las tareas a desarrollar serán estimulados.

Etapa 6: Evaluar el progreso.

La evaluación periódica permite medir la eficacia de los proyectos y programas ejecutados, recompensar a los trabajadores por los logros alcanzados, documentar beneficios no cuantificados previamente para incluirlos en futuros planes de acción, así como la identificación de barreras que impidan el buen funcionamiento del sistema implantado.

Paso 6.1 Dar seguimiento y control.

Es importante realizar una evaluación continua del sistema para poder identificar las acciones a realizar para asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos por la entidad.

Serán efectuadas una vez al mes para poder visualizar el nivel de progreso alcanzado, identificar problemas y beneficios obtenidos para poder garantizar que el sistema de gestión energética funcione correctamente.

Paso 6.2 Medir los resultados.

Para medir los resultados obtenidos se realiza un plan de verificación del plan de acción que consiste en recopilar datos sobre el consumo de energía y los costos asociados y se hace comparar el desempeño energético con la línea de base energética y contra los objetivos establecidos.

Paso 6.3 Revisar los planes de acción.

Este paso está enfocado en analizar si las actividades ofrecieron resultados positivos o no; de ser positivo se procede a almacenar esta información, en caso contrario se procede a determinar las causas y establecer un conjunto de acciones para corregir el problema.

Etapa 7: Reconocer logros.

El reconocimiento de resultados impulsa y estimula el compromiso del personal con la continua mejora del Sistema de Gestión de la Energía.

Paso 7.1 Proporcionar reconocimiento interno.

Para mantener el apoyo y las iniciativas en el personal es necesario reconocer los logros alcanzados. Los reconocimientos a otorgar estarán dirigidos las mejores ideas sobre ahorro energético y a la mayor reducción de consumos de energía. Pueden ser otorgados a nivel individual o por equipos de trabajo.

Paso 7.2 Recibir el reconocimiento externo.

Para conseguir una buena imagen pública se necesita recibir reconocimientos fuera de las fronteras de la empresa participando de forma activa en trabajos y eventos referentes al tema. También resulta de interés para la entidad recibir una certificación del Sistema de Gestión Energético.

Etapa 8: Asegurar la mejora continua del Sistema de Gestión Energético.

Para garantizar que los objetivos de la organización y la dirección estén alineados es importante realizar revisiones y tomar decisiones para mejorar el Sistema de Gestión Energético implantado.

Paso 8.1 Realizar revisiones por la Dirección.

El principal objetivo de realizar revisiones es identificar si el sistema de gestión implantado es adecuado para la organización. La dirección está encargada de revisar si los resultados obtenidos indican mejoras continuas en el comportamiento de la energía.

Paso 8.2 Tomar decisiones para mejorar el Sistema de Gestión Energético.

Es importante dar seguimiento a las decisiones y acciones, derivadas de la revisión por la dirección, para asegurar las mejoras y ajustes pertinentes al Sistema de Gestión Energética, de manera que se aporte valor a la organización.

2.3 Conclusiones parciales del capítulo

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

1. Al implementar la norma 50001 en la planta de queso crema del Municipio Cárdenas en Matanzas permitirá disminuir de forma paulatina los consumos de los portadores energéticos e incrementar la eficiencia energética de la instalación a partir de los indicadores de consumo que se establecen.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen y analizan los resultados obtenidos con el desarrollo de la metodología para la implementación de un sistema de gestión acorde a la norma ISO 50001, en una empresa de producción de Queso Crema, empleando un sistema de gestión de la energía.

3.1 Desarrollo de la metodología en el combinado Lácteo de Cárdenas.

Etapas 1: Compromiso con el sistema de gestión de la energía

En el anexo 1 aparece el documento que acredita el compromiso de la entidad con la ejecución de la norma ISO 50 001 para la implementación un Sistema de Gestión Energético de mejora continua.

Paso 1.1 Designar un representante de la dirección

La dirección de la empresa en su consejo de dirección del mes de enero 2017 seleccionó a la energética de la entidad Idalmis Rodríguez como la máxima responsable para la implementación de la norma ISO 50 001 pues posee la capacidad y autoridad para asegurar que el Sistema de Gestión Energético a implantar se establezca e implemente de forma correcta. En el anexo 2 aparece el compromiso debidamente firmado.

Paso 1.2 Establecer un equipo de gestión de la energía.

El grupo de trabajo seleccionado es el encargado de identificar las instalaciones, equipos, procesos y personal que trabaja que afectan significativamente la demanda y el consumo de energía, usos significativos de la energía y costos. Debe establecer indicadores del comportamiento de la energía e identificar y priorizar las oportunidades para mejorar el comportamiento de la energía.

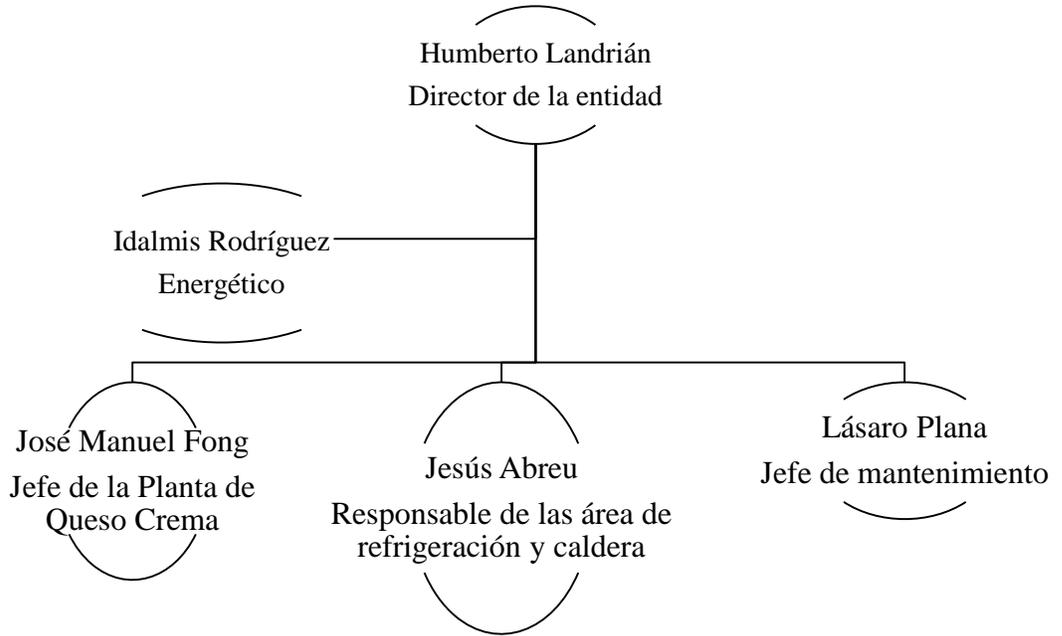


Figura 3.1 Estructura organizativa del Sistema de Gestión Energética.

Paso 1.3 Definir y escribir una política energética

La política energética para la entidad está en el anexo 3 y comprende todas las tareas relacionadas con el consumo energético de la línea productiva objeto de análisis, que conducen a la correcta implantación del sistema de gestión.

Paso 1.4 Definir el alcance y límites del Sistema de Gestión Energético

El alcance en términos de la extensión de actividades del sistema en el Combinado Lácteo está reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Alcance en términos de la extensión del sistema de gestión energético.

	<i>Cantidad</i>
Oficinas	7
Plantas	1
Instalaciones	13

Tabla 3.2. Alcance en términos de extensión de la entidad.

	<i>Cantidad</i>
Sistemas de energía	3
Cantidad de equipos	52

Etapa 2: Evaluar el desempeño energético.

En esta etapa se analizan los consumos e identificar las variables relevantes que afectan el uso y consumo de la energía y se realiza una comparación con los consumos pasados.

Paso 2.1 Identificar y evaluar los requisitos legales y de otra índole:

En el establecimiento se encuentran varios documentos legales relacionados con la energía:

- Contrato de suministro de electricidad a los consumidores no residenciales. anexo 4
- Contrato de servicios de aguas terrestres (GEARH). anexo 5
- Modelo de análisis de la eficiencia del uso del portador (CDA-02). anexo 6
- Modelo de análisis de la productividad del agua. anexo 7
- Balance del consumo de portadores energéticos (Modelo 5073). Anexo

Paso 2.2 Recopilar datos energéticos.

Para la recopilación de datos se utiliza en esta organización un nivel de detalle que está enfocado en el análisis de las facturas de servicio de la energía para el período de un año y existen varios documentos de usos y consumos de energía:

- Balance diario de consumo de combustible de caldera. anexo 9
- Control diario del consumo de energía eléctrica. anexo 10
- Control diario del consumo de agua. anexo 11

En el establecimiento hay datos no relacionados con la energía que deberán tenerse en cuenta.

Tabla 3.3 Datos operativos de la entidad

Tamaño de la instalación	90x36 m ²
Horas de operación	8 hr/día
Niveles de producción	2 toneladas/día
Cantidad de áreas	3

En la siguiente figura aparecen todas las fuentes de energía que utiliza el establecimiento y algunos insumos que influyen en los procesos.

2016			2017		
Matriz energética		Insumos que influyen en los procesos	Matriz energética		Insumos que influyen en los procesos
Energías primarias	Fuel oil (Its)	Agua (m3)	Energías primarias	Fuel oil (Its)	Agua (m3)
	36170	37272		34132	60200
Energías secundarias	Diesel (Its)	Lubricantes	Energías secundarias	Diesel (Its)	Lubricantes
	51021	Aceite industrial (Its)		45867	Aceite industrial (Its)
		1117			705
		Aceite motor (Its)			Aceite motor (Its)
	Gasolina (Its)	1291		Gasolina (Its)	1276
	1510	Aceite transmisión (Its)		1715	Aceite transmisión (Its)
		405			207
		Grasa (kg)			Grasa (kg)
		99			30
	Electricidad(MWh)	Sustancias químicas		Electricidad(MWh)	Sustancias químicas
	248,291	Cloro (kg)		235,347	Cloro (kg)
		107			121
		Sosa (kg)			Sosa (kg)
	1239		1307		
	Detergente (kg)		Detergente (kg)		
	1377		1505		
Gas LP (kg)	Ácido (kg)	Gas LP (kg)	Ácido (kg)		
2115	550	1935	736		

Figura 3.1 Insumos y portadores energéticos. Fuente de elaboración propia.

Otros datos utilizados para el análisis de los portadores son las producciones terminadas.

Producción terminada Queso Crema 2016 (ton)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Producción	20,941	43,964	42,37	33,727	3,181	35,59	33,87	22,74	7,4	11,5	15,84	17,69
Producción terminada Queso Crema 2017(ton)												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Producción	20,36	15,58	11,988	48,774	33,393	37,598	27,159	21,248	7,611	32,706	21,322	16,674

Figura 3.2 Producciones terminadas. Fuente de elaboración propia.

Se realizan gráficos de consumo contra producción para cada portador energético con el propósito de poder visualizar el comportamiento simultáneo del consumo de portadores y la producción realizada en el 2016 y 2017.

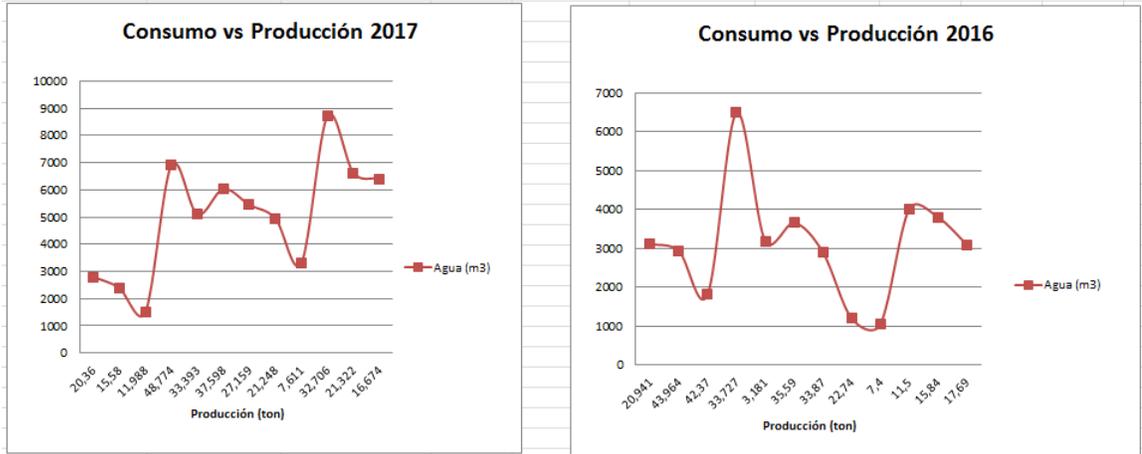


Figura 3.3 Consumo de agua contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

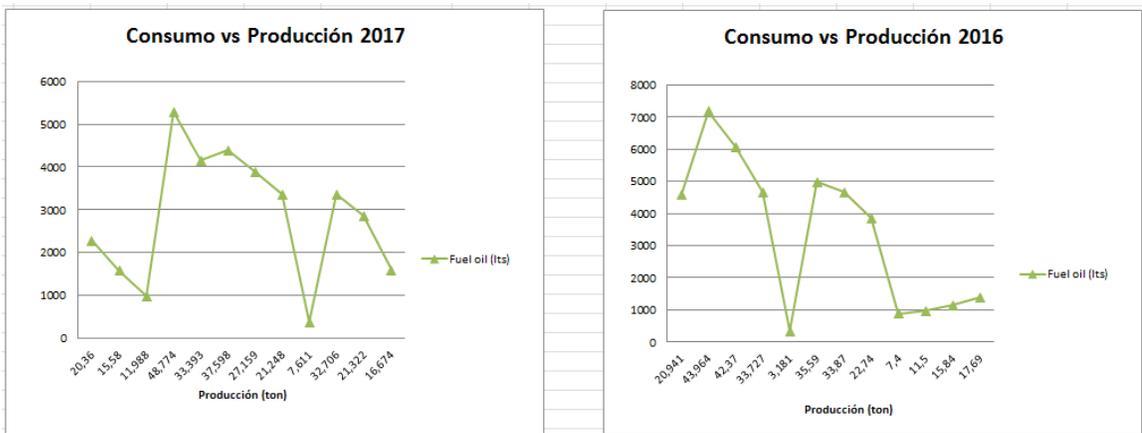


Figura 3.4 Consumo de fuel oil contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

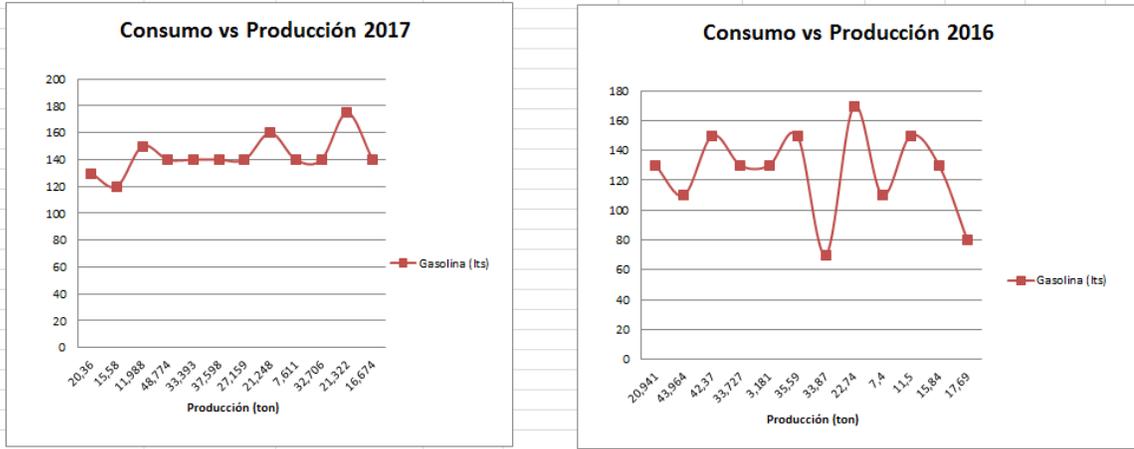


Figura 3.5 Consumo de gasolina contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

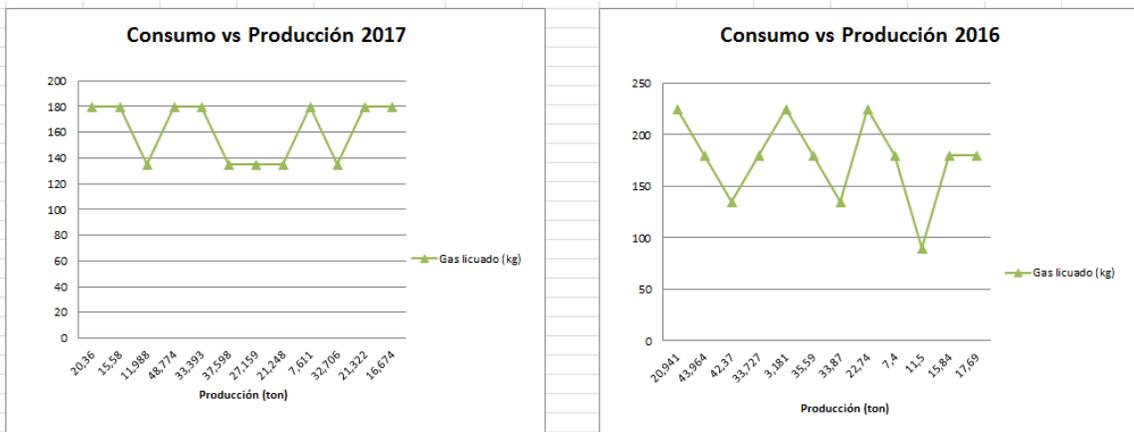


Figura 3.6 Consumo de gas licuado contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

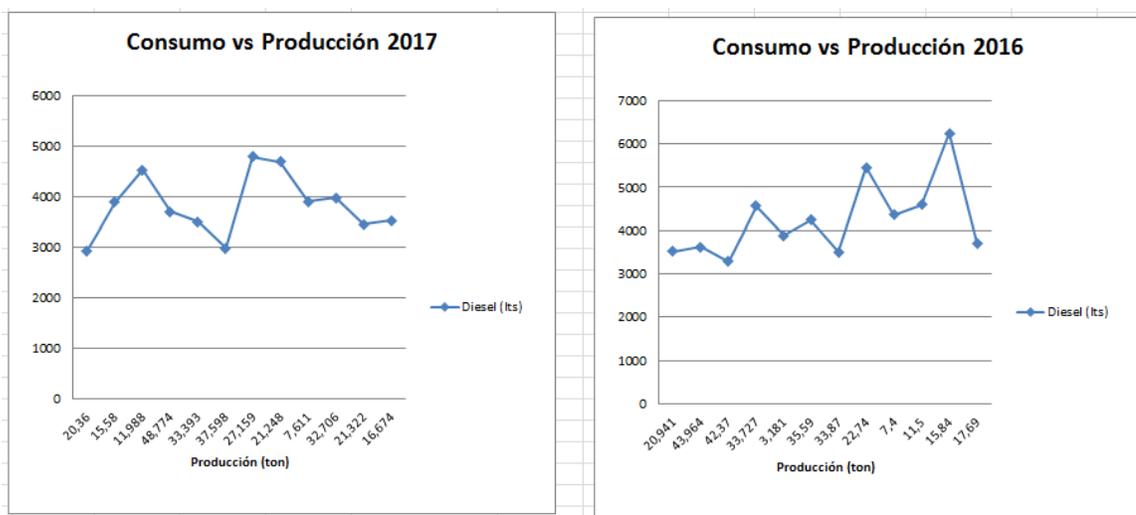


Figura 3.7 Consumo de diesel contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

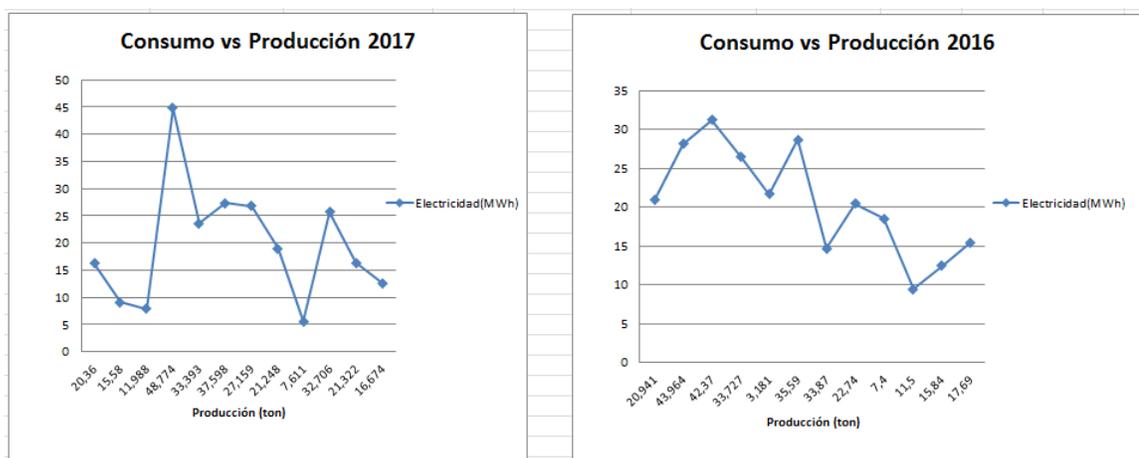


Figura 3.8 Consumo de electricidad contra producción de queso crema. Fuente de elaboración propia.

Como se puede observar en las figuras 3.3, 3.4 y 3.8 existe una estrecha relación entre el portador energético y la producción de queso crema, en las 3.5, 3.6 y 3.7 ocurre totalmente lo contrario porque el portador no tiene una relación directa con la producción, el diesel es utilizado para la transportación del personal y la distribución del producto terminado, la gasolina se usa para transportación y el gas licuado para la cocción de los alimentos en la entidad.

Paso 2.3 Establecer la Línea de Base Energética.

La línea base se construye a partir de los indicadores de desempeño energético plasmados en las imágenes que aparecen a continuación.

Generador de vapor 2017		
Indicador	Valor	Unidad
Vapor generado / Consumo de combustible	14568,76	kg _{vaporgen} /ton _{combustible}
Volumen de agua neta consumida / Vapor generado	0,40	kg _{agua} / kg _{vaporgen}
Vapor generado / Volumen de producción	10000,00	kg _{vaporgen} /ton _{Producción}
Eficiencia de la combustión en el generador de vapor	83,68	%

Figura 3.9 Indicadores energéticos para el generador de vapor. Fuente de elaboración propia.

Indicadores generales 2017			
Consumo	Indicador	Valor	Unidad
Electricidad para iluminación en la organización	Consumo eléctrico por unidad de superficie.	0,07	MWh/m ²
	Consumo eléctrico por unidad de producto terminado.	0,80	MWh/ton
	Consumo eléctrico por trabajador.	1,40	MWh/trabajador
Consumo de petróleo para la producción.	Fuel oil consumido por unidad de producto terminado.	115,93	lts/ton
Consumo de combustible para el transporte del personal.	Consumo de Diesel por distancia recorrida.	183,47	lts/km
	Consumo de Diesel por trabajador.	273,02	lts/trabajador
Consumo de gas GL	Gas consumido por trabajador.	11,52	kg/trabajador
Consumo de energía	Gastos en energía por total de ventas.	0,01	\$
	Cantidad de energía consumida por unidad de producto terminado.	0,23	TCE/ton
	Consumo total de energía por valor de la producción total realizada. (intensidad energética)	0,0004	TCE/\$
Producción	Cantidad de producto producido por cantidad de producto planificado.	0,87	t
Energéticos	Gastos en energéticos por gastos totales de la empresa.	1,57	%

Figura 3.10 Indicadores generales de eficiencia energética para el establecimiento.

Fuente de elaboración propia.

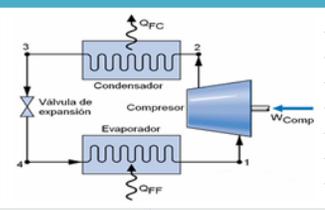
Sistema de refrigeración 2017		
Indicador	Valor	Unidad
Efecto refrigerante	1113,52	KJ/kg
Capacidad de refrigeración	111,35	KW
Calor rechazado en el condensador	138,14	KW
Coefficiente de funcionamiento del ciclo real	4,16	

Figura 3.11 Indicadores de eficiencia para el área de refrigeración en la entidad. Fuente de elaboración propia.

La línea de base energética está establecida en el año 2017, considera los indicadores energéticos expuestos en las figuras anteriores como los más representativos y que mejor describen el desempeño energético de la entidad, marcando así el estado inicial a partir del cual será evaluado el progreso de las acciones a implementar para dar cumplimiento a los objetivos y metas establecidos.

Paso 2.4 Analizar datos energéticos.

Para analizar correctamente los datos energéticos se realiza un balance de energía y exergía en el generador de vapor y en el ciclo de refrigeración. También se realiza un diagrama de Pareto para identificar cual de las áreas es la de mayor consumo y posteriormente se estratifica hasta obtener los mayores consumidores de energía.



		Banco de hielo			
	P1	0,25 MPa	s1	5,57	
	P2	1,20 MPa	s2	5,60	
	P3	1,20 MPa	s3	1,20	
	P4	0,25 MPa	s4	1,27	
	T1	-10,00 °C	h1	1436,10	kJ/kg
	T2	120,00 °C	h2	1703,96	kJ/kg
	T3	30,00 °C	h3	322,58	kJ/kg
	T4	-14,00 °C	h4	322,58	kJ/kg
	F (flujo de refrigerante)	0,10	kg/s		
	Qabs = (h1-h4)*F	111,35	kW		
	Qced = (h2-h3)*F	138,14	kW		
	W útil = (h2-h1)*F	26,79	kW	Ne Cond=100*Qabs agua/Qced amoníaco	99,93 %
indicadores de eficiencia				m agua cond	6,95 kg/s
				m agua evap	1,26 kg/s
efecto refrigerante	Qe=(hf-ho)evap	1113,52	kJ/kg		
Capacidad de refrigeración	Q=Qe*F	111,35	kW	31,63	ton refriger.
Calor rechazado en el condensador	Qc=(hf-ho)*F	138,14	kW		
Coefficiente de funcionamiento del ciclo real	COP=Q/W	4,16			
Coefficiente de funcionamiento del ciclo Carnot	COP_Carnot=(273+T4)/(T3-T4)	5,89			

Figura 3.12 Análisis energético del ciclo de refrigeración. Fuente de elaboración propia.

Generador de vapor					
rendimiento energético (η)					
$\eta = (Q \text{ útil} / Q \text{ disp}) * 100$					
$Q \text{ útil} = m(\text{vapor sat}) * (h(\text{vapor sat}) - h(\text{agua}))$					
$Q \text{ disp} = m(\text{aire}) * h(\text{aire}) + m(\text{combustible}) * BCI + m(\text{agua}) * h(\text{agua})$					
Q útil	6471500,00 kJ/h				
Q disp	7733831,76 kJ/h				
η	83,68 %				
Reacciones químicas					
C+O ₂ =CO ₂					
S+O ₂ =SO ₂					
H+O ₂ =HO ₂					
AH=AS+H ₂ O					
% exceso=(O ₂ alimentado-O ₂ teórico)/ O ₂ teórico					
O ₂ teórico=cantidad esteq-cantidad q acompaña RL					
O ₂ teórico	21,00 kmol				
O ₂ alimentado	23,10 kmol				
O ₂ aire	23,05 kmol				
AS	109,75 kmol				
N ₂ aire	86,70 kmol				
H ₂ O	63,66 kg				
	3182,80 kg				
	3,54 kmol				
Sustancias	n (entra) kmol	n genera	n consume	n (sale)	m (sale) kg
Carbono	12,00		12,00	0,00	
Hidrógeno	8,92		8,92	0,00	
Oxígeno	23,10		21,05	2,05	65,49
Nitrógeno	86,70			86,70	2427,71
Azufre	0,13		0,13	0,00	
Agua	3,75	8,92		12,67	228,05
Dióxido de Carbono	0,00	12,00		12,00	527,90
Dióxido de Azufre	0,00	0,13		0,13	8,58

Figura 3.13 Análisis energético del generador de vapor. Fuente de elaboración propia.

Ciclo de refrigeración			
Rendimiento exergético del ciclo		Exergía Física	$e = (h_1 - h_o) - T_o * (s_1 - s_o)$
Nex = X QL/Went	0,39	Condensador	
Flujo de exergía correspondiente al calor transferido del medio de baja		entrada	49,23 kJ/kg
X QL = QL(To-TL/TL)	10,45 kW	salida	33,73 kJ/kg
Destrucción total de exergía		Mec. Expansión	
e dest tot = e dest 1-2+e dest 2-3+e dest 3-4+e dest 4-1	16,33 kW	entrada	34,83 kJ/kg
Exergía destruída	e dest = To*Sgen	salida	32,68 kJ/kg
Condensador		Evaporador	
e dest 2-3 = To(m(s3-s2)+QH/TH)	4,66 kW	entrada	33,24 kJ/kg
Mec. Expansión		salida	20,69 kJ/kg
e dest 3-4 = m*To(s4-s3)	2,15 kW	Compresor	
Evaporador		entrada	314,22 kJ/kg
e dest 4-1 = To(m(s1-s4)-QL/TL)	8,44 kW	salida	188,04 kJ/kg
Compresor		Rendimiento Exergético	
e dest 1-2 = m*To(s2-s1)	1,09 kW	Nex = (B útil salida / B entrada) * 100	
Rendimiento exergético		Nex = e recuperada / e destruída	
Condensador		Costo exergético	
Nex = QH(1-To/TH) / (m(h2-h3-To(s2-s3)))	0,00	Costo exergético	Ce = 1/Nex 0,02
Mec. Expansión			
Nex = 1 - (m*To(s4-s3) / m*To(s4-s3))	0,00		
Evaporador			
Nex = QL(To-TL/TL) / (m(h4-h1-To(s4-s1)))	0,55		
Compresor			
Nex = (m(h2-h1-To(s2-s1)) / m(h2-h1))	0,96		

Figura 3.14 Análisis exergético del ciclo de refrigeración. Fuente de elaboración propia.

Generador de vapor			
rendimiento exergético			
Nex = (B útil salida / B entrada) * 100			
B entrada = m(comb)*ex(comb) + m(aire)*((h(aire)-ho)-to*(S(aire)-So)) + m(agua)*((h(agua)-ho)-to*(S(agua)-So))			
B útil salida = m(vapor)*((h(vapor sat)-ho)-to*(S(vapor sat)-So))			
Nex		26,12	
B entrada		6879055,70 kJ/h	
B útil salida		1796917,00 kJ/h	
ex(petróleo) = K*(1066+67,4*ω+1875*v+3784*σ-177,8*ζ)			40033,64 kJ/kg
K = 7,817*c		6,56	
ω = (6*h)/c		0,74	
v = (3*n)/(7*c)		0,00	
σ = 1 + ((3*(h - ((o-s)/8))/c)		1,32	
ζ = (3*s)/(8*c)		0,01	
Costo exergético			
Costo exergético = 1/Nex			
Costo exergético		0,04	

Figura 3.15 Análisis exergético del generador de vapor. Fuente de elaboración propia.

Para el generador de vapor se obtuvo un rendimiento energético de 83,68% valor que al realizar la comparación con los rendimientos teóricos reportados para calderas

pirotubulares (86% - 88%) se encuentra por debajo. Por otra parte en el exergético ocurre lo mismo ofrece un valor de 26,12% y el rango establecido oscila (28% - 30%).

En el área de refrigeración se obtuvo un rendimiento energético para el ciclo de 80,61% Por otra parte en el análisis exergético ofrece un valor de 39%.

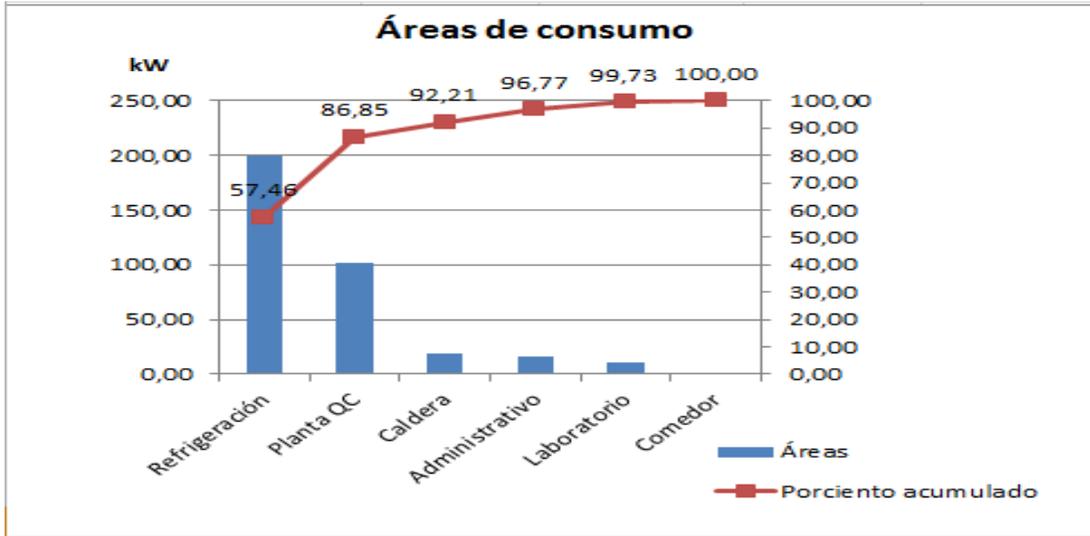


Figura 3.16 Análisis del consumo de electricidad por área. Fuente de elaboración propia.

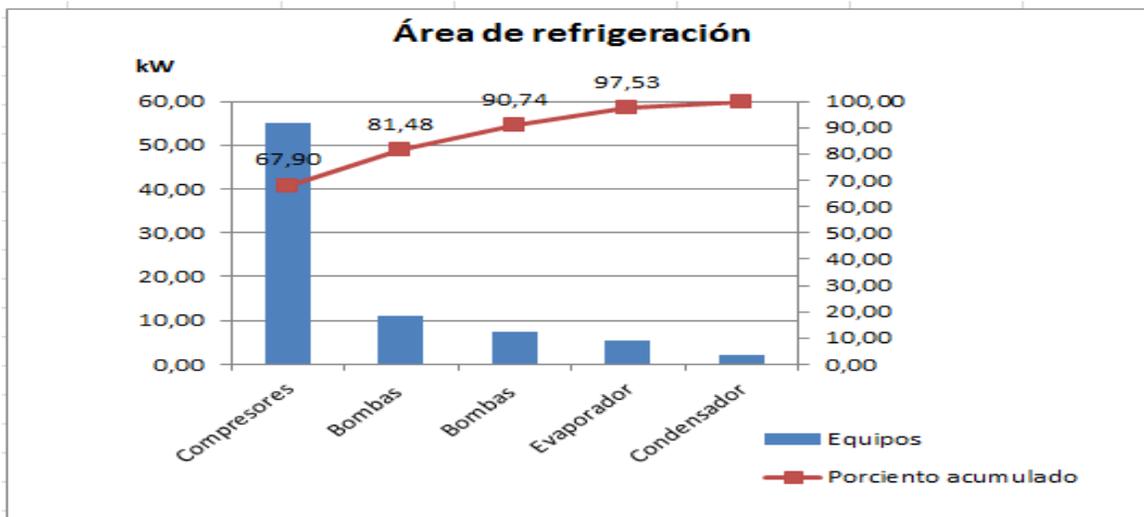


Figura 3.17 Análisis del consumo de electricidad por equipos en el área de refrigeración. Fuente de elaboración propia.

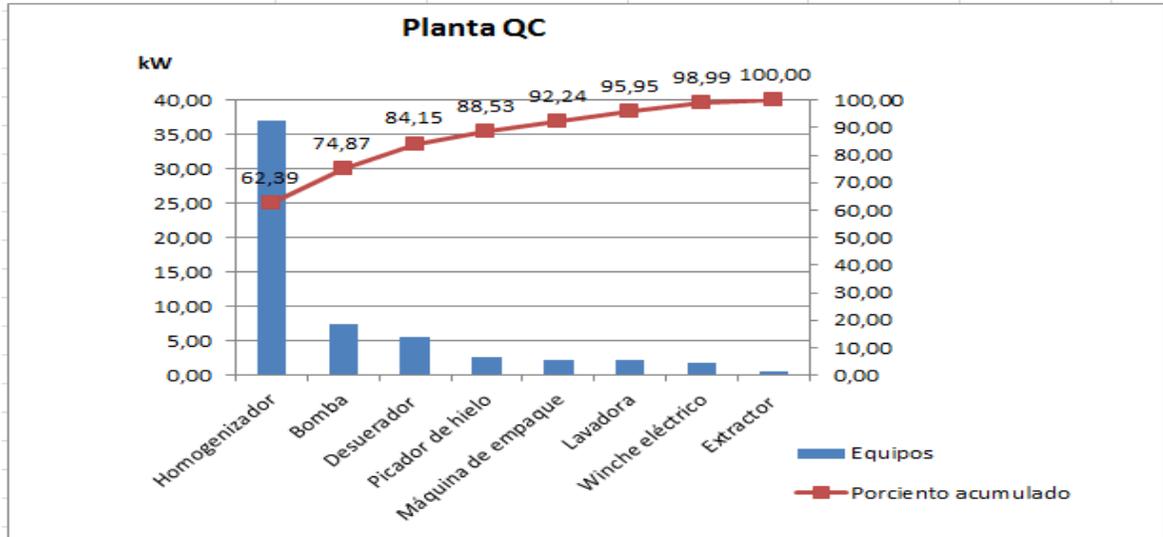


Figura 3.18 Análisis del consumo de electricidad por equipos en la planta de queso crema. Fuente de elaboración propia.

Analizando las figuras 3.16, 3.17 y 3.18 se concluye que las áreas de mayor consumo de electricidad en el establecimiento son la de refrigeración representando el 57,46% y la Planta de Queso Crema con un 29,38% del total y que dentro de ellas los compresores de amoníaco representando un 67,9% y el homogenizador con un 62,39% son los equipos más consumidores respectivamente.

Paso 2.5 Realizar evaluaciones técnicas y auditorías.

Las auditorías internas en el establecimiento son realizadas por un grupo de trabajo conformado por el director del combinado, el jefe de producción, el jefe de mantenimiento, el económico y el energético. Las reuniones serán realizadas cada seis meses con el objetivo de cuantificar consumos, encontrar consumos innecesarios, identificar equipos en condiciones desfavorables para la producción, establecer, cambiar u eliminar indicadores de eficiencia energética, entre otras acciones. El informe final aparece en el anexo 12.

Paso 2.6 Establecer puntos de referencia.

La evaluación actual (2017) será comparada con una realizada para el año base (2016). Las áreas comprendidas en el análisis son el generador de vapor, el área de refrigeración y la Planta de Queso Crema.

Paso 2.7 Desarrollar un sistema de seguimiento.

El sistema permite analizar las desviaciones y cambios de las variables relevantes, datos energéticos, indicadores de desempeño energético y los usos significativos de la energía con el objeto de identificar las oportunidades de mejora. Se encuentra en una hoja de cálculo de *Microsoft Excel* donde aparecen los análisis energéticos y exergéticos de los sitios objeto de análisis, los indicadores de eficiencia energética y el análisis de los portadores energéticos. Además se utiliza el programa *Superpro 6* para la realización del balance de masa del proceso de producción de queso crema.

Etapa 3: Establecer objetivos y metas.

Los objetivos y metas fueron establecidos por el equipo de gestión de la energía en colaboración con la alta dirección.

Paso 3.1 Determinar el marco de trabajo.

En la entidad se proponen objetivos generales y algunos específicos para cada área de trabajo. Las metas están definidas en términos de un porcentaje específico de disminución en el consumo de energía y su cumplimiento está limitado a un período de 6 meses a 1 año.

Paso 3.2 Estimar el potencial de mejora.

Teniendo en cuenta los datos de producción terminada de queso crema y el consumo de portadores energéticos se realizan gráficos para proporcionar un patrón de medida y así evaluar la oportunidad de mejora mostrando tendencias de consumo de energía.

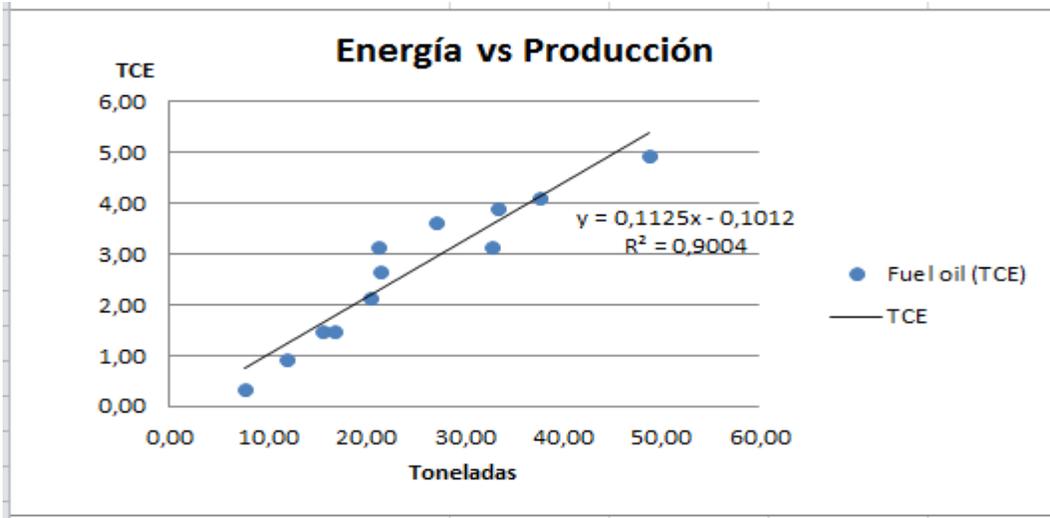


Figura 3.19 Análisis del consumo de fuel oil. Fuente de elaboración propia.

Este gráfico permitió determinar la correlación entre el fuel oil consumido y la producción realizada, descrita en la ecuación siguiente: $y=0,1125*x-0,1012$ donde y es el valor en toneladas de combustible equivalente del consumo de fuel oil y x es la cantidad de toneladas de queso crema producido. La ecuación ofrece un nivel de correlación de 90,04% y un valor de energía no asociada a los niveles de producción con una magnitud de 0,1012 TCE.

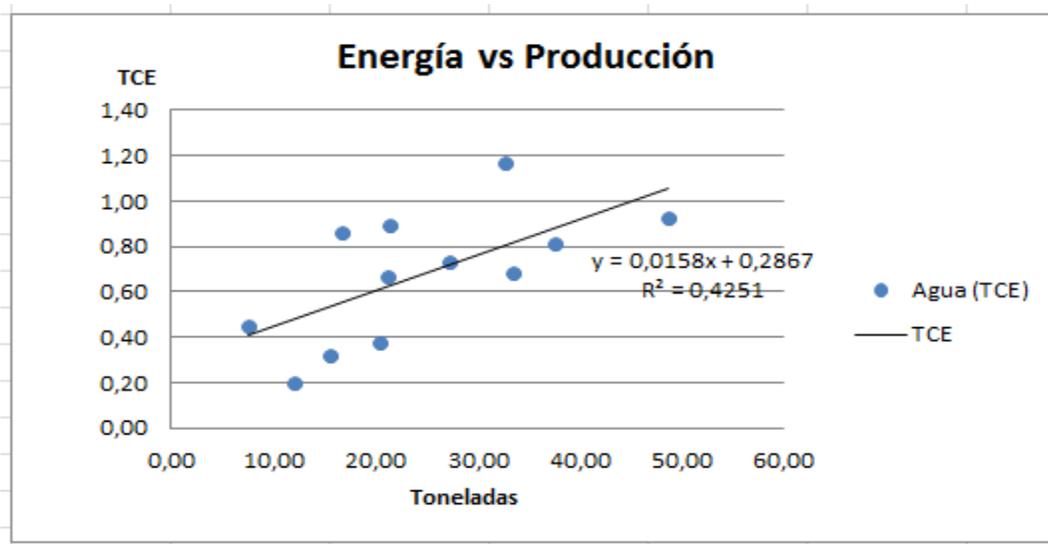


Figura 3.20 Análisis del consumo de agua. Fuente de elaboración propia.

La figura 3.20 permitió determinar la correlación entre el agua consumida y la producción realizada, descrita en la ecuación siguiente: $y=0,0158*x+0,2867$ donde y es el valor en toneladas de combustible equivalente del consumo de agua y x es la cantidad de toneladas de queso crema producido. La ecuación ofrece un nivel de correlación de 42,51% y un valor de energía no asociada a los niveles de producción con una magnitud de 0,2867 TCE.

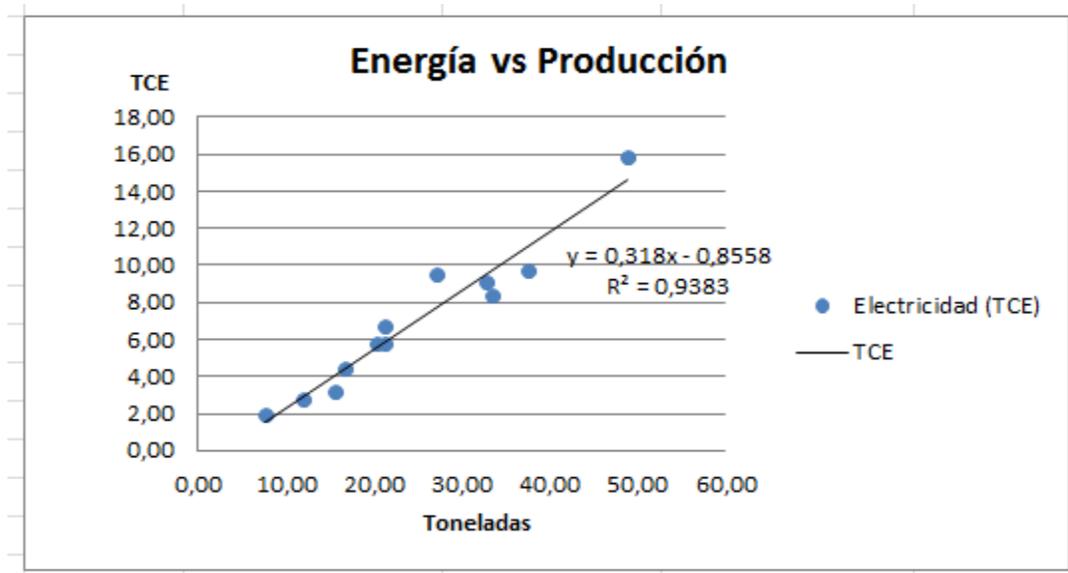


Figura 3.21 Análisis del consumo de electricidad. Fuente de elaboración propia.

La figura 3.21 permitió determinar la correlación entre la electricidad consumida y la producción realizada, descrita en la ecuación siguiente: $y=0,318*x-0,8558$ donde y es el valor en toneladas de combustible equivalente del consumo de electricidad y x es la cantidad de toneladas de queso crema producido. La ecuación ofrece un nivel de correlación de 93,83% y un valor de energía no asociada a los niveles de producción con una magnitud de 0,8558 TCE.

Paso 3.3 Establecer objetivos y metas.

Para poder cumplir los objetivos y metas generales del establecimiento es importante definir específicos por área.

Objetivos específicos:

- Hacer levantamiento del estado técnico de los equipos por área.
- Realizar cálculos energéticos y exergéticos en el generador de vapor y en el ciclo de refrigeración.
- Realizar análisis ambiental para el establecimiento.
- Analizar uso de portadores energéticos.
- Estimar indicadores de eficiencia energética.
- Proponer acciones y medidas para ahorrar energía.

Metas específicas:

- Lograr levantamiento del estado técnico de equipos por área de trabajo una vez al año.
- Analizar energética y exergéticamente las áreas de refrigeración y caldera cada 6 meses.
- Hacer un análisis ambiental anualmente para la entidad.
- Realizar el análisis del uso de portadores energéticos y la estimación de indicadores de eficiencia energética una vez al año.
- Establecer acciones y medidas para ahorrar energía cada 6 meses.

Etapa 4: Crear planes de acción.

Para poder alcanzar los objetivos y metas propuestos se crea un plan de acción teniendo en cuenta las necesidades en la entidad.

Paso 4.1 Definir etapas y fines.

El plan de acción de este combinado lácteo está encaminado a la disminución de los consumos energéticos para mejorar la eficiencia en un año fiscal, mediante estas acciones:

- 1- Realizar levantamiento de los equipos por área.

Se realizó el levantamiento de los equipos consumidores de energía estableciendo los consumos de cada uno de ellos. (Ver Anexo 13)

2- Establecer medidas de ahorro energético.

Para lograr ahorros de energía en la instalación se propusieron varias medidas:

- Utilizar los refrigeradores de las oficinas solo las horas laborables (8 horas)
- Apagar los equipos (computadoras, impresoras, aires acondicionados y lámparas) que se encuentran en las oficinas durante el horario de almuerzo. (12-12:30pm) y después de culminada la jornada laboral.
- Conectar los equipos de laboratorio solo durante el tiempo de análisis diario (aproximadamente 3 horas)
- En las áreas de almacenes utilizar las pesas solo en los horarios de entradas y salidas de productos (8:00-10am) y en el comedor mantener desconectada la pesa mientras no se reciba ningún surtido.
- En el hogar y quemador de la caldera realizar inspecciones de incrustaciones y de corrosión en los tubos del hogar de la caldera, que induzcan fugas, asegurar una adecuada combustión, un combustible limpio y homogéneo, controlar la temperatura del combustible y realizar mensualmente un análisis de gases de combustión para controlar las emisiones de CO₂.
- Es importante mantener una temperatura adecuada del combustible y realizarle limpieza periódica al precalentador, conservar los niveles adecuados de presión para garantizar la correcta atomización del combustible, verificar el funcionamiento de la bomba y de la válvula de relevo, comprobar la limpieza de los filtros, comprobar que no hayan fugas en el sistema y realizar la limpieza de las boquillas de atomización.
- Evitar un exceso de aire por encima del recomendado pues esto ocasiona una reducción de la temperatura del hogar, aumento de la temperatura de gases de combustión y por ende una reducción de eficiencia.

3- Concientizar al personal.

Se propone la realización de un plan de comunicación, mediante reuniones mensuales en las que se pueden realizar diferentes actividades de superación que

permiten aumentar el interés de los trabajadores y directivos del centro sobre el control del consumo de los principales portadores energéticos y la implementación del sistema de gestión.

4- Realizar acciones necesarias para mejorar la eficiencia.

Las acciones necesarias son:

- Establecer medidas de ahorro y evaluar continuamente su eficacia, permitiendo la introducción de otras de mayor complejidad.
- Actualizar sistemáticamente los diagramas de consumo, los indicadores y los análisis energéticos y exergético.

Paso 4.2 Asignar funciones y destinar recursos.

El objetivo del plan de acción es establecer un Sistema de Gestión Energética aplicando los requerimientos de la Norma ISO 50001 para conducir a la entidad hacia la mejora continua del desempeño energético. Persigue cumplir el objetivo planteado en el período de un año. Cada una de las áreas analizadas posee un representante responsable de hacer cumplir las acciones para alcanzar el objetivo teniendo en cuenta la fecha de compromiso para el cumplimiento, contando con los recursos necesarios y contemplando el plan de verificación.

En el establecimiento durante el 2017 se aprobó una inversión para construcción y montaje con un monto de \$84071,72 destinada a la reparación de la planta productora de queso crema.

Etapa 5: Poner en práctica los planes de acción.

Para lograr implementar el plan de acción es importante contar con el respaldo del personal en el establecimiento.

Paso 5.1 Elaborar un plan de comunicación.

El plan de comunicación establecido se basa en la realización de reuniones mensuales para intercambiar sobre el avance en el cumplimiento de los objetivos y metas para

comprometer y motivar al personal con las actividades a realizar para lograr la implementación del sistema de gestión.

Paso 5.2 Sensibilizar al personal.

Para lograr que los trabajadores del centro crean en la necesidad de implementar el Sistema de Gestión Energética se realizan conferencias especializadas con los siguientes temas a tratar:

Temas a tratar:

- Importancia del uso y consumo de energía para la organización.
- Impactos asociados a los usos y consumos de energía para la organización (financieros, ambientales, etc.).
- Metas y objetivos definidos por la organización.
- Planes de acción desarrollados para la mejora del desempeño energético.
- Mecanismos definidos para realizar el seguimiento y evaluación de los resultados obtenidos.

Paso 5.3 Fortalecer competencias.

Para mejorar competencias serán gestionadas capacitaciones con otras entidades del país interesadas, instruidas, relacionadas o especializadas con el tema con la colaboración del departamento de Recursos Humanos del centro.

Paso 5.4 Motivar al personal.

El Combinado Lácteo planificará una actividad cultural donde serán entregados reconocimientos que resalten y reconozcan los logros alcanzados individuales o por área de trabajo, impulsando así al resto del personal a generar un mayor compromiso con la gestión eficiente de la energía y la mejora continua del Sistema de Gestión Energético a implantar en el centro.

Etapa 6: Evaluar el progreso.

Para poder obtener identificar inconformidades que impidan el funcionamiento correcto del sistema de gestión implantado es relevante evaluar su progreso.

Paso 6.1 Dar seguimiento y control.

Serán realizados controles mensuales para verificar la marcha de las acciones correspondientes a realizar para alcanzar el cumplimiento de los objetivos y metas en el tiempo establecido.

Paso 6.2 Medir los resultados.

Los resultados son medidos comparando el desempeño energético con la línea base energética y los objetivos establecidos concluyendo que en el año 2017 se ha logrado un aumento en la eficiencia energética con respecto al año base. Se logró cumplir los objetivos propuestos y disminuir el valor de los indicadores de eficiencia energética.

Paso 6.3 Revisar los planes de acción.

La correcta revisión de los planes de acción permite crear una visión hacia la aplicación de nuevas tecnologías, prácticas y programas, evita repetir errores mediante la identificación de las actividades que no eran tan efectivas, evalúa la efectividad de los recursos utilizados para la ejecución de los planes de acción, proporciona al personal la oportunidad de contribuir y entender el proceso de gestión de la energía y genera aprendizajes que impulsan la mejora continua del Sistema de Gestión Energético.

Etapa 7: Reconocer logros.

Premiar los méritos alcanzados es una vía de estimulación para el personal a comprometerse con la mejora continua del Sistema de Gestión de la Energía implantado.

Paso 7.1 Proporcionar reconocimiento interno.

A modo de reconocer logros alcanzados serán entregados por área o de forma individual estímulos. Estarán dirigidos a reconocer el área de menor consumo energético, las medidas más significativas en cuanto a ahorro de energía y eficiencia energética.

Paso 7.2 Recibir el reconocimiento externo.

Para lograr reconocimientos externos es necesario obtener una certificación del Sistema de Gestión Energético, así como participar de forma activa en eventos referentes al tema.

Etapa 8: Asegurar la mejora continua del Sistema de Gestión Energético.

Es importante garantizar la mejora del Sistema de Gestión porque de esta manera se evalúan los resultados del mismo por parte de la alta dirección.

Paso 8.1 Realizar revisiones por la Dirección.

Esta tarea comprende la revisión de eficiencia energética, medida en que se cumplen los objetivos y metas, resultado de las auditorías, comportamiento de la energía y recomendaciones de mejoras al sistema de gestión implantado. Se realiza con frecuencia anual y participa todo el personal involucrado dentro de la organización para garantizar el éxito.

Paso 8.2 Tomar decisiones para mejorar el Sistema de Gestión Energético.

Las decisiones a tomar deben mejorar el desempeño energético de la empresa, los indicadores, objetivos y metas.

3.2 Cálculo del índice de daño ambiental y huella ecológica para el generador de vapor.

El crudo es alimentado a la caldera a razón de 171.6kg/h, $VCI=38468\text{kJ/kg}$, $1\text{ toe}=43.26\text{GJ}$.

Energía consumida $52808870.4\text{kJ/día trabajo} = 52.81\text{GJ/día trabajo} = 1.22\text{ toe/día} = 1220\text{kgce/día}$.

Para el combustible usado en este generador de vapor el índice de daño ambiental es $12.52\$/\text{GJ}$ y se consumen 16740.77GJ/año considerando que se trabajan 317 días; por tanto la estimación económica alcanza un valor de $209594.44\$/\text{año}$.

Para calcular la Huella Ecológica producida por la energía hay que tener en cuenta la cantidad de superficie de bosque necesaria para absorber la cantidad de CO_2 emitido en la quema de materiales fósiles para la obtención de energía ya sea para combustible o para producir electricidad.

La metodología propuesta por William Rees y Mathis Wackernagel plantea que una hectárea boscosa asume las emisiones de 100 Giga Joule (GJ) [unos 2500 t/cc] de energía en un año.

Cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera $= 146,77\text{g/s} = 528.37\text{kg/h}$

Calor específico del $\text{CO}_2 = 0,827\text{kJ/kgK}$

Temperatura media a la que salen los gases de chimenea $= 225^\circ\text{C} = 498\text{K}$

Capacidad calórica del $\text{CO}_2 = 411,85\text{kJ/kg}$

Horas de trabajo al año $= 2536$

Es necesaria una cantidad aproximada de 6 hectáreas boscosas para asumir $557,92\text{GJ/año} = 0.22\text{GJ/h} = 217609,18\text{kJ/h}$, cantidad de emisiones de la caldera.

3.3 Conclusiones parciales del capítulo

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

1. Se determina, mediante la aplicación del programa Super Pro, los flujos principales de las principales corriente de entrada y salida en el proceso tecnológico para la producción de queso crema, no se pudieron realizar los

balances energéticos y exergéticos debido a la falta de información de valores de energía y exergía.

2. Se establecen indicadores de eficiencia energética para medir el comportamiento del consumo de los principales portadores, entre los que se pueden citar:
 - Gastos en energía por total de ventas, cantidad de energía consumida por unidad de producto terminado, consumo total de energía por valor de la producción total realizada, gastos en energéticos por gastos totales de la empresa.
3. Se efectuaron análisis energéticos y exergéticos para las áreas de refrigeración y generación de vapor.
4. Se practicó un análisis del consumo de electricidad por área de trabajo usando como herramienta un diagrama de Pareto.

CONCLUSIONES

Como resultado final del trabajo desarrollado, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones:

1. Del diagrama de Pareto practicado a las áreas consumidoras de energía eléctrica se obtiene que la más representativa es la Sala de máquinas de refrigeración con un consumo de 199,32 KW para el 57,46 % a continuación el de fabricación de queso crema con un consumo de 101,92 para el 29,38 %.
2. La evaluación energética de la Caldera de la fábrica demuestra que la misma opera con un 83,68% de eficiencia, pudiendo ser superior si se incrementa la rigurosidad durante el mantenimiento y se efectúa un análisis sistemático de la eficiencia de la combustión logrando un exceso de aire en los valores establecidos, demostrándose que las pérdidas exergéticas son de 5082138,70kJ/h y representan un 73,88%.
3. La evaluación energética del sistema de refrigeración de la entidad demuestra que el mismo se encuentra funcionando con una eficiencia del ciclo de COP= 4,16, del análisis exergético aplicado se demuestra que hay una destrucción de la exergía de 16,33kW con un rendimiento de 39%.
4. Para el combustible usado en este generador de vapor el índice de daño ambiental es 12.52\$/GJ y se consumen 16740.77GJ/año considerando que se trabajan 317 días; por tanto la estimación económica alcanza un valor de 209594.44\$/año.
5. La Huella Ecológica producida por la cantidad de CO₂ emitido al atmosfera por la combustión de fuel oil en el generador de vapor para la obtención de energía para la producción de queso crema, aplicando la metodología propuesta por William Rees y Mathis Wackernagel y considerando 2536 horas de trabajo al año, es necesaria una plantar aproximadamente 6 hectáreas boscosas para asumir los 557.92GJ/año de emisiones.

RECOMENDACIONES

Basadas en las conclusiones obtenidas y para la extensión futura del presente trabajo, se realizan las siguientes recomendaciones:

1. Continuar con trabajos futuros el perfeccionamiento de los indicadores obtenidos.
2. Realizar previa obtención de los valores de energía y exergía de las corrientes en el proceso de producción de queso crema, la evaluación energética y exergética.
3. Realizar un análisis de pérdidas de eficiencia de la caldera en el tiempo para establecer un período óptimo de limpieza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ahorro Ambiental. 2017.** Beneficios de la Eficiencia Energética. 2017.
2. **GEN Europe Soluciones Energéticas S.L. 2016.** Beneficios de un SGEN frente a Auditorías Energéticas. Madrid : s.n., 2016.
3. **AChEE, Agencia Chilena de Eficiencia Energética. 2012.** Guía de implementación Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001. 2012.
4. **2012.** Guía de implementación Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001. 2012.
5. **AEC, © Asociación Española para la Calidad. 2017.** Sistemas de Gestión Energética. 2017.
6. **APCER. 2016.** *ISO 50001 – Sistema de gestión energética y ventajas de su implantación.* 2016.
7. **CEEMA, Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. 2014.** LA RED DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ACCIONES NACIONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA NC ISO 50001. Cienfuegos, Cuba : s.n., 2014.
8. **CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2014.** Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio. Santiago de Chile : s.n., 2014.
9. **CEPAL, NU. 2016.** Monitoreando la eficiencia energética en América Latina. 2016.
10. **CONUEE, Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía. 2016.** Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. 2016.
11. **División de Certificación. 2017.** Gestión Energética: mejore la eficiencia con la certificación ISO 50001. 2017.

12. **ECOticias, COPYRIGHT © Grupo. 2017.** Breve historia de eficiencia energética. 2017.
13. **EcuRed. 2016.** Crecimiento del sector energético en Cuba. 2016.
14. **edinn. 2010.** Análisis Eficiencia Energética. 2010.
15. **Endesa. 2012.** Catálogo de Buenas Prácticas en Eficiencia Energética. s.l. : spain 20.20, 2012.
16. **Energía y Sociedad. 2016.** La evolución de la eficiencia energética no es suficiente para alcanzar los objetivos medioambientales. 2016.
17. **Energía, Factor. 2017.** Eficiencia energética . *¿Qué es la eficiencia energética?* 2017.
18. **ERENOVABLE. 2017.** Eficiencia Energética. 2017.
19. **ESAN. 2016.** El uso de indicadores de eficiencia energética. 2016.
20. **Excelencia, Blog Calidad y. 2014.** Artículos técnicos, Construcción, ISO 50001, Medio Ambiente, Sectores, Sistemas de gestión normalizados. 2014.
21. **Flores Díaz, Lázaro. 2016.** Segundo curso de Sistemas de Gestión de la Energía para Instalaciones Industriales del Sector Públic. Distrito Federal : s.n., 2016.
22. Guía práctica para implementación de sistemas de gestión energética.
23. **Hernández Pineda, Abel, y otros. 2014.** Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. 2014.
24. **Hinestroza Duran, Camilo. 2010.** Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO 14001 en la pasteurizadora Santandereana de leches Lechesan S.A. Santander : s.n., 2010.
25. **ISO, Organización Internacional de Normalización. 2011.** Gana el desafío de la energía con ISO 50001. 2011. ISBN 978-92-67-10552-9.

26. **Juvier Díaz, Dairon. 2016.** Aplicación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la pasteurizadora "La Villareña" como etapa preliminar para optar por la certificación ISO 50001. . Santa Clara, Cuba : s.n., 2016.
27. **Lapido Rodríguez, Dra Margarita. 2015.** La Red de Eficiencia Energética en acciones nacionales para la implementación de la norma NC ISO 50001. Cienfuegos,Cuba : Editorial Universitaria Félix Varela, 2015. Vol. IV, 3. ISSN-e: 2306-918X.
28. **Llosas Albuerne, Dra. Yolanda. 2010.** Avances en programas de eficiencia energética en Cuba. La generación distribuida atendiendo a sistemas híbridos. Barranquilla : s.n., 2010.
29. **López, Penélope. 2015.** Guía ISO 50001. 2015.
30. **Matanzas, Anuario Estadístico. 2016.** *Anuario Estadístico Matanzas.* Matanzas : Oficina Nacional de Estadística e Información, 2016.
31. **Ministerio de Energía y Minas. 2015.** Desarrollo de Capacidades para la Integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible de Energía, Metas e Indicadores en los Programas Nacionales de Estadísticas en Países de América Latina. Cuba : s.n., 2015.
32. **Moreno Figueredo, Conrado. 2014.** La transición energética en Cuba. Habana : s.n., 2014.
33. **Muñoz Trejo, Antonio. 2015.** Importancia de las Normas en un Sistema de Gestión de Energía . San Salvador : s.n., 2015.
34. **OptimaGrid. 2011.** Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa. 2011.
35. **Ordóñez López, José. 2016.** Cuba replantea su rumbo energético. 2016.

36. **Quality Evaluations, Inc. 2015.** ISO 50001 - Sistema de Gestión Energética. 2015.
37. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales. 2013.** LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL CONTEXTO EMPRESARIAL CUBANO. Málaga : s.n., 2013.
38. **Salazar Aragón, Carolina, de Oliveira Pamplona, Edson y Vidal Medina, Juan Ricardo. 2012.** LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE COSTOS: UNA APLICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INVERSIONES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA, SU EVALUACIÓN ECONÓMICA Y DE RIESGO. . 2012. ISSN1646-6896.
39. **Schneider Electric. 2016.** Eficiencia Energética Manual de Soluciones. 2016.
40. **Sejzer, Raúl. 2016.** ISO 50001 y su importancia en la gestión eficiente de la energía. 2016.
41. **SGIE, Programa Estratégico Nacional Sistema de Gestión Integral de Energía. 2014.** Sistemas de Gestión Integral de la energía. Bogotá : s.n., 2014.
42. **Smarkia, © Copyright. 2016.** Ventajas de un sistema de gestión energética. 2016.
43. **Socorro Carballosa, Yusleidis. 2016.** Energías renovables y ahorro energético en Cuba. 2016.
44. **Vásquez, Carmen, y otros. 2012.** 3ro Taller de “Eficiencia energética para la seguridad y la sostenibilidad de Iberoamérica (EFESOS). s.l. : SciELO-Scientific Electronic Library Online, 2012. Vol. 16, 62. ISSN 1316-4821.
45. **Vega Vega, Mario Abel. 2016.** ISO 50001 Sistema de Gestión de la Energía. 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Compromiso de la dirección de la entidad con la implementación de la norma ISO 50 001.



Cárdenas, 6 de enero del 2017

“Año 59 de la Revolución”

Por este medio se compromete:

Con la ejecución de la norma ISO 50 001 para la implementación un Sistema de Gestión Energético de mejora continua, comprometiéndose a la asignación de los recursos necesarios tanto humanos como económicos para lograr su introducción e incrementar la eficiencia energética del proceso productivo de obtención de queso crema permitiendo mejorar la relación entre costos y nivel productivo.

Firma: _____

Director

Humberto Landrián del Busto

Cuño

Anexo 2: Compromiso del energético de la entidad como máximo responsable para la implementación de la norma ISO 50 001.



Cárdenas, 6 de enero del 2017

“Año 59 de la Revolución”

Por este medio se compromete a:

- Identificar al personal que integrará el equipo de gestión de la energía.
- Coordinar y dirigir el programa de gestión de la energía en la organización.
- Establecer la comunicación entre las partes interesadas y la alta dirección.
- Sensibilizar sobre el tema de gestión de la energía.
- Proponer una política energética.
- Evaluar las oportunidades de reducción identificadas como consecuencia de una adecuada gestión de la energía.
- Gestionar la obtención de recursos para la operación, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión Energético.
- Asegurar la calidad de la información generada a través del tiempo.
- Identificar las necesidades de capacitación del personal involucrado.
- Fortalecer las competencias del personal de la organización.
- Evaluar, analizar y comunicar los resultados del Sistema de Gestión Energético al término de un año y comparar los resultados contra el año base.

Energético

Idalmis Rodríguez

Director

Humberto Landrián del Busto

Cuño

Anexo 3: Política energética para el Combinado Lácteo de Cárdenas.



Cárdenas, 6 de enero del 2017

“Año 59 de la Revolución”

La organización se compromete a utilizar eficientemente la energía en sus instalaciones con el propósito de minimizar las pérdidas energéticas en el proceso productivo, reducir las emisiones atmosféricas y contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

La organización se compromete a fijar metas y objetivos para garantizar el mejoramiento continuo del comportamiento de la energía, así como a la revisión regular de los mismos.

La organización se compromete a identificar las áreas que representan el más alto consumo de energía y tomar medidas pertinentes para disminuirlos de ser posible estableciendo estándares comunes en gestión de la eficiencia en todas las áreas.

La organización se compromete a mejorar los hábitos de consumo de energía referidos a su ahorro entre los trabajadores y personas ajenas a la entidad que empleen sus instalaciones.

La organización se compromete a mejorar la tecnología existente para que el consumo de energía en las instalaciones sea más eficiente.

La organización considera que hacer cumplir esta política energética es responsabilidad de todo el personal que integra la organización.

Firma: _____

Director Humberto Landrián del Busto

Cuño

Anexo 4: Contrato de suministro de electricidad a los consumidores no residenciales.

CONTRATO DE SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD A LOS CONSUMIDORES NO RESIDENCIALES

Número: 44-2017

DE UNA PARTE: La Empresa Eléctrica Smatamas creada mediante la Resolución 72101 de fecha 23 Febrero 2001 dictada por el Ministro de la Industria Básica, con domicilio legal en Contreras # 70 con Código REEUP 104.0.07085, Cuenta Bancaria en CUC 300000002626923 del Banco BFI, Sucursal 24 Cayo III Cuenta Bancaria en CUP 06342217660012 del Banco BANDEC, Sucursal 3501, Licencia General para Operar en CUC 9-046481003 y Certificado Comercial para Operación en Divisas 985119 de 4 noviembre 2013 representada en este acto por Joaquín Juana Leyva en su carácter de Director UEB-DBE Cárdenas de la misma, lo cual acredita mediante Resolución 144116 de fecha 25 de Febrero del 2016 dictada por su Director General, que en lo sucesivo se denominará **EL SUMINISTRADOR**.

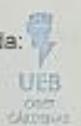
Y DE OTRA PARTE: UEB Combinado Lácteos Cárdenas creada mediante Resolución 5 de fecha 16 de Enero del 2006 dictada por Ministro de la Ind. Alimentaria Alejandro Baca Iglesias con domicilio legal en Carretera Cárdenas a Coliseo Km 1 1/2, Código REEUP 111-0-1599, NAE , NIT 01000405230, con cuenta en CUC 063503501423002 del Banco BANDEC y con cuenta CUP , teléfono 512101, 512130, e-mail representada por Humberto Landroán del Busto en su carácter de Director de la misma, lo cual acredita mediante Resolución 215 de fecha 7 de Octubre del 2014 dictada por Carlos H. Gaute Barahona, que en lo sucesivo se denominará **EL CLIENTE**.

AMBAS PARTES reconociendo la personalidad y representación con que concurren, convienen celebrar el presente Contrato en los términos y condiciones siguientes:

El presente Contrato de conformidad con la normativa legal vigente es por adhesión reconociendo las Partes actuar bajo el principio de Buena Fe.

1. OBJETO DE CONTRATO

1.1 El presente Contrato tiene por objeto regular las relaciones entre **EL SUMINISTRADOR** y **EL CLIENTE** que se establecen para el suministro de electricidad y el pago por el servicio prestado, bajo los términos y condiciones aquí estipuladas.

Copia Controlada:  Dirección 

Fecha de Emisión: 

Anexo 5: Contrato de servicios de aguas terrestres (GEARH).

GEARH
ORGANISMO REGULADOR DE SERVICIOS PÚBLICOS

CONTRATO DE SERVICIO DE AGUA TERRESTRE
No. 2-21-171/2018

DE UNA PARTE: La Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Matanzas, de nacionalidad cubana, constituida mediante Resolución No.8 de fecha 8 de marzo del 2001, emitida por entonces Presidente del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), con domicilio legal: San Vicente Final S/N, Pueblo Nuevo, municipio y provincia de Matanzas subordinada al Grupo Empresarial de Aprovechamiento Hidráulico, adscrito al INRH, con número de código en el Registro de Empresas Estatales y Unidades Presupuestadas (REELUP) 113-0-12297, con número de identificación Tribunal (NIT) 01000403087-3, inscrita en el Registro Mercantil al Tomo I, Folio 150, Libro EP, con cuenta bancaria en cantidad de unidades de pesos (CUP) número: 0634721217500017, en la Sucursal o Agencia bancaria 3471 del Banco de BANDEC sito en Calle Medio esquina Ayuntamiento, en la Ciudad de Matanzas, titular de la cuenta: EES_Emp_Aprov_Hidráulico, con cuenta bancaria en cantidades de unidades convertibles (CUC) número: 0634721217500023, en la Sucursal o Agencia bancaria 3471, del Banco de BANDEC; sito en: Calle Medio esquina Ayuntamiento, en la Ciudad de Matanzas, con cuenta bancaria de ingreso en cantidad de unidades convertibles (CUC) número: 0525920013090020 en la Agencia bancaria: 239, del Banco Metropolitano S.A. sito en: Belascoain y Zana titular: UDG Grupo Emp Aprovecha Hidráulico teléfono: 55221121 correo electrónico: _____ representada en este acto por Alfredo Hernández Benítez, en su carácter de Director General de la Empresa, condición que acredita por Resolución No.55 de 23 de junio del 2015, que lo designa en el cargo, emitida por el entonces Director General del GEARH, quien concurre a este acto representado por Luigi Beltrami Alami, quien ocupa el cargo de Gerente en la UEB UEB con domicilio legal en Calle 23 de Julio, Plaza con las facultades otorgadas mediante la Resolución No. 30 de fecha de 1 del mes Abril de 2018, que lo autoriza a suscribir contratos que en lo sucesivo y a los efectos se denominará EL PRESTADOR.

DE LA OTRA PARTE: La EES Empresa Productora de Agua de nacionalidad Uruguay constituida mediante Resolución o Acuerdo No. 5 de fecha 16/12/2016 emitida por H. Alister con domicilio legal: Carrión, Linder, 2669 municipio Linder provincia de 1862 subordinada al Minal adscrito al _____ con número de código en el Registro de Empresas Estatales y Unidades Presupuestadas (REELUP) o ONE 111-0-11539 con número de identificación Tribunal (NIT) 21000405236, inscrita en el Registro Mercantil al Tomo 33 Folio 26 Libro 24 con cuenta bancaria en cantidad de unidades de pesos (CUP) número: 06350250422002 en la Sucursal o

Agencia bancaria 3001 del Banco de Uruguay sito en Av. Rivera y Ballea titular de la cuenta EES Empresa Productora de Agua con cuenta bancaria en cantidades de unidades convertibles (CUC) número: _____ en la Sucursal o Agencia bancaria _____ del Banco de _____ sito en: _____ Licencia para operar en CUC _____ teléfono: 5512126 correo electrónico _____ representada en este acto por Luigi Beltrami Alami en su carácter de Director General o Presidente de Uruguay condición que acredita por Resolución o Acuerdo No. 21 de fecha de 2 del mes de Octubre de 2018 que lo designa en el cargo, emitida por (en aquel entonces, si procede) Luigi Beltrami Alami Director de _____ designa como representante en este acto a _____ mediante la Resolución o Acuerdo No. _____ de fecha de _____ del mes _____ de 2018 que lo autoriza a suscribir contratos que en lo sucesivo y a los efectos se denominará EL CLIENTE.

LAS PARTES, reconociéndose mutuamente el carácter y representación con que comparecen, una vez exhibidos los documentos que la acreditan, acuerdan, suscribir el presente Contrato de Servicios por Adhesión en los términos y condiciones que se establecen en las cláusulas, anexos y suplementos.

I. OBJETO DEL CONTRATO
1.1 El presente contrato tiene como finalidad regular las condiciones y responsabilidades de EL PRESTADOR y EL CLIENTE en la entrega y uso eficiente de los volúmenes de agua aprobados en el Balance de Agua; así como en el vertimiento de las aguas residuales de la producción o servicios.

2. OBLIGACIONES DE LAS PARTES
2.1- DEL PRESTADOR:

- recibir del CLIENTE, según el tipo de agua, las demandas de agua respectivas según el cronograma establecido para el Balance de Agua anual;
- informar al cliente las cifras del Balance de Agua que les corresponden;
- brindar el servicio público de provisión de agua en la obra de toma de la presa, derivadora y salida del pozo, de acuerdo con el Balance de Agua y con la calidad pactada con EL CLIENTE;
- mantener la hidrometría de explotación y la del control de las entregas en adecuado estado técnico;
- gestionar las obras de infraestructura hidráulica bajo su administración, garantizando su adecuado mantenimiento y conservación;
- conciliar el desglose mensual de las entregas trimestrales presentado por EL CLIENTE para aguas reguladas y derivadoras;
- facturar y cobrar los servicios prestados al

Anexo 7: Modelo de análisis de la productividad del agua.

ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA									
FECHA									
PRODUCCIÓN	PRODUCTIVIDAD REAL/AÑO ANTERIOR	PLAN		REAL		PRODUCTIVIDAD DEL AGUA (t/hm ³)			RELACIÓN DE PRODUCTIVIDAD AÑO ACTUAL/AÑO ANTERIOR
		VOLUMEN BALANCEADO (hm ³)	PRODUCCIÓN (t)	VOLUMEN ENTREGADO (hm ³)	PRODUCCIÓN (t)	PLAN	REAL	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Anexo 8: Balance del consumo de portadores energéticos (Modelo 5073).

BALANCE DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS DEL COMBINADO LÁCTEO DE CÁRDENAS.

FECHA

PORTADOR	UM	INICIAL	ENTRADAS	CONSUMO	EXISTENCIA	TRASLADO	EXISTENCIA MINAL
INFO 180							
ACUMULADO							
FUEL OIL							
ACUMULADO							
DIESEL							
ACUMULADO							
GASOLINA							
ACUMULADO							
ACEITE INDUSTRIAL							
ACUMULADO							
ACEITE TRANSMISIÓN							
ACUMULADO							
ACEITE MOTOR							
ACUMULADO							
GRASAS							
ACUMULADO							
GAS LICUADO							
ACUMULADO							
ENERGÍA ELÉCTRICA							
ACUMULADO							
AGUA							
ACUMULADO							

Anexo 10: Control diario del consumo de energía eléctrica.

CONTROL DIARIO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

PLAN

FECHA

DIA	LEC. H DIA	LEC. H MAD	LEC. H PICO	CONS. H DIA	CONS. H MAD	CONS. H PICO	CONS. TOT	ACUMULADO	MAX. DEM. PICO	CONS. CON PT	ACUM. CON PT
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											

Anexo 12: Informe de Auditoría Energética.



Cárdenas, 20 de diciembre del 2017

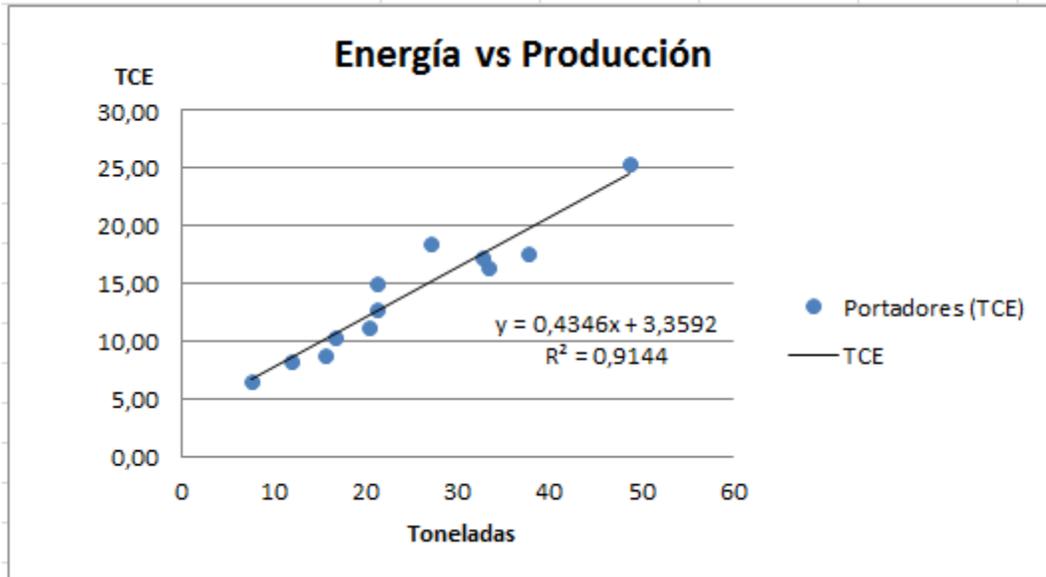
“Año 59 de la Revolución”

Informe final del Combinado Lácteo perteneciente al sector empresarial de alimentos (MINAL). Ubicado en la provincia de Matanzas, Cárdenas, kilómetro ½ carretera Cárdenas – Coliseo.

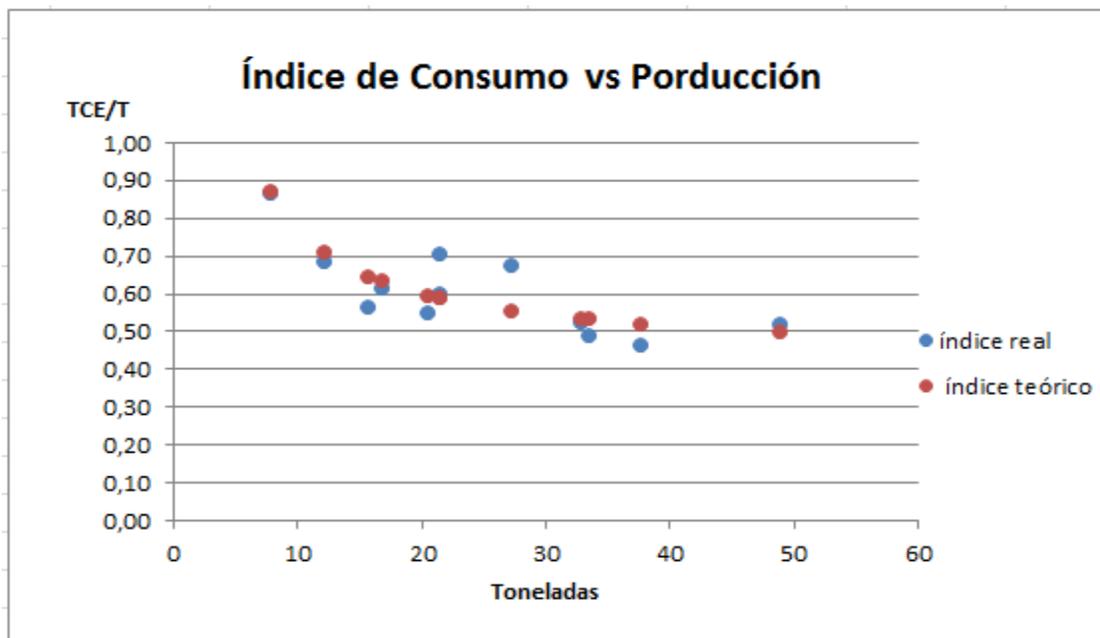
Consumo de energéticos en la entidad.

2017		
Matriz energética		Insumos que influyen en los procesos
Energías primarias	Fuel oil	Agua
	34132	60200
Energías secundarias	Diesel	Lubricantes
	45867	Aceite industrial
		705
		Aceite motor
	Gasolina	1276
	1715	Aceite transmisión
		207
		Grasa
		30
	Electricidad	Sustancias químicas
	235,347	Cloro
		121
		Sosa
		1307
	Detergente	
	1505	
Gas LP	Ácido	
1935	736	

Durante la auditoría el energético realizó primeramente un diagrama de índice de consumo contra producción terminada para evaluar la eficiencia energética, para lo cual fue necesario hacer primero un gráfico de energía contra producción.

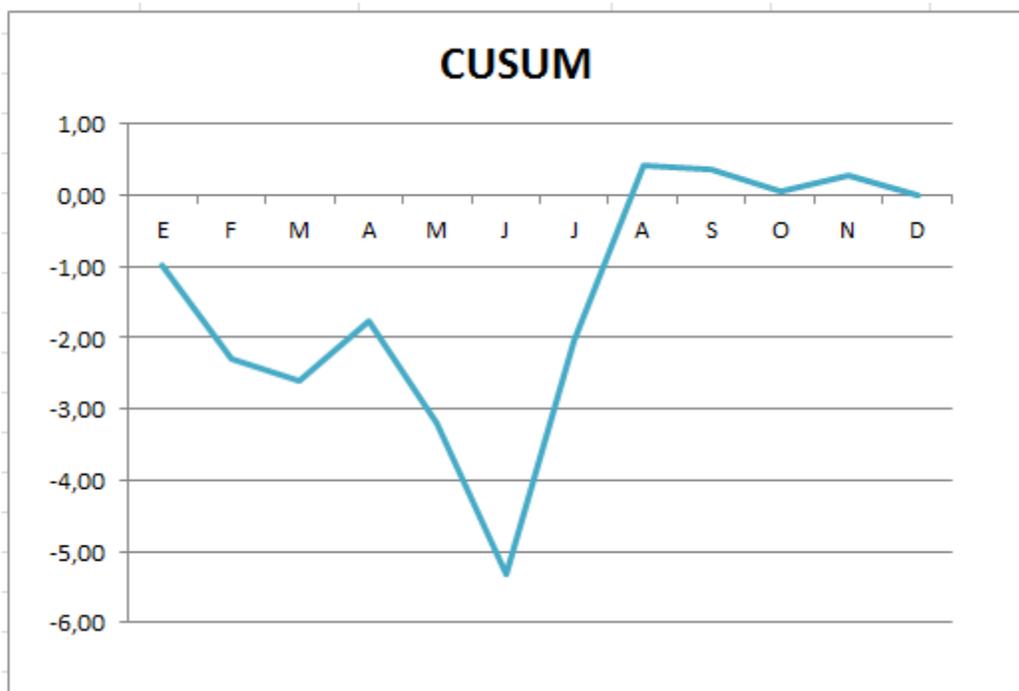


Este gráfico permitió determinar la correlación entre los portadores energéticos consumidos y la producción realizada, descrita en la ecuación siguiente: $y = 19,753 \cdot x + 64707$ donde y es el valor en toneladas de combustible equivalente del consumo de portadores energéticos y x es la cantidad de toneladas de queso crema producido. La ecuación ofrece un nivel de correlación de 91,44% y un valor de energía no asociada a los niveles de producción con una magnitud de 3,3592 TCE.



Los valores de índice de consumo por debajo de la curva indican un incremento de eficiencia en el proceso productivo sin embargo hay tres puntos por encima que representan un potencial de disminución en el índice de consumo igual a la diferencia entre el valor del índice real y el teórico para igual producción. En este caso para los meses de julio y agosto (más representativos) existe un potencial de disminución igual a 0,12 para producciones de 27,16 y 21,25 toneladas respectivamente.

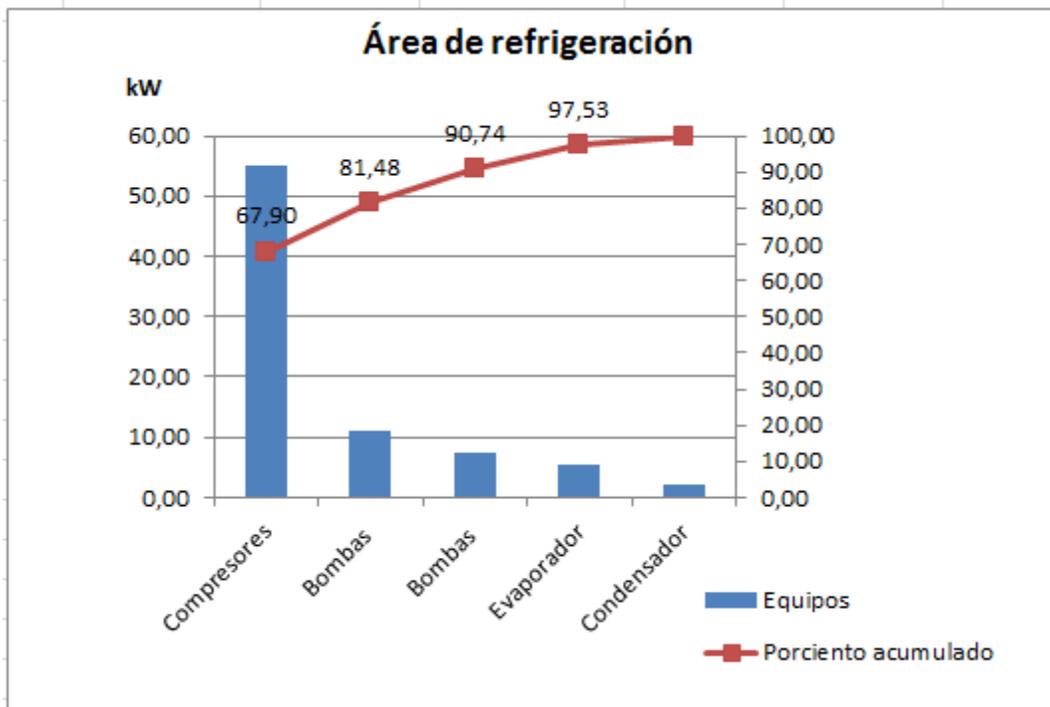
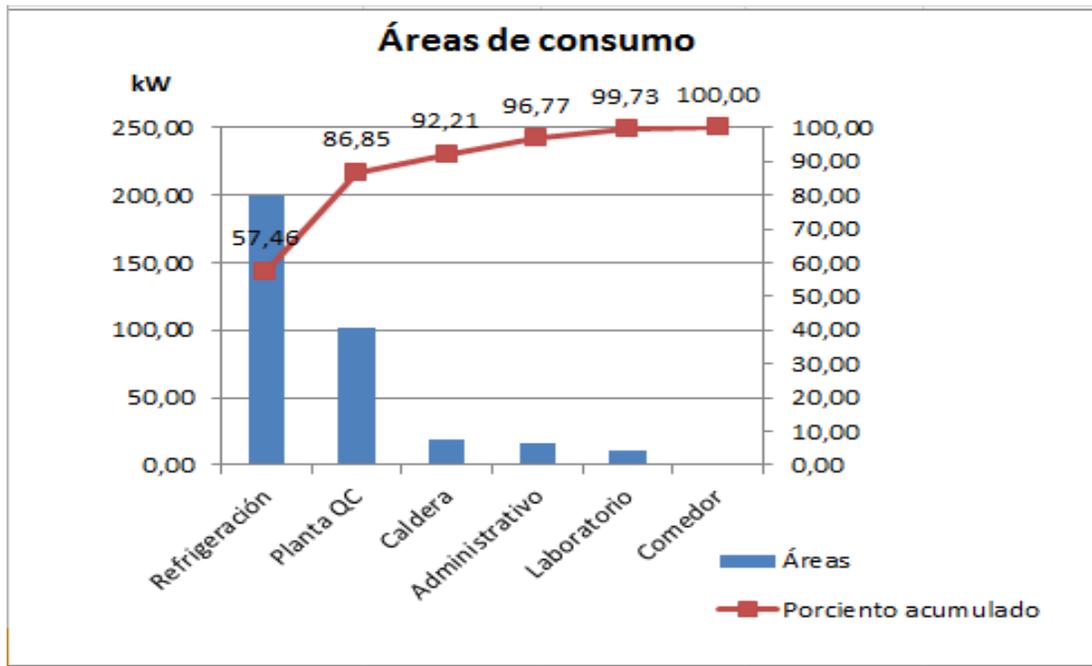
Durante la revisión se aplicó el método de las sumas acumulativas (CUSUM) para comparar la desviación existente entre los consumos reales y teóricos de energía respecto a la producción realizada.

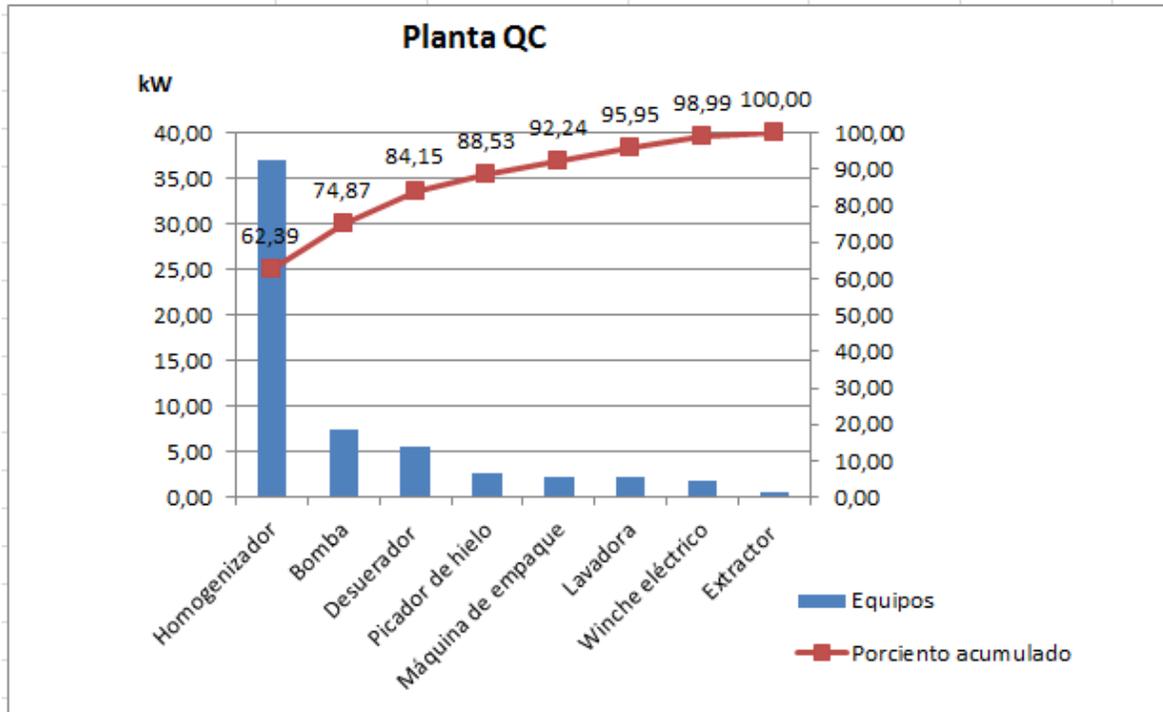


El gráfico arrojó irregularidad durante el año porque no presenta una tendencia marcada aumenta y disminuye con frecuencia.

En la auditoría se revisó el análisis realizado a las áreas pertenecientes al establecimiento a partir de la construcción de un diagrama de Pareto que identifica las áreas de refrigeración y planta de queso crema como las de mayor consumo de electricidad en el establecimiento representando el 86,85% del total y que dentro de ellas los compresores

de amoníaco con un 67,9% y el evaporador con un 62,39% son los equipos más consumidores.





También se realizaron los análisis energéticos y exergéticos del área de refrigeración y la caldera, así como el balance de masa en el proceso productivo.

		Banco de hielo			
	P1	0,25 MPa	s1	5,57	
	P2	1,20 MPa	s2	5,60	
	P3	1,20 MPa	s3	1,20	
	P4	0,25 MPa	s4	1,27	
	T1	-10,00 °C	h1	1436,10	kJ/kg
	T2	120,00 °C	h2	1703,96	kJ/kg
	T3	30,00 °C	h3	322,58	kJ/kg
	T4	-14,00 °C	h4	322,58	kJ/kg
F (flujo de refrigerante)	0,10	kg/s			
$Q_{abs} = (h_1 - h_4) * F$	111,35	kW			
$Q_{ced} = (h_2 - h_3) * F$	138,14	kW			
$W \text{ útil} = (h_2 - h_1) * F$	26,79	kW	Ne Cond=100*Qabs agua/Qced amoniaco	99,93 %	
Indicadores de eficiencia					
efecto refrigerante	$Q_e = (h_f - h_o)_{evap}$	1113,52	kJ/kg		
Capacidad de refrigeración	$Q = Q_e * F$	111,35	kW	31,63	ton refrig.
Calor rechazado en el condensador	$Q_c = (h_f - h_o) * F$	138,14	kW		
Coefficiente de funcionamiento del ciclo real	$COP = Q/W$	4,16			
Coefficiente de funcionamiento del ciclo Carnot	$COP_{Carnot} = (273 + T_4) / (T_3 - T_4)$	5,89			

Generador de vapor					
rendimiento energético (η)					
$\eta = (Q \text{ útil} / Q \text{ disp}) * 100$					
$Q \text{ útil} = m(\text{vapor sat}) * (h(\text{vapor sat}) - h(\text{agua}))$					
$Q \text{ disp} = m(\text{aire}) * h(\text{aire}) + m(\text{combustible}) * BCI + m(\text{agua}) * h(\text{agua})$					
Q útil	6471500,00 kJ/h		1797,64 kW		
Q disp	7733831,76 kJ/h		2148,29 kW		
η	83,68 %				
Reacciones químicas					
C+O ₂ =CO ₂					
S+O ₂ =SO ₂					
H+O ₂ =HO ₂					
AH=AS+H ₂ O					
% exceso=(O ₂ alimentado-O ₂ teórico)/ O ₂ teórico					
O ₂ teórico=cantidad esteq-cantidad q acompaña RL					
O ₂ teórico	21,00 kmol				
O ₂ alimentado	23,10 kmol				
O ₂ aire	23,05 kmol				
AS	109,75 kmol		3182,80 kg		
N ₂ aire	86,70 kmol				
H ₂ O	63,66 kg		3,54 kmol		
Sustancias	n (entra) kmol	n genera	n consume	n (sale)	m (sale) kg
Carbono	12,00		12,00	0,00	
Hidrógeno	8,92		8,92	0,00	
Oxígeno	23,10		21,05	2,05	65,49
Nitrógeno	86,70			86,70	2427,71
Azufre	0,13		0,13	0,00	
Agua	3,75	8,92		12,67	228,05
Dióxido de Carbono	0,00	12,00		12,00	527,90
Dióxido de Azufre	0,00	0,13		0,13	8,58

Ciclo de refrigeración			
Rendimiento exergético del ciclo		Exergía Física	$e = (h1-ho) - To*(s1-so)$
Nex= X QL/Went	0,39	Condensador	
Flujo de exergía correspondiente al calor transferido del medio de baja		entrada	49,23 kJ/kg
X QL= QL(To-TL/TL)	10,45 kW	salida	33,73 kJ/kg
Destrucción total de exergía		Mec. Expansión	
e dest tot = e dest 1-2+e dest 2-3+e dest 3-4+e dest 4-1	16,33 kW	entrada	34,83 kJ/kg
Exergía destruida	e dest= To*Sgen	salida	32,68 kJ/kg
Condensador		Evaporador	
e dest 2-3=To(m(s3-s2)+QH/TH)	4,66 kW	entrada	33,24 kJ/kg
Mec. Expansión		salida	20,69 kJ/kg
e dest 3-4= m*To(s4-s3)	2,15 kW	Compresor	
Evaporador		entrada	314,22 kJ/kg
e dest 4-1=To(m(s1-s4)-QL/TL)	8,44 kW	salida	188,04 kJ/kg
Compresor		Rendimiento Exergético	
e dest 1-2= m*To(s2-s1)	1,09 kW	Nex=(B útil salida/ B entrada)*100	
Rendimiento exergético		Nex= e recuperada/e destruida	
Condensador		Costo exergético	
Nex= QH(1-To/TH)/(m(h2-h3-To(s2-s3)))	0,00	Costo exergético	Ce=1/Nex 0,02
Mec. Expansión			
Nex= 1- (m*To(s4-s3)/m*To(s4-s3))	0,00		
Evaporador			
Nex= QL(To-TL/TL)/(m(h4-h1-To(s4-s1)))	0,55		
Compresor			
Nex= (m(h2-h1-To(s2-s1))/m(h2-h1))	0,96		

Generador de vapor			
rendimiento exergético			
Nex=(B útil salida/ B entrada)*100			
$B \text{ entrada} = m(\text{comb}) * ex(\text{comb}) + m(\text{aire}) * ((h(\text{aire}) - ho) - to * (S(\text{aire}) - So)) + m(\text{agua}) * ((h(\text{agua}) - ho) - to * (S(\text{agua}) - So))$			
$B \text{ útil salida} = m(\text{vapor}) * ((h(\text{vapor sat}) - ho) - to * (S(\text{vapor sat}) - So))$			
Nex		26,12	
B entrada		6879055,70 kJ/h	
B útil salida		1796917,00 kJ/h	
$ex(\text{petróleo}) = K * (1066 + 67,4 * \omega + 1875 * v + 3784 * \sigma - 177,8 * \zeta)$			40033,64 kJ/kg
K=7,817*c		6,56	
$\omega = (6 * h) / c$		0,74	
$v = (3 * n) / (7 * c)$		0,00	
$\sigma = 1 + ((3 * (h - ((o - s) / 8)) / c)$		1,32	
$\zeta = (3 * s) / (8 * c)$		0,01	
Costo exergético			
Costo exergético=1/Nex			
Costo exergético		0,04	

Al concluir la revisión se tomaron algunas medidas para reducir el consumo de energía.

Generador de Vapor

- En el tratamiento de agua revisar periódicamente el estado de los tubos tanto interna como externamente en búsqueda de incrustaciones y programar la remoción de ellas, revisar periódicamente la composición del agua de

alimentación y de la caldera de manera que se pueda verificar el correcto tratamiento de la misma.

- En el hogar y quemador de la caldera realizar inspecciones de incrustaciones y de corrosión en los tubos del hogar de la caldera, que induzcan fugas, asegurar una adecuada combustión, un combustible limpio y homogéneo, controlar la temperatura del combustible y realizar mensualmente un análisis de gases de combustión para controlar las emisiones de CO₂.
- Es importante mantener una temperatura adecuada del combustible y realizarle limpieza periódica al precalentador, conservar los niveles adecuados de presión para garantizar la correcta atomización del combustible, verificar el funcionamiento de la bomba y de la válvula de relevo, comprobar la limpieza de los filtros, comprobar que no hayan fugas en el sistema y realizar la limpieza de las boquillas de atomización.
- Evitar un exceso de aire por encima del recomendado pues esto ocasiona una reducción de la temperatura del hogar, aumento de la temperatura de gases de combustión y por ende una reducción de eficiencia.

Medidas para ahorrar electricidad.

- Utilizar los refrigeradores de las oficinas solo las horas laborables (8 horas)
- Apagar los equipos (computadoras, impresoras, aires acondicionados y lámparas) que se encuentran en las oficinas durante el horario de almuerzo. (12-12:30pm) y después de culminada la jornada laboral.
- Encender las lámparas del comedor solo durante el horario de almuerzo (12-12:30pm) y desconectar la nevera para agua una vez concluido el mismo (8-12:30pm).
- Conectar los equipos de laboratorio solo durante el tiempo de análisis diario (aproximadamente 3 horas)
- En las áreas de almacenes utilizar las pesas solo en los horarios de entradas y salidas de productos (8:00-10am).
- En el comedor mantener desconectada la pesa mientras no se reciba ningún surtido.

- Encender las lámparas del parqueo solo durante la entrada y la salida del personal (2 horas aproximadamente).

Aquí quedan reportados los resultados obtenidos y las medidas a tener en cuenta para reducir el consumo de energía y mejorar el desempeño energético.

Energético

Idalmis Rodríguez

Director

Humberto Landrián del Busto

Cuño

Anexo 13: Levantamiento de equipos.



Cárdenas, 15 de enero del 2017

“Año 59 de la Revolución”

Equipo	kWh	amp	RPM
<u>Equipos planta de queso</u>			
Reduc. Agit. Tanq. Cultivo 1	1,5	5,1	1720
Reduc. Agit. Tanq. Cultivo 2	1,5	5,1	1720
Bomba san. Cultivo 5 M ³ /h	4	13,8	3432
Bomba san. recbo Leche fresca 10 M ³ /h	7,4	24	3400
Reduc. Agit. Tanq. Maduración	1,10	4,2	1690
Reduc. Agit. Tanq. Maduración	1,1	4,2	1690
Bomba san. Tanq. Maduración 3 M ³	1,5	5,7	3420
Bomba Tanq. Disolutor de grasa 3M ³	1,5	5,7	3420
Bomba agua caliente Pasteriz 5M ³	4	13,8	3432
Bomba san. Del Pasterizador 5 M ³	4	13,8	3432
Homogenizador	37	120	1185
Reduc. Agit. Tanq. Cuajada 1	1,1	4,2	835
Reduc. Agit. Tanq. Cuajada 2	1,1	4,2	835
Reduc. Agit. Tanq. Cuajada 3	1,1	4,2	835
Bomba san. Tanq. Cuajada 5 M ³	4	13,8	3432
Bomba san. Tanq. Suero 5 M ³	4	13,8	3432
Desuerador 1	5,5	19,5	1740
<u>Desuerador 2</u>	5,5	19,5	1740
Winche eléctrico	1,8	5	1100
Picador de hielo	2,6	10	1730
Máquina de empaque	2,2	4,8	1130
Lavadora	2,2	9,4	
Extractor 1	0,6		
Extractor 2	0,6		
Climatización			
Split salón empaque	4,59	21	
Alumbrado			
6Lám. Dob 36W nevera queso	0,432		

Equipo	kWh	amp	RPM
<u>Sala de Máquinas</u>			
Compresor de Amoníaco 1	55	195	865
Compresor de Amoníaco 2	55	195	865
Condensador	2		
Agitador banco hielo	5,5	19,5	1740
Bomba Pozo	7,5	47	3425
Bomba Condensador 1	7,5	24,6	3530
Bomba Condensador 2	7,5	24,6	3530
Bomba agua helada 1 Ch	7,5	24,6	3530
Bomba agua helada 2 G	11	36	3530
Bomba agua helada 3 G	11	36	3550
Bomba agua potable 1 G	11	36	3530
Bomba agua potable 2 G	11	36	3530
Bomba agua potable 3 Ch	7,5	24,6	3530
Alumbrado			
1 Luminaria de sodio	0,25		
1Luminaria Fluor. 36W doble	0,072		
<u>Caldera</u>			
Bomba de agua de alimentación 1	3		3514
Bomba de agua de alimentación 2	3		3514
Bomba del Quemador	1,3	57	1700
Ventilador	3,5		3430
Bomba de engrane	7,5		
Alumbrado			
4Luminaria Fluor. 36W doble	0,288		
Laboratorio			
3 Refrigeradores de 0,081Kw, 1,4amp	0,243	4,2	
Incubadora 1	1,5		
Incubadora 2	1,5		
Autoclave 1	1,6		
Autoclave 2	1,6		
Centrífuga	0,3		
Climatización			
2 aires acondicionados de 1,5Kw	3		
Alumbrado			
4 lamparas dobles 36w Salón	0,288		
3 lamparas dobles 36w	0,216		

Equipo	kWh	amp	RPM
Administrativo			
6 REFRIGERADORES 0,081 Kw	0,486		
8 Computadoras 0,18 Kw	1,44		
Climatización			
7 Equipos LG de 6000BTU 0,560kw	3,92		
3 Equipos de 12000BTU 1,5kw	4,5		
1Split Salón reuniones	1,85	8,4	
1Split Oficina economía	3,648	17,2	
Cafetería Comedor			
Batidora	0,5		
2Nevera de 0,18 c/u	0,36		
Caja de agua	0,081		

Energético

Idalmis Rodríguez

Cuño

Anexo 14: Diagrama energético productivo de la Planta de Queso Crema.

