

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA INDUSTRIA LÁCTEA

Caminos J.⁽¹⁾, Pacheco C. G.⁽²⁾, D`Andrea A.⁽³⁾, Russillo S.⁽⁴⁾.

⁽¹⁾GESE – UTN – FRFSF, A. del Valle 2960, (3016) Santo Tome, Prov. Santa Fe, Republica Argentina, jcaminos@frsf.utn.edu.ar

⁽²⁾GESE – UTN – FRFSF, Gdor Candiotti 1044, (3000) Santa Fe, Republica Argentina, cpacheco@frsf.utn.edu.ar

⁽³⁾GESE – UTN – FRFSF, Pje Gianello 695, (3000) Santa Fe, Republica Argentina, adandrea@frsf.utn.edu.ar

⁽⁴⁾GESE – UTN – FRFSF, M. Candiotti 7119, (3000) Santa Fe, Republica Argentina, srusill@frsf.utn.edu.ar

Resumen. El sector industrial continuamente debe buscar caminos para mejorar su gestión, reduciendo costos de producción y aumentando su productividad con el objetivo de alcanzar niveles de competitividad acordes a las características del mercado en el que se desenvuelven o pretenden desenvolverse.

El uso adecuado de los insumos de la producción, materias primas, agua y energía, entre otros, es un factor de gran impacto en el camino de fortalecimiento del sector. Aún cuando existe consenso de que inversiones en tecnologías y en equipos eficientes, así como la introducción de sistemas modernos de gestión de la producción, constituyen condiciones necesarias para la permanencia en el mercado. Una gestión eficiente y el uso racional de la energía (URE) constituyen estrategias básicas para garantizar la satisfacción de las necesidades energéticas mediante el uso óptimo de los recursos disponibles, dentro de un contexto de desarrollo sostenible. La habilidad para definir y medir la eficiencia energética es entonces esencial para establecer el cumplimiento de estos objetivos. Se estima que los ahorros que pueden obtener las empresas rondan un 20% del costo de energía de las mismas.

Se presenta en este trabajo un estudio de auditoría energética en una industria láctea. Para el mismo se efectuó una caracterización de las instalaciones y se realizaron mediciones de las magnitudes involucradas.

Finalmente se presentan distintas acciones y una serie de medidas a implementar a los efectos de hacer un uso más eficiente de la energía, logrando importantes ahorro anual de energía.

Palabras Claves: Eficiencia energética, lácteo, auditoria

INTRODUCCIÓN

Los procesos productivos siempre requieren una revisión para identificar deficiencias, consumos excesivos o funcionamientos indebidos. En el trabajo realizado en la planta

se analizaron diversos parámetros de producción con el objetivo de obtener mejoras que permitan aumentar las potencialidades, disminuir costos e incrementar el rendimiento de la instalación.

A continuación se resumen los ahorros detectados más significativos (Tabla N° 1):

| Mejoras | Ahorro Energético Anual |
|--|--------------------------------|
| Control de la iluminación en cámaras de frío y reemplazo por balastos electrónicos | 7.259,4 [kWh] |
| Adaptación de las tomas en los compresores de aire | 1.793 [kWh] |
| Controles en compresores y condensadores en circuitos de refrigeración | 125.705 [kWh] |
| Mejora en la combustión de la caldera | 108 [Tn/año] |

Tabla N° 1

DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

El 40% de la leche que procesa la empresa proviene de tambos de la zona. La leche proveniente de los mismos se recibe a granel en camiones tanques y se transporta a los tanques térmicos de acumulación (Fig. N°1). Luego se bombea previo paso por el pasteurizador, a los distintos procesos; para el caso de los quesos, se envía a las tinas de cocción, cuyas capacidades son de 5000 litros. En esta se realiza la operación de cuajado, cocción y lirado. Luego por gravedad ingresa a la mesa desueradora donde se separa la cuajada del suero; y este último por bombeo se lo envía a un tanque de almacenamiento.

Los quesos de pasta blanda luego de salir de la mesa desueradora donde reciben un pre-prensado, se los coloca en moldes calados que les proporcionan la forma al queso y facilitan el drenaje del suero y el ligado de la masa. Se favorece, sobreponiendo los moldes y por peso propio lograr el objetivo. Los quesos de pasta semi-dura y los quesos de pasta dura, luego de la mesa desueradora y ser alojados en moldes calados, pasan al prensado, lo cual favorece el ligado de la masa, y la formación de la corteza.

Luego de un cierto lapso, los quesos de pasta blanda se instalan en piletas de salmuera saturada de cloruro de sodio, un lapso del orden de 1 hora por kilogramo de queso. Los de pasta semi-dura durante 24 horas; y los de pasta dura durante 4 días.

La diferente temperatura de la salmuera y tiempo de residencia de los distintos tipos de pasta, imponen que cada tipo de pasta tenga su propio baño de salmuera. Luego de este proceso tienen un tiempo de oreo del orden de 24 horas antes de pasar a la cámara de maduración.

El oreo se realiza a los fines de escurrir la salmuera y disminuir la humedad hasta su ingreso a las cámaras de maduración.

El tiempo de maduración de los quesos para cada tipo de pasta demanda un cierto lapso. Para los quesos de pasta blanda 30 días en cámara frigorífica a temperatura de 5 °C. Los de pasta semi-dura, 60 días (promedio) de cámara a 5 °C y los de pasta dura de 180 días (promedio) a temperatura del orden de 15 a 17 °C. En todas las cámaras la humedad relativa debe ser del 85 %.

Para la elaboración de la crema de leche, la leche cruda, se envía a un sector de recibo y tratamiento de materia prima. La crema se descarga en un tanque, donde se bombea al pasteurizador para el tratamiento térmico pertinente. Desde aquí la crema se envía a un desodorizador para luego, pasar nuevamente por el pasteurizador completando su proceso, enfriándose a la temperatura de envasado y dirigiéndose a un tanque pulmón. Desde allí se alimenta a la línea de envasado donde el producto se fracciona en bolsas de plástico con cierre inviolable y pico vertedor, de 5 y 10 litros.

En lo referido al concentrado de suero, una vez recogido de la sala de proceso, se realiza a un desmigado, de aquí se lo pasteuriza y se lo envía a el sistema de nanofiltrado, logrando así obtener la concentración de suero requerida y finalmente se la almacena en tanques especiales.

CONSUMO DE AGUA

El suministro de agua básico, dispone de dos bombas de pozo, las cuales se encargan de abastecer al consumo de la planta. El agua de pozo es distribuida a dos tanques cisternas de 40 m³ cada uno. De los tanques, se bombea al consumo total de la fábrica, mediante un cuadro de dos bombas dispuestas en paralelo.

El sistema de bombeo básico y el complementario, convergen a una cañería principal que abastece la totalidad de la fábrica. Una parte de este suministro es enviado a una planta de osmosis inversa presurizada por un par de bombas en paralelo, proporcionándole la presión de suministro requerida; posteriormente almacenado en un tanque de 26 m³. El agua, así tratada, es enviada a la Torres de enfriamiento, Calderas, Desnatadora de leche, etc. El resto del agua sin tratar, se utiliza para el lavado de camiones, limpieza general de planta, cajones, alimentación del banco de hielo y demás.

INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

La instalación, cuenta con dos compresores del tipo de tornillo de una etapa de compresión, ubicados en el interior de la sala de compresores (Fig. N°2).

El aire comprimido, luego de salir de los compresores se almacena en un tanque pulmón vertical, luego pasan a un equipo secador de tipo frigorífico y desde este se alimenta a la cañería de distribución que recorre la planta alimentando a los distintos consumidores.

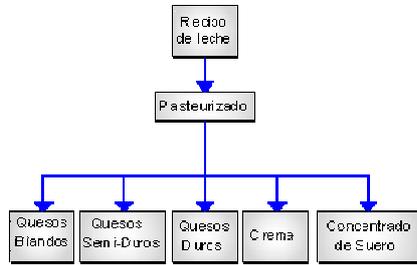


Fig N° 1

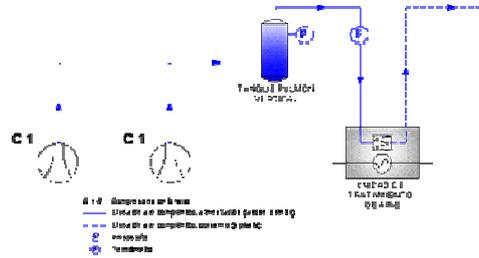


Fig N° 2

Del relevamiento realizado en la instalación pudo constatar que el aire aspirado por los compresores proviene del interior de la sala de maquinas; debido a la presencia de otros equipos en esta sala y a las condiciones de ventilación del local hacen que la temperatura del aire de aspiración del compresor sea superior a la del aire exterior. Estos factores reducen el rendimiento de la compresión e incrementa el consumo de energía.

Se estima que por cada 4 °C de incremento en la temperatura del aire de succión se incrementa en un 1 % la energía consumida por el compresor para la misma cantidad de aire comprimido. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se recomienda la colocación de un conducto de toma de aire exterior.

Ahorro para una reducción promedio de temperatura de 4 °C: 1%

Consumo promedio de los compresores: $P_{comp} = 33,80$ [kW]

Tiempo de funcionamiento anual: 6.240 [hs] (260 días hábiles por año)

Ahorro en energía = $0,01 \times 33,8[\text{kW}] \times 6.240[\text{hs}] \times 0,85 = 1.793$ [kWh/año]

INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

La producción de frío para los consumos en la planta, está a cargo de tres compresores. El sistema de condensación está integrado por cuatro condensadores tipo evaporativo de tiro aspirado y el sistema de acumulación de frío consiste en un banco de hielo y un pre-enfriador en serie arriba del banco de hielo.

Se ha observado la operación de condensadores en paralelo, teniendo uno de ellos en funcionamiento los ventiladores y la bomba de agua de recirculado. El segundo operando la bomba pero el ventilador desconectado, lo cual altera las condiciones de condensación. Los condensadores se encuentran en buen estado de mantenimiento, y el tratamiento de agua es satisfactorio.

A efecto de subsanar esta operativa inadecuada, se recomienda la instalación de un PLC que controle el ingreso y salida de compresores en función de la presión de aspiración, y la entrada y salida de condensadores en función de la presión de condensación, de manera que el consumo del conjunto compresor – condensador sea el mínimo. A cargo del mismo PLC, la selección en forma básica de los compresores a tornillos y finalmente el compresor a pistón.

El consumo energético de los compresores frigoríficos, es dependiente entre otros factores, de la temperatura ambiente. Como esta misma es variable durante el año, se recomienda operarlos procurando que sea un mínimo la suma de la energía consumida

por las torres y los compresores, para lo cual se debiera emplear un PLC, habría de introducir una economía de energía eléctrica más significativa durante la temporada invernal que durante el resto del año, pero siempre positiva. Atento a la razón dada de las economías que se pueden registrar, fuese necesario un estudio en particular para poder dar un valor más preciso, no obstante ello, sí apreciarlo en el orden del 15% en el consumo de energía eléctrica.

La sala de compresores está integrada junto con un depósito de combustible, tal disposición resulta inadecuada por los riesgos asociados a estos suministros, debiéndose disponer al menos una separación física que limite e independice los accesos al depósito y a la sala de compresores, esta última debería contar además con un acceso y una salida de emergencia.

El banco de hielo se encontró parcialmente descubierto en su plano superior, lo cual se traduce en una significativa pérdida de frío y deterioro de la calidad del agua, motivos por los cuales debe corregirse esta situación.

INSTALACIÓN DE VAPOR

La generación de vapor para la planta es llevada a cabo por dos generadores de vapor del tipo humotubular. El vapor generado es de tipo saturado a la presión de 6-7 bar.

La instalación recupera en mínima proporción el condensado de vapor, el resto es desechado.

El combustible empleado para el primer generador es leña con un complemento de Fuel Oil. La subdivisión del FO se hace en un quemador con mezcla de vapor. El segundo generador de vapor utiliza solamente leña y se inyecta vapor para intensificar la combustión.

Los receptores de vapor son los equipos de proceso de producción, sistema de limpieza, lavadora de cajones, calentadores de agua por mezcla para limpieza general de la planta y camiones y desescarchado de evaporadores

Ambos GV operan en paralelo suministrando el vapor a un distribuidor principal. Este distribuidor suministra vapor a dos líneas, una de ellas al sector de producción de queso, limpieza, envasado y equipos auxiliares mientras la otra al sector de preparación de suero concentrado y crema. El condensado de estos receptores es recuperado en forma mínima; como consecuencia de ello la temperatura del agua de alimentación hacia las calderas es prácticamente igual a la del la tanque de agua tratada.

El combustible utilizado en los GV es la leña. Si bien las medidas de estos troncos es muy variable se encontraron de hasta de valor de 40 cm de diámetro; este tamaño resulta bastante inadecuado para el tamaño del hogar, consecuentemente la combustión no tiene rapidez de respuesta e impone un excesivo respaldo de la combustión con FO. En relación con el tema, se sugiere analizar la conveniencia económica de la compra de leña de un diámetro no mayor a los 15 cm.

Es posible establecer un piso o valor mínimo que puede generar en particular el reemplazo de la combustión de leña de menor diámetro, al que se hiciera referencia, se entiende que paralelamente se debe efectuar un control del exceso de aire para que dicho beneficio se materialice. De esa manera interpretada, se aprecia que la economía mínima debe ser del orden del 20 % respecto del costo de ese combustible.

La instalación del tanque mensual y del tanque diario de FO se muestra notoriamente precaria, recomendándose al efecto replantear su disposición acorde con la normativa de seguridad y de conformidad de las ART; además, estas medidas se deben complementar con el sistema de acumulación y transporte de leña.

Las mediciones de los gases de combustión en base de chimenea del primer generador registró un exceso de aire del 287% y temperatura de gases de combustión de 364 °C. Esta temperatura resulta excesivamente elevada si se compara con los valores admisibles a plena carga de 220 °C. Esta temperatura elevada es indicativa que el haz tubular tiene incrustaciones de sarro en su exterior o, alternativamente cubierto de hollín en su interior; debido a que se ha observado el empleo de agua tratada se asume que este problema reside en la falta de limpieza interior del haz tubular. Además la instalación no cuenta con un sistema de control de la temperatura del FO suministrado al quemador.

Cálculo de ahorro por la utilización en la combustión de leña de menor diámetro:

Porcentaje de ahorro potencial: 20%

Cantidad de leña consumida actualmente: 45 [Tn/mes]

Ahorro anual en combustible = 12 [meses] x 0,20 x 45[Tn] = 108 [Tn/año]

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La empresa obtiene su suministro de Energía Eléctrica mediante una conexión a una línea de Media Tensión de 13,2 kV, reduciendo luego esta tensión por medio de un transformador de 630 kVA emplazado cerca de los tableros de la planta; la salida de este transformador alimenta todos los equipos y máquinas de la planta con una tensión de 380/220 [V].

La alimentación en baja tensión se realiza por medio de 3 cables subterráneos en paralelo de 70 mm² a los interruptores principales ubicados en dos tableros próximos al transformador. Los tableros alimentan dos zonas independientes de la planta, cada uno con un grupo electrógeno conectado a barras para entrar en funcionamiento en caso de emergencia mediante el accionamiento de su respectivo interruptor de transferencia asociado.

Se realizaron mediciones y se obtuvo el siguiente diagrama de carga (Fig. N° 3).

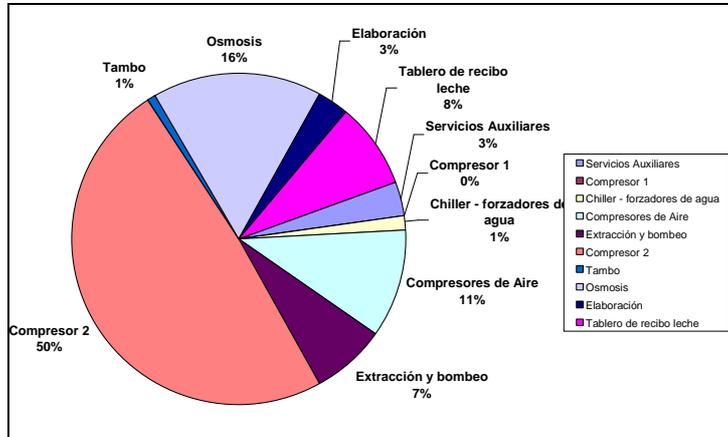


Fig. N° 3

Analizando el gráfico se puede resaltar que los compresores de frío y aire representan aproximadamente el 65 % de la energía consumida por la planta

Otro consumo importante es la planta de ósmosis y nanofiltrado, donde se realiza el tratamiento del agua y suero, consumiendo un 16 % de la carga total pero consideramos que en este proceso es mas complicado la aplicación de medidas para lograr eficiencias que nos permitan ahorros considerables.

En la siguiente imagen (Fig. N° 4) se pueden ver los valores del factor de potencia medido por la empresa distribuidora, resaltando que el valor promedio de este factor en todo el sistema tomado globalmente se situó en 0,912.

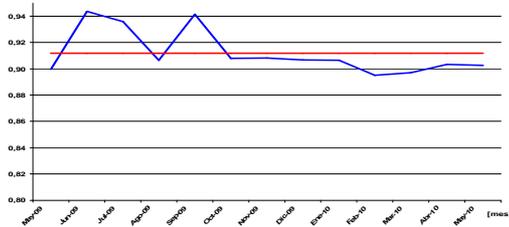


Fig. N° 4

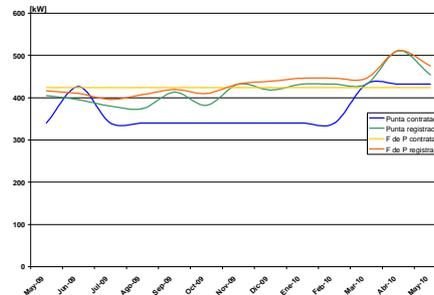


Fig. N° 5

ESTUDIO DE LA CONTRATACIÓN DE POTENCIA

La empresa actualmente realiza la compra en Media Tensión (13,2 kV), está encuadrada dentro de la misma con una tarifa 3 para grandes demandas y consumos mayores a 300 kW. En la gráfica se puede ver que la potencia registrada en Punta oscila alrededor de los 400 kW durante todo el período considerado.

En valores de potencia contratada (Fig. N°5) la empresa presenta consumos mayores a los especulados por contrato, por lo que resultaría importante identificar

estos aumentos de potencia registrados ya que su eliminación permitiría evitar un nuevo acuerdo de la potencia contratada, con el aumento de costos correspondiente.

Con los valores de potencia registrada, la empresa alcanza la Resolución 1281/06 de la Secretaría de Energía de la Nación, donde se aplica un recargo por energía consumida excedente, refiriéndola a la consumida en el año 2005 (“Demanda Base”). El cargo percibido en la factura de energía, el cuál es aplicado mensualmente, es considerable llegando a ser de casi el 35 % del monto total pagado en algunos meses.

Como solución a la aplicación de esta multa se podría optar por la implementación de otras fuentes alternativas de abastecimiento de energía eléctrica.

ESTUDIO DE ARMÓNICAS

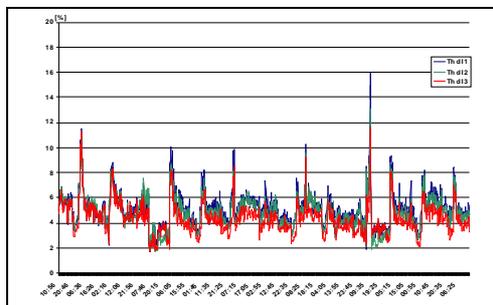


Fig. N° 6

Durante el tiempo en que estuvieron conectados los equipos el nivel de armónicas (Fig. N° 6) se ubica dentro de los parámetros exigidos. Las principales fuentes emisoras de armónicas en una industria son los arrancadores suaves, variadores de velocidad o centros de cómputo pero en esta planta no se encuentra en grandes números. Existen muchas bombas o motores para el proceso pero los mismos están conectados directamente a la red mediante arranque directo o en estrella-triángulo; solo los compresores de amoníaco están accionados por arrancadores suaves.

TERMOGRAFÍAS

En las distintas visitas a la planta láctea, se tomaron imágenes termográficas, principalmente de los tableros, así como también ciertos motores en sala de máquinas; en esta sección se mostrarán imágenes solamente de la parte eléctrica. Este tipo de tecnología es muy útil para determinar problemas en equipos o ciertos calentamientos puntuales que evidencien defectos en el aislamiento de motores, equipos, barras, etc. de modo que se pueda realizar el correspondiente mantenimiento preventivo o la corrección de los causales de tal efecto; hay que resaltar que las escalas de colores cambian de una imagen a otra, no representando temperaturas extremadamente altas en todos los caso sino que siempre se muestran los puntos de temperatura extrema en cada caso.



Fig. N° 7



Fig. N° 8

En la imagen podemos identificar un mal funcionamiento en un conjunto de capacitores trifásicos, donde uno de ellos está fuera de servicio, en la siguiente toma de termografía permite determinar desequilibrios en la salida de un alimentador trifásico. En este caso, se recomienda verificar el estado de la conexión o exceso de carga de manera de evitar algún inconveniente en la instalación.

ILUMINACIÓN

Un sistema de iluminación ideal debe proveer el nivel apropiado de iluminación con el mínimo consumo de energía eléctrica, y con una buena calidad visual.

Un buen nivel de iluminación en el ambiente laboral es importante ya que principalmente disminuye el riesgo de accidentes laborales y mejora la productividad de los empleados disminuyendo el cansancio visual y físico.

En el recorrido realizado por la planta se llevaron a cabo mediciones de los niveles de iluminación existentes en cada uno de los sectores de trabajo. Para esta tarea se utilizó un Luxómetro, los valores medidos se compararon con los que especifica la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo en Decreto N° 351/79.

Además de las mediciones realizadas se relevaron las luminarias instaladas en la planta, cantidad, potencia, estado, etc.

Como recomendaciones se observaron los siguientes:

- Se recomienda adaptar los niveles de iluminación de las diferentes áreas a su nivel exigido, sobre todo en las áreas donde la iluminancia es muy baja, con el objetivo de mejorar la calidad de la iluminación. La forma más intuitiva de hacerlo sería instalando un mayor número de luminarias uniformemente distribuidas.

- En la sala de prensado es necesario reubicar las luminarias en un punto central, o agregar 2 luminarias como las instaladas actualmente y distribuir las uniformemente.

- Reemplazar los balastos electromagnéticos por otros electrónicos.

- Instalar controles de iluminación por presencia en las zonas de cámaras y depósitos.

- Aumentar la iluminación natural en las áreas de elaboración.

- Mejorar el mantenimiento de las luminarias.

REEMPLAZO DE BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS

En la mayoría de las áreas se utilizan luminarias de fluorescentes con balastos electromagnéticos, los cuáles a pesar de su menor precio consumen más que los

balastos electrónicos. El reemplazo de estos balastos (Tabla N° 2) constituye un gran ahorro haciéndose significativo cuanto mayor es el número de luminarias a tener en cuenta, resaltando también que su vida útil es muy grande por lo que la energía en juego resulta importante.

| Características de los Balastos | | |
|---------------------------------|--|--|
| | Balasto Electromagnético (1x36W) - Barrow | Balasto Electrónico (2x36W) - PHILIPS |
| Consumo [W] | 10 | 6 |
| Precio [\$] | 20 | 52 |

Tabla N° 2

SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

En las áreas donde existe un factor de ocupación muy bajo, como lo son las cámaras, se podría llegar a realizar una importante baja en el consumo en iluminación mediante instalación de un sistema de control de iluminación (Tabla N° 3). Este control puede realizarse accionando los telerruptores existentes mediante sensores de movimiento infrarrojos con un retardo de tiempo de funcionamiento logrado por un temporizador que vaya adaptado a los telerruptores.

| Área | Energía total [kWh/mes] | Reemplazo balastos [kWh/mes] | Control de iluminación [kWh/mes] | Ahorro total [kWh/mes] |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|---------------------------|
| Saladero (4 luminarias) | 110,4 | 16,8 | 46,8 | 63,6 |
| Cámara 1 (2 luminarias) | 55,2 | 8,4 | 23,4 | 31,8 |
| Cámara 2 (2 luminarias) | 55,2 | 8,4 | 23,4 | 31,8 |
| Cámara de Sardo (6 luminarias) | 165,6 | 25,2 | 70,2 | 95,4 |
| Cámara 3 (4 luminarias) | 110,4 | 16,8 | 46,8 | 63,6 |
| Cámara 5 (8 luminarias) | 220,8 | 33,6 | 93,6 | 127,2 |
| Cámara 7 (12 luminarias) | 331,2 | 50,4 | 140,4 | 190,8 |
| Totales | 1.048,8 | 159,6 | 444,6 | 604,2 |

Tabla N° 3

Período de recuperación: inversión/ahorro nos arroja que la inversión se paga en 1,16 años

REFERENCIAS

- Manual de Caldera – Autor: Anthony L. Kohan – Ed. Mc Graw Hill – Primera edición – 2000.

*Seminario Nacional Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza-Instituto Regional de Estudios Sobre Energía
Eficiencia Energética 30 y 31 de Agosto 2012*

- Manual de Calidad de la Energía – Editado por Pirelli – Sica – 2000.
- Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía – Autor: Pere Ezquerra Piza – Ed. Marcombo Boixareu Editores – 1999.
- Energy Audit. Of Building Systems – Autor: Mancef Krati – Ed. CRC Press. – Desig and Installation Manual – Ed. New Society Publishers – 1^{era}. Edición – 2004.
- Energy Efficiency Manual – Autor: Donald R. Wulfinghoff – Ed. Energy Institute Press – 1^{era}. Edición – 1999.
- Iluminación – Luz – Visión – Comunicación – 2 tomos – Autor - Editorial: Asociación Argentina de Luminotecnia – Edición 2001.
- Refrigeración – congelación y envasado de los alimentos – autor: Antonio Madrid Vicente – José M. Gomez Pastran Rubio, Fernando S. Regidor – Juana Mary Madrid Vicente – Ed. AMV – España.
- Manual General de Iluminación – Autor – Editarial Philips
- Energy Efficiency – Principles and Practices – Autor Penni McLean – Conner – Editorial PennWell – Edición 2010