

Plan de Mejora para una Fábrica de Plástico sobre la base de una Evaluación Energética y de Métodos de Trabajo

María Auxiliadora Córdova Guerra
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
macordovag@gmail.com

Ing. Marcos Vinicio Tapia Quincha
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mtapia@espol.edu.ec

Resumen

El presente trabajo se realiza en una empresa de plástico en la ciudad de Guayaquil, que tiene un alto consumo de energía eléctrica generado por su crecimiento no planificado. Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio para desarrollar propuestas de reducción de consumo de energía y mejoras en los métodos de trabajo para la consecución de ahorros.

En primer lugar, se realiza una evaluación para identificar las oportunidades de mejora, se presentan las características más relevantes de la empresa considerando factores productivos, procesos y consumo eléctrico, a través de los cuales se determinaron los índices energéticos por kilo de producción. Las herramientas utilizadas para este trabajo fueron el Diagnóstico Energético fase dos, Diagnóstico por procesos, AMFE, Tiempo de recuperación simple y retorno de la inversión. Se determinó como potenciales fuentes de ahorro la iluminación en planta y oficina, el control de encendido de secadores en las máquinas, implementación de hojas de control en cambios de molde y sistema de ventilación.

El ahorro que se determinó con la implementación de las propuestas indicadas fue de \$16.615 frente a un costo de inversión de \$6.785 la misma que se recupera en un periodo de 5 meses. La factibilidad de la implementación, además, fue evaluada técnicamente, encontrándose que no tienen barrera para su aplicación.

Palabras Clave: *Diagnóstico Energético Fase dos, Diagnóstico por Procesos, AMFE, Tiempo de recuperación Simple, Retorno de la inversión.*

Abstract

This work is performed at plastic processing factory located at Guayaquil. The factory's facilities have a high electricity consumption generated by its unplanned growth. This study looks to develop a proposal to reduce energy consumption, by means of improvements for internal procedures.

First, we identify the opportunities of improvements, presenting the relevant characteristics of the facilities, considering production, processes and electrical consumption factors. Such information is used to determine the energy indexes by production kilo. The tools used for this procedure were the energetic diagnosis (phase two), diagnosis by processes, FMEA, simple recovery time and return on investment. Different saving potentialities were identified: illumination at production and administration areas, power control for dryers, implementation of control sheets for molds changes and ventilation system.

The savings determined if the proposal is to be implemented rise up to 16,615 USD, compared to an investment of 6,785 USD, which will be recovered in a 5 months period. The technical evaluation of the implementation determined that there existed no barrier to its accomplishment.

Key Words: *Energetic diagnosis (phase two), diagnosis by processes, FMEA, Simple recovery time, return on investment.*

1. Descripción de la Empresa

La empresa de plástico a la que se realizó el estudio tiene como actividad la producción y comercialización de envases plásticos industriales, se considera de tamaño mediano debido a que brinda plazas de trabajo a 175 empleados. La empresa cuenta con cuatro departamentos de producción Soplado, Inyección, Inyector - Soplado - Estirado y serigrafía, compuesta de un parque de 45 máquinas, las mismas que generan una producción de 2800 Toneladas de envases plásticos dirigidos a la industria farmacéutica, cosmética, alimenticia, agroquímica, lubricantes, pinturas y artículos domésticos cada año. Su producción está distribuida en el mercado local, costa 70%, sierra 20%, otras regiones 5% y 5% exportaciones Panamá y Perú. Entre los productos representativos de la empresa tenemos baldes, bidones, envases para productos lácteos, envases desinfectantes, envases farmacéuticos, botellas para agua.

Con el transcurso del tiempo y la introducción de nueva tecnología se sumaron al mercado industrias plásticas con un nuevo concepto de producción y organización, entre las principales competidores que enfrenta la empresa tenemos a: Agricominsa, Plásticos Ecuatorianos, Latienvases, Plastiempaques, entre otros.

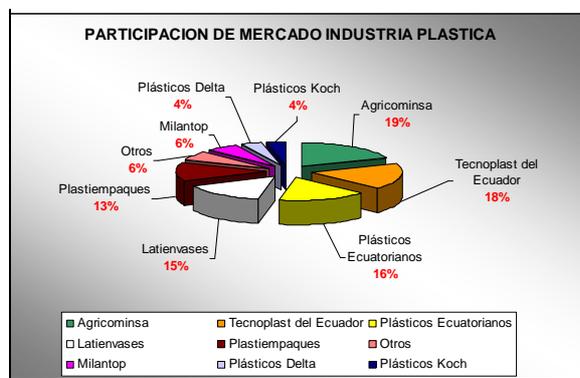


Figura1. Participación de mercado industria plástica.

Este análisis demostró que la industria plástica es una industria fragmentada, debido a que el mercado está dividido entre las empresas y que las empresas más grandes no son dominantes. Esto implica que los precios se fijan por el mercado.

2. Fundamento Teórico

2.2 Metodología del Diagnostico Energético

El diagnostico energético permite determinar con exactitud el balance de energía de los principales equipos consumidores de energía. A través de la

evaluación, se identifican los puntos del proceso de mayor uso de energía, haciendo resaltar aquellos donde ésta se desperdicia y donde es posible generar un ahorro.

La clasificación que se asigna a un diagnostico energético, está en función de la profundidad con que se estudia a una empresa

- **Diagnostico de nivel uno**, Se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial o instalaciones de que se trate, reconocimiento y revisión del diseño original.
- **Diagnostico nivel dos**, proporciona información sobre el consumo de energía eléctrica por áreas funcionales o procesos específicos de operaciones.
- **Diagnostico nivel tres**, proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial o cualquier instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados.

La metodología de una evaluación energética no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes.

- Trabajos previos de gabinete
- Recopilación de información de la instalación
- Evaluación del estado energético actual de la instalación
- Determinación del potencial de ahorro de energía
- Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.

2.2 Metodología del Diagnostico de Procesos

Los puntos para establecer las potenciales mejoras y bajar costos indirectos o directos de fabricación en los procesos, se los determina a través de la herramienta de calidad AMFE. El Análisis Modal de Fallos y Efectos, es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en que ocurren los fallos.

En el método AMFE se hace una estimación del efecto de cada fallo sobre todo el sistema y su seriedad. Así, para la identificación de un fallo se utilizan tres factores:

1. **Ocurrencia:** frecuencia con la que se produce un determinado fallo.
2. **Severidad:** la seriedad que el posible fallo tendría para el cliente.
3. **Detección:** posibilidad de que el fallo llegue al consumidor por no ser detectado.

Numero de prioridades de riesgo (NPR): Responde por ser el producto de los valores de los tres criterios, indicándonos así la importancia relativa del fallo.

$$\text{NPR} = \text{Ocurrencia} \times \text{Severidad} \times \text{Detección}$$

Al finalizar se realiza la evaluación económica de las medidas de ahorro para las propuestas energéticas y métodos de trabajo. Se determina el tiempo de recuperación simple, por ahorros de energía y el tiempo de retorno de la inversión (ROI).

3. Desarrollo del Trabajo

3.1 Consumo Energético

De acuerdo a las facturas emitidas por ELECTRICA DE GUAYAQUIL desde enero hasta diciembre del 2009, periodo en el cual la empresa pagó \$ 532.934,21 por 7'923.337,37 Kwh., se estimó una demanda promedio de 1.267 KW al mes a un costo aproximadamente de \$4.10 por KW. Con esta información se calculó el costo de la energía eléctrica de \$ 0.059 Kwh, excluyendo la demanda, y de \$ 0.067 Kwh, incluyéndola sumando impuestos. Estos valores son utilizados para el cálculo del análisis económico de las recomendaciones presentadas en este proyecto.

A continuación se presenta los costos y nivel de consumo eléctrico por mes, y más adelante se analizan la misma información gráficamente.

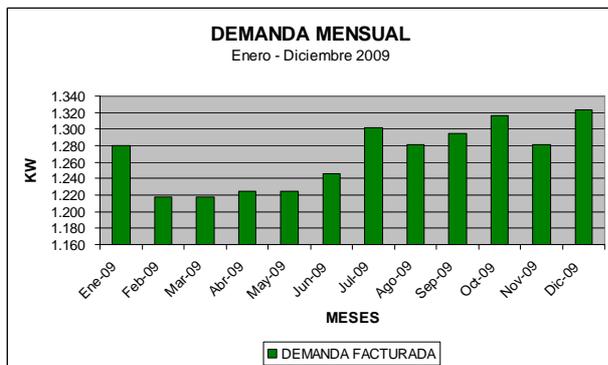


Figura 2 Demanda mensual año 2009.

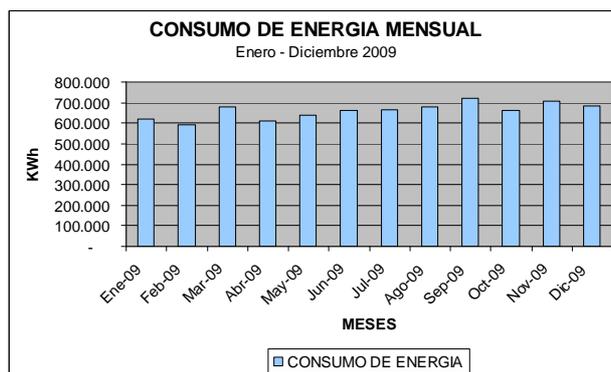


Figura 3 consumo de energía mensual año 2009.

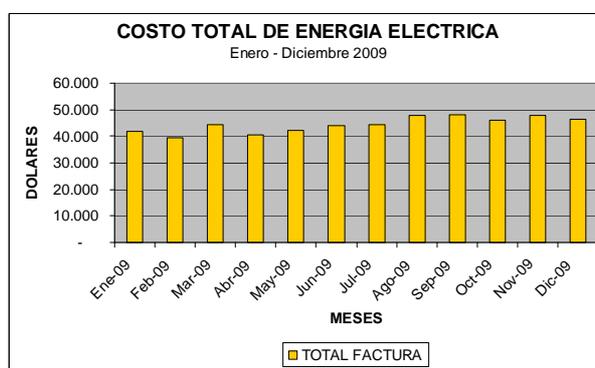


Figura 4 costo total de energía eléctrica año 2009.

3.2 Análisis de Capacidad Instalada de Maquinas y Equipos

Con el análisis de la capacidad de las máquinas y equipos se determinó el tiempo de operación aproximado de cada máquina debido a que estas máquinas funcionan de acuerdo al mix de producción. Para calcular las horas de utilización de las máquinas y equipos se tomó los dos meses picos de producción que fueron Septiembre y Octubre del año 2009. Con esta información se realizó el balance energético de los motores de las máquinas y equipos.

3.3 Evaluación del Estado Energético Actual de la Instalación

Con el comportamiento histórico del consumo de energía y su relación con la producción de los años 2008 y 2009 se determinó que el índice energético durante el año 2008 de 2.95 Kwh por kilogramo (kwh/kg) manufacturado y en el 2009 un índice de 3.08 (kwh/kg). De éste resultado se puede observar un incremento de 0.13 Kwh por cada kilogramo (kwh/kg) manufacturado, pero un decremento en la producción de 224 toneladas. Para mejor análisis se presenta a continuación la distribución de la potencia eléctrica instalada en la empresa para determinar las áreas y equipos de mayor consumo.

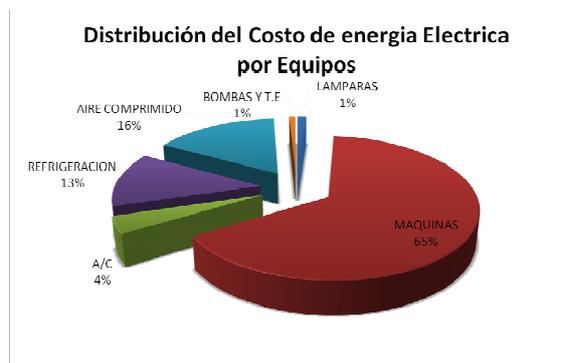


Figura 5 Distribución del costo de energía eléctrica por equipos en porcentaje.

3.4. Determinación del Potencial Ahorro de Energía

En este punto se determinó los potenciales de ahorros de energía basado en la información anterior y en los análisis de los procesos y cada uno de los equipos. Obteniendo como principales potenciales de ahorro, en el ámbito energético, el sistema de iluminación y máquinas.

3.5. Descripción del Proceso Productivo

La empresa cuenta con un área de infraestructura propia de 26.500 m² con 5 galpones, tiene alrededor de 170 empleados: 32 administrativos que trabajan turnos de 8 horas y 138 empleados de planta turnos de 12 horas. A continuación mediante un diagrama se presenta una breve descripción de los procesos productivos de la empresa.

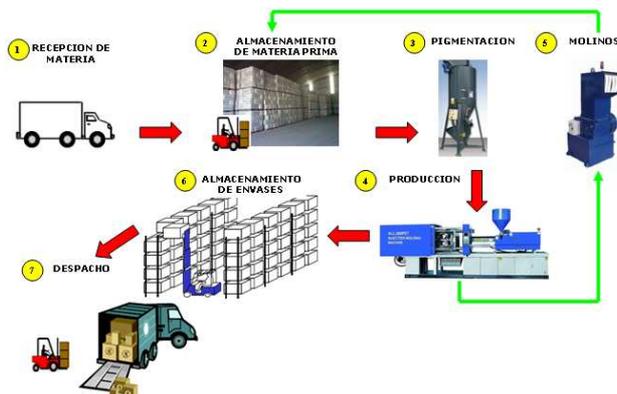


Figura 6 Diagrama descripción de procesos

3.6. Evaluación de Procesos y Métodos de Trabajo

Luego de realizar la descripción de los procesos, se trabajó con datos otorgados por la empresa

referente a devoluciones, mediante entrevistas con personal de la empresa, información que fue analizada a través de la aplicación de las herramientas de calidad: Pareto y AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos). Para seleccionar el problema, se utilizó el análisis de Pareto para clasificar las resinas en función del índice de devoluciones, obteniéndose el mayor índice de devoluciones en los productos de polietileno.

En la siguiente tabla nos indica que en el año 2009 hubo devoluciones de productos de diferentes resinas plásticas por un valor de \$ 32,195.97. En la resina de polietileno se generaron devoluciones por un monto de \$ 20.712,53, PVC de \$ 5.375.75, PET \$ 5.105.1 y por último de Polipropileno \$ 1.002.59.

TABLA 1
Devoluciones por resina plástica año 2009

Resina	USD	%
Polietileno	\$20,712	64%
Pvc	\$4,957	17%
Pet	\$4,754	15%
Polipropileno	\$1,771	6%
	\$32,195.97	100%

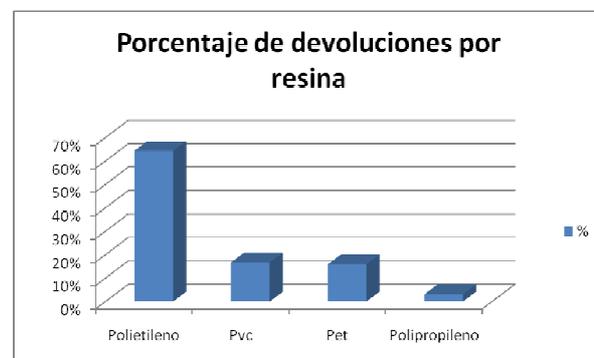


Figura 7 Porcentaje de devoluciones por resina plástica año 2009

Partiendo de este resultado se toma para el estudio la resina de polietileno, enfocando el análisis en las causas que generaron las devoluciones de los productos de resina de polietileno.

TABLA 2
Clasificación de causas de devoluciones

Causa de Devolución	Devoluciones (\$)	%
Defecto de Fabricación	\$ 12,427.52	60%
Defecto de Serigrafiado	\$ 4,142.51	20%
Despacho Equivocado	\$ 2,485.50	12%
Orden Equivocada	\$ 1,657.00	8%
	\$ 20,712.53	100%

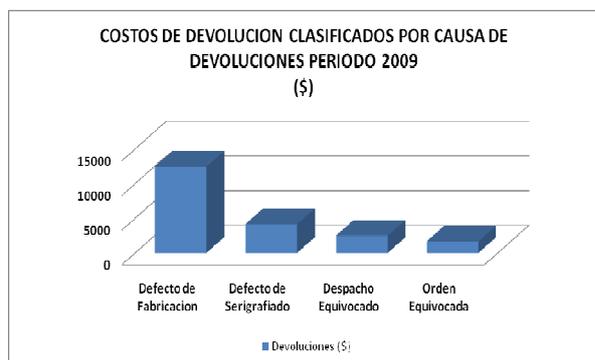


Figura 8 Costos de devolución clasificados por causa de devoluciones periodo 2009

Como se puede observar los costos causados por defecto de fabricación corresponde al 60% del total, equivalente a \$ 12,427.52. Esta causa de devolución se consideró como crítica porque son productos que no se pueden vender por tener defectos que son imposibles de corregir y deben ser reprocesados generando costos indirectos de fabricación.

Estos defectos fabricación lo constituyen:

- Deformación del pico del envase
- Fisura en costuras del envase
- Huevo en envases
- Paredes porosas
- Puntos negros
- Rebaba interior del pico del envase

La empresa no tiene la información clasificada de manera desagregada por cada uno de los defectos, por lo que, para obtener información sobre éstos, se procedió a entrevistar al jefe de control de calidad y al jefe de planta, quienes por su experiencia de 30 años de trabajar en la empresa manifestaron que el 50% corresponde a deformación del pico del envase, el 15% a fisura en costuras del envase, el 15% huevo en envases, el 10% paredes porosas, el 5% puntos negros y el 5% a rebaba interior del pico del envase.

Determinación del Potencial Ahorro por Métodos de Trabajo

Con la aplicación del análisis modal de fallos y efectos AMFE al proceso de soplado de botellas por extrusión se determinó que los tipos de fallo que mayor atención requieren son: pico del envase ovalado con un NPR de 80 y mal corte del pico de la botella un NPR de 120, seleccionándose a estos tipos de fallos para elaborar las propuestas de mejora referente a métodos de trabajo, que consiste en la elaboración de hojas de control para montaje en el área de soplado y la elaboración de un Instructivo, "Frecuencia de afilamiento de cuchillas área

soplado", con lo cual se mantendrá un stock disponible de cuchillas afiladas para el momento del cambio.

4. Propuestas de Mejoras

4.1 Jerarquización de Propuestas y Análisis de Factibilidad Técnica para su ejecución.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación energética y de métodos de trabajo en el capítulo 3, se obtuvo como resultado 6 propuestas: 2 en el área energética, 3 en métodos de trabajo y 1 no cuantificable, las que representan ahorros a la empresa de \$14.855 anuales.

TABLA 3

Resumen general de propuestas del proyecto

Tipo de Propuesta	Cant	Ahorros anuales (\$/año)	Costo de implementación (\$)	ROI %/año
Energética	2	\$6,661	\$564.82	1179
Métodos de Trabajo	3	\$8,194	\$6,219.76	132
Otras	1	---	---	---
TOTAL	6	\$14,855	\$6,785	219

Las propuestas abarcan secciones referentes a: iluminación, maquinas, métodos de trabajo y seguridad industrial que disminuyen el costo energético en un 4% aproximadamente.

TABLA 4
Energéticas

Nº	Descripción	Ahorros (\$/año)
1	Mejora en el Sistema de iluminación	\$1.333
2	Apagar secadores en maquinas durante el montaje del molde	\$ 5.328
Total Propuestas Energéticas		\$6.661

TABLA 5
Métodos de trabajo

Nº	Descripción	Ahorros (\$/año)
3	Hoja de control para montaje en el área de soplado	\$ 3,106
4	Elaboración de instructivo "frecuencia de afilamiento de cuchillas área soplado" y mantener stock de cuchillas afiladas para el momento del cambio.	\$ 3,106
5	Implementación de un sistema de ventilación en la planta industrial	\$1,980
Total Recomendaciones de Procesos		\$8,194

4.2 Propuestas para Ahorro de Energía.

El tipo de propuestas que se han considerado con la evaluación han sido aquellas que no generan un elevado costo de implementación que, mediante cambios o modificaciones de las condiciones actuales, se propone mejorar y obtener un beneficio de ahorro para la empresa.

Propuesta # 1 Mejora en el Sistema de Iluminación

La propuesta se basa en reemplazar lámparas fluorescentes T12 de 40W por otras T8 de 32W de mayor eficiencia y menor consumo de energía.

Reemplazar lámparas de Vapor de sodio de alta presión de 400W, cuya intensidad lumínica es excesiva para el área en estudio, por otras de 250W que cumplen con la intensidad requerida por el tipo de trabajo que se realiza y que además contribuye al ahorro de energía.

Con la implementación de esta propuesta se obtendrá un ahorro de \$1.333 con un monto de inversión de \$ 564.82. Esta inversión será recuperada en un periodo de 5 meses con un ROI de 236%.

Propuesta # 2 Apagar Secadores en Máquinas durante el montaje del molde

La propuesta consiste en bien utilizar la energía durante procesos de cambios de molde en máquinas que procesan plástico, apagando los secadores que

generan un consumo de energía innecesario durante las horas de montaje. Estos secadores están compuestos de resistencias que ayudan a realizar el secado del material quitando la humedad del mismo, durante el tiempo de montaje no tiene ningún fin el que estén encendidas.

Con la implementación de esta propuesta se obtendrá un ahorro de \$5.328. La implementación tendría un costo de \$240. Esta inversión será recuperada en un periodo de 16 días con un ROI de 2220%.

4.3 Análisis de Factibilidad de propuestas para ahorro de energía

De acuerdo a los resultados obtenidos del desarrollo de las propuestas energéticas se percibe grandes ventajas para la empresa ya que el monto de inversión es relativamente bajo en relación a los beneficios que obtendría por el ahorro que generaría. El monto de inversión que deberá de realizar la empresa para la ejecución de las propuestas energéticas será de \$ 805 obteniendo un ahorro anual de \$ 6.661, los cuales serán recuperados en un tiempo de un mes con un retorno de la inversión de 804%.

4.4 Propuestas para métodos de trabajo

Las propuestas consideradas en mejorar métodos de trabajo son aquellas que no generen un elevado costo de implementación que, mediante cambios o modificaciones en sus actividades de trabajo, se propone mejorar y obtener un beneficio de ahorro para la empresa.

Propuesta # 3 Hoja de Control para Montaje en el Área de Soplado

La propuesta consiste en la utilización de una hoja de control, en la cual el operario deberá llenarla cada vez que realice un montaje, esta hoja deberá de ser entregada al supervisor para el control correspondiente, con el fin de evitar defectos de producto por ovalamiento en el pico de la botella.

Con la implementación de esta propuesta se obtendrá un ahorro de \$ 3,106 con un monto de inversión de \$ 670. Es inversión se la recuperaría en un tiempo de tres meses con un ROI de 464%.

Propuesta # 4 Elaboración de Instructivo “Frecuencia de afilamiento de cuchillas Área Soplado” y mantener stock de cuchillas afiladas para el momento del cambio.

La propuesta consiste en que la empresa maneje un stock mínimo de cuchillas para que estas estén listas para su cambio. Se deberá determinar cada qué tiempo se deberá de cambiar la cuchilla antes de que pierda su filo por completo evitando que se presente mal corte del pico de la botella, con el fin de evitar defectos de producto por mal corte del pico de la botella.

Con la implementación de esta propuesta se obtendrá un ahorro de \$ 3,106 con un monto de inversión de \$ 670. El tiempo de recuperación de la inversión es de 3 meses con un retorno de la inversión (ROI) de 464 %.

Propuesta # 5 Implementación de un Sistema de Ventilación en la Planta Industrial

La propuesta consiste en la instalación de extractores de aire industriales de aluminio, sin motor eléctrico impulsados con energía eólica modelo 6C99 para disminuir las altas temperaturas que se concentran en los galpones de la planta. Actualmente la empresa no cuenta con un sistema adecuado de ventilación dentro de la planta. Con este nuevo sistema lo que se va a lograr un proceso continuo de circulación de aire. El aire caliente es más liviano por lo que se acumula en la parte más alta del galpón, el cual es inmediatamente succionado por los extractores eólicos y expulsados fuera del galpón.

El ahorro obtenido por la implementación de la propuesta sería de \$ 1.980, incurriendo con un monto de inversión de \$ 4.880, una mejora en el sistema de ventilación no representa beneficios económicos en relación a su costo, sin embargo es altamente recomendable su ejecución porque trae consigo beneficios relacionados con el clima laboral, imagen de la empresa, seguridad y salud ocupacional, etc., lo que mejora en el rendimiento del personal, dando como resultado grandes beneficios económicos para la empresa.

4.5 Análisis de Factibilidad de Propuestas de Métodos de Trabajo

De acuerdo a los resultados obtenidos del desarrollo de las propuestas de métodos de trabajo se percibió que no generan inicialmente beneficios muy altos respecto a los costos de implementación. Para la ejecución de estas propuestas la empresa deberá de

realizar una inversión de \$6.219 de lo cual se obtendrá un ahorro de \$ 8.194, el tiempo de recuperación será de 9 meses con una tasa de retorno de 132%.

7. Conclusiones

- Al reducir el consumo de energía se contribuye a la preservación del ambiente disminuyendo las emisiones de CO₂.
- Con la implementación de todas las propuestas obtenidas a partir de la aplicación de la evaluación industrial se obtendrán ahorros anuales de \$14.855, con una inversión inicial de \$7.025 con un tiempo de recuperación de de la inversión de 6 meses, con un retorno de la inversión (ROI) de 211 %.
- La implementación de las propuestas dirigidas hacia el ahorro de energía, considerada individualmente, proporcionan, desde el primer año, un beneficio grande comparado con los costos de su implementación. Estos montos de inversión, de acuerdo a los resultados obtenidos, es de solo \$ 805 en el primer año, con un retorno de la inversión casi inmediato de un mes, generando un ahorro anual de \$ \$6.661.
- Las propuestas orientadas a mejorar los métodos de trabajo, considerada en forma individual, generan beneficios más altos que las propuesta de ahorro de energía, aunque no generan inicialmente beneficios muy altos respecto a los costos de implementación en el primer año, el beneficio calculado es de un ahorro anual de \$ 8.194 respecto al costo de implementación de \$6.219 en el primer año, con un retorno de la inversión de 9 meses.
- La metodología de evaluación industrial, aplicada en este proyecto, demuestra ser eficaz porque permite obtener mayores beneficios en el tiempo, con poca inversión inicial recuperable en menos de un año, tal como se muestra en los resultados del análisis costos-beneficios.
- Se demuestra que con la aplicación del método de evaluación industrial, resultan soluciones sencillas de implementar, con poca inversión, y se obtienen importantes

beneficios para la empresa y se espera que al mismo tiempo se creará en el recurso humano una nueva cultura de trabajo con conciencia de ahorro lo que conducirá a la obtención de productos de mejor calidad.

8. Recomendaciones

- Es importante que la empresa a través de este diagnóstico vea la necesidad de definir indicadores y objetivos específicos cuantificables para tener un mayor control y seguimiento del consumo de energía con el fin de plantear metas a corto, mediano y largo plazo que generen más ahorros de energía.
- Se recomienda que la empresa acoja la propuesta de implementar un programa de orden y limpieza, que si bien no aporta mayores beneficios de tipo financiero, ayuda a dar una mejor imagen a la empresa y eleva la auto estima de sus trabajadores, generando compromiso de parte de ellos para el logro de la mejora de la calidad y la productividad en una empresa.
- Se recomienda que la empresa acoja esta metodología para seguir determinando potenciales oportunidades de ahorro en todas las áreas, tanto en la reducción del consumo de energía como en mejoras de sus métodos de trabajo.
- En este proyectos se seleccionaron aquellos que generaban mayor impacto de ahorro, quedando otras propuestas que aunque su monto de ahorro es menor se podrían ejecutar de manera paulatina de acuerdo a la cartera de proyectos que maneje la empresa, ayudando a reducir costos y mejorar procesos

9. Referencias

- [1] CENTRO DE EVALUACIÓN INDUSTRIA - ESPOL, Reporte final de evaluación industrial a Empresa procesadora de Acero, Ecuador Febrero 2005.
- [2] FIDE - EGRANCONEL, Folleto curso fundamentos para realizar diagnósticos energéticos en plantas industriales, Ecuador Marzo 2006.

[3] WILLIAM K. HODSON, Maynard Manual del Ingeniero Industrial, McGraw Hill, Cuarta edición. México 2002.

[4] “_____”<http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/amfe.pdf>, Julio 2010.

[5] “_____”<http://www.quality-one.com/services/fmeaES.php>, Septiembre 2010.

[6] “_____”<http://www.update.com.do/index-Dateien/Page451.htm>, Agosto 2010.

[7] EFFICÁCITAS CONSULTORA, Curso de Entrenamiento en Auditorias Energéticas y Conservación de Energía, Abril 2010.