

Desarrollo de una caracterización energética para una industria láctea

Ing. Fabio Andrés Bermejo Altamar¹, Ing. Wilman Antonio Orozco Lozano²
fabiobermejo@yahoo.com wilmanorozco@yahoo.es

Resumen

El presente artículo de investigación describe el desarrollo de una caracterización energética para una industria láctea, analizando los principales sistemas y equipos consumidores de energía y sus componentes, determinando las eficiencias técnicas y operacionales que impactan en el consumo energético, buscando con ello, el uso eficiente de energía y la reducción de costos en las instalaciones de la industria Coolechera. Una vez desarrollada la caracterización, se encontró que los equipos de procesos derivados de la leche (leche, yogurt, mantequilla, gelatina y queso), refrigeración y aire acondicionado son los mayores puntos de consumo de energía con un 89.1% del total. Esto indica que son algunos de los equipos más importantes para abastecer energéticamente; a su vez, se encontraron una serie de ineficiencias en las medidas operacionales de refrigeración, aire acondicionado, leche líquida, iluminación, bombeo de líquidos, aire comprimido y consumidores de gas natural (Calderas).

Palabras clave: Caracterización, ineficiencias, gas natural, refrigeración

Abstract.

This research paper describes the development of an energy characterization for a dairy industry, analyzing the major systems and energy-consumptions equipments and components, determining the technical and operational efficiencies which impact on energy consumption, thus aiming to the efficient use energy and reducing costs in Coolechera industry facilities. Once developed the characterization, it was found that the process equipment milk-derived (milk, yogurt, butter, jelly and cheese), refrigeration and air conditioning are the bigger energy points of consumption with 89.1% of the total. This indicates that those are some of the most important equipments for energy supply, a series of inefficiencies on the operational measurements were found in refrigeration, air conditioning, liquid milk, lighting, pumping liquids, compressed air and natural gas consumers (Boilers).

Keywords: Characterization, inefficiencies, natural gas, cooling.

¹ Recibido: 6 de marzo de 2011

Aprobado: 12 de mayo de 2012

* Magister en Ingeniería Mecánica, profesor de medio tiempo. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Antonio Nariño, Barranquilla. Contacto: fabiobermejo@yahoo.com

** Magister en Ingeniería Mecánica, profesor de medio tiempo. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Antonio Nariño, Barranquilla. Contacto: wilmanorozco@yahoo.es

1. Introducción

El presente artículo es presentado al lector, como apoyo y aplicación de técnicas para el análisis y evaluación del funcionamiento energético en una industria láctea (Coolechera). Los aspectos involucrados en el estudio hacen referencia a la utilización de la energía (eléctrica y de los gases de escape) y su calidad, dichos aspectos permitirán concluir sobre el manejo operacional con respecto a la eficiencia de los procesos.

En este caso, el estudio combina los datos de producción y consumos de energía, tanto eléctrica como de gas natural utilizados en los procesos de transformación de productos alimenticios dirigidos a la conservación de alimentos, bebidas, productos industriales y elementos que proveen bienestar a los seres vivos, sin afectar el medio ambiente. Es un hecho que, todos los datos e información utilizada para la evaluación son reales y por tanto deben ser respetados. Su manejo será única y exclusivamente para fines de análisis de la compañía, sólo estará disponible para el lector las teorías que les permitan encontrar opciones de mejora en sus procesos. Por lo anterior, solo se presenta la tabla de consumo general de la industria láctea (Coolechera). Espinal et al [1] hizo un estudio detallado de los derivados del petróleo y su mejor aprovechamiento para el consumo donde se destaca un modelo de producción.

Campos et al [2] desarrollo un “Manual de procedimientos” para la caracterización y diagnóstico Energético-Ambiental para poder optimizar los procesos de la industria eficientemente.

Mann [3] desarrollo un modelo de optimización del agua para poder minimizar los costos de operación de los equipos y a su vez mejorar la producción reduciendo los costos energéticos.

2. Metodología

2.1 Trabajos

Cuantificación y distribución del consumo de energía eléctrica y térmica [4].

Identificación y cuantificación de las ineficiencias energéticas en los principales consumidores de energía térmica y eléctrica.

2.2 Equipos utilizados para el registro y control

- Analizador de redes
- Analizador de redes Dranetz
- Analizador de gases de combustión
- Luxómetro
- Medidor de caudal
- Manómetro de presión
- Pinza voltiamperimétrica
- Termómetro de contacto
- Termo anemómetro Alnor

2.3 Equipos y generación actual

Actualmente la industria láctea cuenta, para la generación de vapor en su área de servicios, con cuatro equipos generadores de vapor para la producción de lácteos; donde el vapor generado es necesario en sus procesos de producción. En la figura 1 se muestra una de las calderas utilizadas actualmente en la generación de vapor. Esta caldera se encuentra en la zona de leche líquida.

En la tabla 1 se muestran las especificaciones de los equipos y demás características fueron tomadas del manual del fabricante (COLMAQUINAS).

En tabla 1, se dan características muy importantes para conocer la cantidad de generación de vapor por equipo y la relación vapor generado consumo de gas natural.

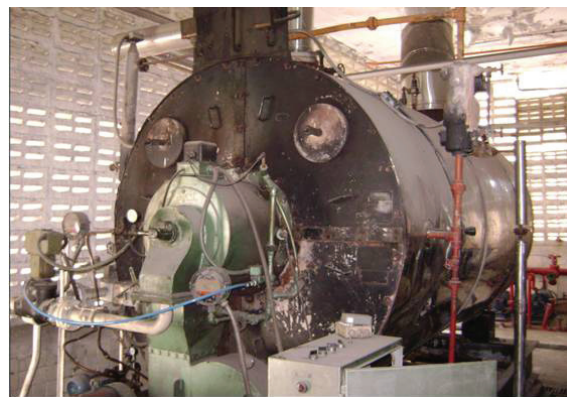


Figura 1. Caldera utilizada actualmente en la industria láctea (Coolechera) para la generación de vapor [5].

Tabla 1. Condiciones y parámetros de los dos tipos de calderas en esta industria [5].

Características				
Capacidad (BHP)	150	300	400	600
Superficie de calentamiento (ft ²) lado fuego	750	1500	2000	3000
Btu/hr * 1000	5,021	10,04	13,39	20,09
Liberación térmica (Btu/ft ³ *hr)*1000	148	145	143	139
Libras de vapor / hora a 212°F	5,175	10,35	13,8	20,7
Consumo de Gas Natural (1000Btu/ft ³)(ft ³ /hr)	6,276	12,552	16,736	25,104
Peso neto de caldera a 150 psi (lb)	17,835	27,6	34,118	47,154
Peso de la caldera a nivel normal de agua (lb)	27,837	44,95	56,378	79,234
Contenido del agua a nivel normal (gal)	1,199	2,0484	2,668	3,907

- Presión del Vapor (Psi):100
- Temperatura de Agua de alimentación (°C): 57
- Temperatura de retorno del condensado (°C): 88
- Porcentaje de retorno del condensado (%): 45

De la tabla 1 se puede concluir que en condiciones normales de funcionamiento y con una eficiencia global de 80% por equipo que 1 m³ de gas natural consumido produce 23.28 lb de vapor.

Conociendo la cantidad de gas natural consumido durante un mes se puede saber la cantidad de vapor utilizado en los procesos de producción en la industria.

2.4 Caracterización energética

Para poder realizar la caracterización se realizó una distribución en planta de todos los equipos actuales para poder recopilar toda la información necesaria para analizar los principales sistemas, equipos consumidores de energía y sus componentes, determinando eficiencias térmicas y operacionales que impactan el consumo energético, buscando con ello el uso eficiente de energía y reducción de costos operacionales.

Para el año de 2008 se obtuvieron unos valores de consumos de energía eléctrica, gas natural y sus respectivos costos que son mostrados en la figura 2.

Las figuras 2 y 3 muestran algunos picos máximos de consumos eléctricos y de gas natural con un valor de 792.330 kWh/mes para Octubre y

de 549.041 m³/mes para Julio, respectivamente. Lo anterior sirve como parámetro al momento de seleccionar el tipo motor, sea continuo o recíprocante, con el fin de no ser superados por la demanda energética para que el motor no falle.

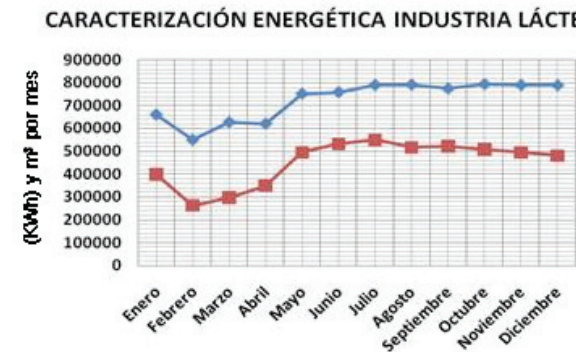


Figura 2. Caracterización energética de la industria Láctea [6].

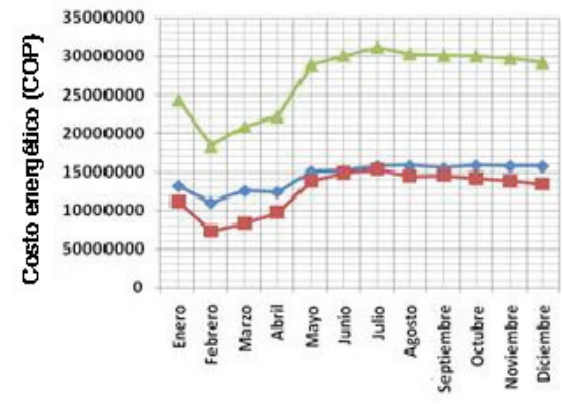


Figura 3. Relación de costos energéticos por mes [6].

Tabla 2. Caracterización energética distribuida de la industria Láctea [6].

Sistema	Consumo (kWh/mes)	% Participación
Equipos de procesos	289123	39,7
Refrigeración	256203	35,2
Aire acondicionado	106014	14,6
Iluminación	38113	5,2
Bombeo de agua	20885	2,9
Aire comprimido	17302	2,4
Total	727641	100

Energía Empresarial de la Costa, realizó un estudio minucioso en las instalaciones de la industria láctea cuyos resultados son mostrados en la tabla 2 correspondientes a la caracterización energé-

tica de la misma para el período comprendido entre 12 de Diciembre de 2007 hasta el 14 de marzo de 2008.

Se puede observar claramente como el consumo eléctrico es mayor en los equipos de proceso y refrigeración (siendo un 74.9% del consumo total), lo que indica las dos zonas en las cuales más se debe centrar la atención al momento de suministrar el fluido eléctrico por parte del sistema de cogeneración.

3. Resultados

Luego de realizar la caracterización energética se obtuvieron los resúmenes de las ineficiencias con medidas operacionales encontradas en la caracterización energética y sus respectivas mejoras, estos son presentados en la tabla 3.

Tabla 3. Resúmenes de ineficiencias y sus respectivas mejoras a implementar [6].

Refrigeración				
Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)
El condensador evaporativo #3 del sistema principal de refrigeración para amoníaco se encuentra funcionando con dos ventiladores; le hace falta un ventilador. Esta situación trae como consecuencia una reducción de la capacidad de condensación de este equipo, lo cual genera un aumento de la temperatura de condensación del ciclo de refrigeración y una reducción del sub-enfriamiento, por ende, el aumento del consumo de energía eléctrica de los compresores del sistema.	Instalar el ventilador que le hace falta al condensador evaporativo #3. Adicional a esta medida, se recomienda que en los condensadores evaporativos: se cambien las chumaceras por unas nuevas, se cambien e instalen todas las correas de transmisión de los ventiladores, realizar una alineación y balanceo del eje de los ventiladores, corregir fugas de aire.	15,69%	12.984	\$ 2.501.042
Actualmente los tres compresores de amoníaco se encuentran funcionando con controles de presión que se encuentran en mal estado y posiblemente descalibrados; durante los seguimientos se encontraron las tuberías de succión congeladas, y los cabezales de los compresores con escarchas. Por otro lado, las tuberías de distribución de los bancos de hielo se encontraban con capas de hielo con espesores superiores a 2 pulgadas.	Instalar en cada uno de los compresores controles nuevos de presión de succión, descarga y de aceite. Adicionalmente, ajustar los valores de control y diferenciales en los rangos óptimos. Se recomienda poner a trabajar los tres compresores en cascada, pensando en que se debe tener a mayor carga el compresor MYCOM 6NB con relación a los otros dos compresores.	1,08%	894	\$ 172.124

La unidad de refrigeración de amoníaco de leche en polvo tiene los controles de presión en mal estado y posiblemente descalibrados.	Se recomienda instalar controles nuevos de presión de succión. Descarga y de aceite. Adicionalmente, ajustar los valores de control y diferenciales en los rangos adecuados.	1,08%	139	\$ 26.685
Existen tuberías de agua fría que se encuentran desnudas del sistema principal de refrigeración por amoníaco en leche líquida, lo cual aumenta la pérdida de calor en el ambiente e incrementa el desperdicio energético.	Cubrir estas tuberías desnudas con poliuretano con chaqueta metálica.	0,24%	199	\$ 38.250
Existen unos tramos de tuberías de succión del sistema de refrigeración por amoníaco principal ubicadas dentro de la sala de compresores, sin aislamiento térmico.	Cubrir estas tuberías y válvulas desnudas con poliuretano con chaqueta metálica.	0,18%	149	\$ 28.687

Aire acondicionado

Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)
Hay fugas de aire frío cerca de las oficinas de calidad del laboratorio físico - químico, generando pérdidas de frío y aumento del trabajo de las unidades de aire acondicionado.	Sellar las aperturas de los marcos de estas puertas con el fin de evitar las fugas de aire frío.	2,00%	116	\$ 22.310
El set point de temperatura de 35 unidades de las oficinas de ingeniería se encuentra en 21°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	9,75%	217	\$ 41.864
El set point de los tres controles de temperatura de las unidades centrales de aire acondicionado de las oficinas administrativas se encuentran así: control #1 en 21°C, control #2 en 50°F y control #3 en 55°F.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	9,75%	490	\$ 94.433
El set point de los dos controles de temperatura de las unidades centrales de gerencia se encuentran fijados en 21°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	9,75%	170	\$ 32.736
El set point de la unidad minisplit de 3TR de compras se encuentra fijado en 16°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	14,25%	143	\$ 27.614
El set point del control de temperatura de la unidad central de almacén se encuentra fijado en 16°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	14,25%	83	\$ 15.921
El set point de las unidades de la tetrapack se encuentran fijados en 18°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	14,25%	1.283	\$ 247.240
El set point de la unidad minisplit de la oficina de despacho se encuentra fijado en 16°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	14,25%	94	\$ 18.199
El set point de la unidad minisplit de la oficina VPM se encuentra fijado en 16°C.	Ajustar el set point de temperatura en 23°C +/- 1°C.	14,25%	60	\$ 11.611

Iluminación - leche líquida					
Lugar de acción	Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)
Taller de mantenimiento	Las luminarias permanecen encendidas durante el día sin necesidad (el área cuenta con suficiente iluminación natural).	Solo encender las luminarias a partir de las 4:30 pm, dejarlas encendidas durante la noche hasta la 7 am. Con esto se estima reducir el tiempo de utilización a 465hrs/mes aproximadamente.	35,4	239	\$ 45.051
Cuarto compresores de amoniaco	Las luminarias permanecen encendidas día y noche sin necesidad, ya que en lugar no se realiza mucha actividad.	Mantener apagadas las luminarias y encenderlas solo cuando el personal vaya a ejecutar una acción en el recinto, apagarlas al desocuparlo. Con esto se estima a reducir el tiempo de utilización a 300hrs/mes aproximadamente.	58,3	141	\$ 27.184
Cuarto compresores de amoniaco	Las luminarias permanecen encendidas día y noche sin necesidad, ya que en lugar no se realiza mucha actividad, el personal no acostumbra apagarlas.	Mantener apagadas las luminarias y encenderlas solo cuando el personal vaya a ejecutar una acción en el recinto apagarlas al desocuparlo. Con esto se estima a reducir el tiempo de utilización a 300hrs/mes aproximadamente.	58,3	52	\$ 10.024
Lavado de canasta	Las luminarias permanecen encendidas día y noche, aun durante los recesos en los cuales no hay personal laborando en las zonas.	Apagar las luminarias durante el receso de trabajo y alimentación, con lo que se estima reducir el tiempo de utilización a 660hrs/mes aproximadamente.	8,3	16	\$ 3.107
Piscina de canasta	Las luminarias permanecen encendidas día y noche, aun durante los recesos en los cuales no hay personal laborando en las zonas.	Apagar las luminarias durante el receso de trabajo y alimentación, con lo que se estima reducir el tiempo de utilización a 660hrs/mes aproximadamente.	8,3	23	\$ 4.334

Bombeo de líquidos					
Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)	
No existe un uso racional del agua por parte de los operadores de los procesos de producción de las plantas de leche líquida y leche en polvo. Durante los procesos de lavado se dejan las mangueras desperdiciando agua hay reboses en los tanques que son lavados.	Realizar una concientización al personal operativo encargado de los procesos de lavado en el uso racional del agua, es indispensable revisar el procedimiento que se lleva a cabo para el proceso de lavado para optimizar el manejo del agua, la mínima cantidad requerida para lavar sin afectar la calidad de este.	5,00%	396	\$ 76.349	
Las bombas de suministro de agua en la planta de leche líquida poseen diferentes consumos específicos siendo estas de las mismas características y configuración en la línea de succión.	Realizar mantenimiento a la parte interna de las bombas #2 y #3, con el fin de aumentar sus índices de consumo, mejorar la cabeza de succión positiva.	3,63%	288	\$ 55.429	

Aire comprimido				
Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)
La presión máxima de trabajo de la unidad de aire comprimido principal (equipo Sullair) se encuentra en 120 psig.	Reducir la presión máxima de trabajo a 110 psig, ya que los equipos neumáticos necesitan una presión de aire mínima de 80 psig (presión mayor a 5 bares y menor de 7 bares).	2,50%	285	\$ 54.960
Consumidores de gas natural				
Ineficiencia	Medidas de Ahorro	% de ahorro	Ahorro kWh/mes	Ahorro en \$ (COP)
Existen tuberías de vapor desnudas a lo largo del sistema de distribución de vapor de leche líquida y en polvo, válvulas del servicio principales del sistema.	Recubrir las tuberías con fiberglass recubierto con chaqueta metálica.	1,43%	6.899	\$ 2.131.860
Es posible que el proporcionador del quemador de combustión de cada una de las calderas de planta de leche líquida y leche en polvo y el quemador de planta #2 se encuentren descalibrados y presenten relaciones de aire combustible para el gas natural no adecuadas, lo que aumenta el consumo de este combustible.	Realizar la calibración y el ajuste correspondiente con ayuda de personal técnico calificado, de tal forma que la relación aire - combustible de la caldera tenga un exceso de aire del 1,10.	1,00%	4.840	\$ 1.495.608
En los procesos de lavados, se está utilizando agua caliente a temperaturas superiores (80°C) de las requeridas (65°C); dicha agua es calentada por el vapor generado por las calderas de leche líquida y leche en polvo.	Es necesario ajustar el set point de temperatura de la unidad de calentamiento del agua a 65°C - 70°C durante cada proceso de lavado.	1,47%	1.176	\$ 363.396
La presión de trabajo de la caldera de 400BHP de leche líquida se encuentra en 130psig (175,6°C), este se puede reducir a un menor valor. En los equipos de proceso que utilizan el vapor poseen válvulas reguladoras automáticas que reducen la presión de vapor a valores por debajo de 100psig (166°C), para los procesos de pasteurización.	Se recomienda bajar la presión de trabajo de la caldera a un valor de 110 psig, cuando no haya proceso de UHT. Es necesario coordinar esta medida entre mantenimiento, operación de la caldera con producción para concordar y no existan problemas en el proceso de UHT con la temperatura mínima en este. Se recomienda válvula reguladora de cada equipo de proceso.	2,50%	1.750	\$ 540.768

4. Conclusiones

La caracterización energética permitió tener los valores de consumos energéticos (vapor y electricidad) de la planta estableciendo que los equipos de procesos, refrigeración y aire acondicionado son los mayores puntos de consumo representando 89.1 % de energía eléctrica. Esto indica que son las áreas de procesos y de refrigeración las más importantes para abastecer energéticamente

te y que su demanda, tanto en gas natural como en electricidad, aumenta drásticamente desde mayo manteniéndose constante hasta diciembre, porque son las épocas donde hay mayor producción lechera del ganado debido a las lluvias; lo anterior ayuda a tener garantías en la cantidad de energía suministrada para poder escoger un motor adecuado cuando se desee implementar un proceso de cogeneración.

Referencias

- [1] Espinal. Estimación de Lacteos y Derivados en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agro. Colombia. Bogotá. Vol. 81; pp. 2–26. 2005.
- [2] J. Campos, S. Cervera, Manual de Procedimientos para la caracterización y Diagnostico Energético-Ambiental. Universidad del Atlántico. Colombia. Marzo de 2004.
- [3] G. J. Mann, A. Y. Liu, “Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization”. Mc Graw-Hill. 1999.
- [4] Y. P. Wang, “Wastewater Minimization and the Design of Distributed Wastewater Treatment Systems”. PhD Thesis, Department of Process Integration. University of Manchester, Institute of Science and Technology. Manchester, United Kingdom. 1993.
- [5] Coolechera. Cooperativa de Productores de Leche de la Costa. Barranquilla, Colombia. 2010.
- [6] W. Orozco, A. Bula, “Metodología de Integración Energética para la Industria Láctea por Medio de la Aplicación de un Sistema de Cogeneración Evaluado Mediante la Tecnología PINCH”. Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. Julio de 2010.