



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS
NATURALES**

Informe de propuesta tecnológica para obtener el título de:

INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES

**PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA
PROCESADORA DE CAUCHO IMSSA S.A. SANTO DOMINGO 2015.**

Autora

SONIA EDELMIRA QUEZADA MACHUCA

Directora

Ing. MARÍA SILVIA DÁVILA DÍAZ, *M. Cs.*

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Abril – 2016

PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA
PROCESADORA DE CAUCHO IMSSA S.A. SANTO DOMINGO 2015.

Silvia Dávila, *M.Cs.*

DIRECTORA

APROBADO

Miriam Recalde, *M.Cs.*

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Jessica Garzón, *PhD.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mario Fernández, *M.Cs.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, de de

Autor: SONIA EDELMIRA QUEZADA MACHUCA

Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**Título: PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA
LA INDUSTRIA PROCESADORA DE CAUCHO
IMSSA S.A. SANTO DOMINGO 2015.**

Fecha: Abril , 2016

El contenido del presente trabajo no ha sido plagiado y está bajo la responsabilidad de la autora.



Sonia Edelmira Quezada Machuca

C.I. 010558558-2

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR

Ing. Miriam Recalde
COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

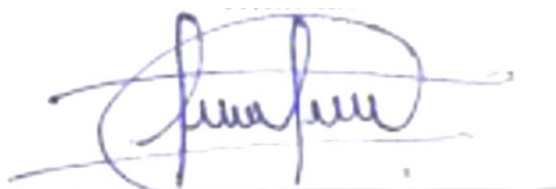
Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo técnico realizado por la estudiante **SONIA EDELMIRA QUEZADA MACHUCA**, cuyo tema es **PROGRAMA DE EFICICENCIA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA PROCESADORA DE CAUCHO IMSSA S.A. SANTO DOMINGO 2015**; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Silvia Dávila Díaz

DIRECTOR

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos y todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a la realización del mismo.

Sonia Quezada Machuca

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme seguridad, valor y constancia en cada paso que doy, a mi mamá y hermanos por su apoyo incondicional.

Agradezco de manera especial al personal administrativo de Industrias IMSSA por permitirme realizar el presente trabajo en sus instalaciones. Al Dr. Iván González y al Ing. Napoleón Torres.

A mi Directora Ing. Silvia Dávila, por guiarme con su conocimiento y consejos para la finalización del presente trabajo.

Sonia Quezada Machuca

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	I
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	II
Responsabilidad del autor.....	III
Aprobación del director.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenido.....	VII
Índice de tablas.....	IX
Índice de figuras.....	X
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
II. CONTENIDO TÉCNICO	4
2.1. Localización	4
2.2. Eficiencia energética	4
2.2.1. Método de análisis energético	5
2.3. Análisis energético de industrias IMSSA S.A.....	6
2.3.1. Análisis de la estructura energética de IMSSA S.A.	7
2.3.1.1. Áreas y Equipos	8
2.3.1.2. Proceso de elaboración de guantes de látex	9
2.3.1.3. Consumo energético de industrias IMSSA S.A.	12
2.3.1.4. Motores eléctricos	13
2.3.1.5. Caldera de producción de vapor.....	15
2.3.1.6. Secadoras.....	15
2.3.2. Análisis de la Eficiencia energética de Industrias IMSSA S.A.	15

2.3.2.1.	Área de recepción.....	16
2.3.2.2.	Área de molino.....	18
2.3.2.3.	Área de producción.....	20
2.3.2.4.	Área de lavado.....	27
2.3.2.5.	Área de secado.....	31
2.3.2.6.	Resumen de resultados.....	34
2.4.	Propuesta tecnológica.....	38
2.4.1.	Propuesta de ahorro de energía eléctrica.....	39
2.4.1.1.	Ahorro energético en el área de producción.....	39
2.4.1.2.	Ahorro energético en el área de lavado.....	40
2.4.1.3.	Ahorro energético en Oficina.....	41
2.4.2.	Propuesta de ahorro de combustible.....	42
2.4.2.1.	Ahorro de combustible en horno.....	42
2.4.2.2.	Ahorro de combustible en el área de secado.....	43
2.4.3.	Propuesta de mantenimiento preventivo.....	45
2.5.	Análisis económico.....	47
III.	CONCLUSIONES.....	49
	Referencias.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de Producción de guantes, consumo de combustible y electricidad de los años 2013, 2014 y 2015 de Industrias IMSSA S.A.	13
Tabla 2. Datos Técnicos de los motores eléctricos de Industrias IMSSA S.A.	14
Tabla 3. Cuadro de cálculo de eficiencia del tecele eléctrico	16
Tabla 4. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de cremado	17
Tabla 5. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de mezcla.....	19
Tabla 6. Cuadro de cálculo de eficiencia del sumergidor.	20
Tabla 7. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de tinas	22
Tabla 8. Cuadro de cálculo de eficiencia del transportador de coches.....	23
Tabla 9. Resumen de consumo de diésel.....	35
Tabla 10. Resumen de consumo de gas.....	35
Tabla 11. Cuadro de resumen de las eficiencias de los equipos eléctricos	36
Tabla 12. Cuadro de resumen de los consumos energéticos en las áreas de Industrias IMSSA S.A.....	37
Tabla 13. Análisis económico de implementación de medidas de ahorro energético en Industrias IMSSA S.A.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de industrias IMSSA S.A.	7
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de guantes	12
Figura 3. Tecele eléctrico	17
Figura 4. Placa del agitador de cremado	17
Figura 5. Molino de bolas.....	18
Figura 6. Equipo de formulación y mezcla	20
Figura 7. Motor de la Sumergidora	21
Figura 8. Agitador de tinas de inmersión	21
Figura 9. Transportador de coches	22
Figura 10. Diagrama de flujo del horno	23
Figura 11. Clorinadora.....	27
Figura 12. Bomba de agua 0,85 hp.....	28
Figura 13. Bomba de agua 2 hp.....	30
Figura 14. Diagrama de balance de masa de la secadora a gas	31
Figura 15. Diagrama de balance de masa de la secadora a vapor	32
Figura 16. Diagrama Unifilar de Industrias IMSSA S.A.	38

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la industria procesadora de caucho IMSSA S.A. ubicada en la parroquia Luz de América, provincia Santo Domingo. Esta empresa se dedica a la producción de guantes de látex, para lo que consume varios recursos naturales entre ellos la energía eléctrica y térmica para el funcionamiento de los equipos especialmente diseñados para el proceso productivo. El objetivo fue establecer un programa de eficiencia energética con base en un diagnóstico del proceso productivo de la industria, con la ayuda de información de las áreas y los procesos productivos y la identificación del área donde existe mayor consumo energético. De esta manera se formularon las alternativas que ayudarán a reducir el consumo de energía.

Para realizar este programa de eficiencia energética fue necesario llevar a cabo un diagnóstico energético que consistió en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía de la empresa. Para ello se analizó la estructura energética de la industria, su eficiencia energética y se formularon alternativas de ahorro energético.

En IMSSA. S.A. se determinó que el área que mayor energía térmica y eléctrica consume es el área de producción. Luego, fueron las áreas de molido y de oficina en cuanto a energía eléctrica y el área de secado en energía térmica. Las propuestas para reducir el consumo se dividieron en tres partes dependiendo del tipo de energía y el mantenimiento preventivo. Las medidas de ahorro de energía se enfocaron en el uso de dispositivos ahorradores y buenas prácticas ambientales.

ABSTRACT

The costs of raw materials and energy are increasingly high impacting the economy of the productive sector while seeking sustainable alternatives to reduce these costs. This work was performed in the rubber processing industry IMSSA S.A., which is located in Luz de America District, in Santo Domingo Province, the factory produces latex gloves, to meet this objective it consumes several natural resources including electrical and thermal energy for the operation of equipment specially designed for the production process. The purpose of the study was to establish an energy efficiency program based on a diagnostic of the production process in the industry with the help of information about the areas, production processes and identification of the area where there is more energy. In this way were formulated alternatives that will help reduce energy consumption.

To perform a program of energy efficiency was necessary to carry out an energy diagnostic, which consists in the analysis and study of all forms and energy sources of the company. For this was analyzed the energy industry structure, energy efficiency and formulated energy-saving alternatives. In IMSSA. S.A.. it was determined that the area that consumes more thermal and electrical energy is the area of production. Then, Then were the areas and office ground in terms of power and area drying thermal energy. The proposals to reduce energy consumption were divided into three parts depending on the type of energy and preventive maintenance. The energy saving measures focused to the use of savers appliances and good environmental practices.

I. INTRODUCCIÓN

La energía es uno de los principales ejes para el desarrollo de nuestra sociedad, principalmente porque el aumento poblacional demanda de productos más tecnificados, obligando a empresas nacionales a competir con productos importados (Acurio, 2014). La industria es el sector fundamental para el desarrollo de las naciones, el cual está directamente ligado a la demanda de energía. En Ecuador, el sector industrial ocupa el segundo puesto de mayor consumo energético (18%) después del transporte (49%); las fuentes de energía predominantes en la industria son diésel (39%) usado en la mayoría de procesos térmicos y la electricidad (31%) usado en procesos de fuerza (Sectores Estratégicos, 2013).

Los costos de materia prima y energía son cada vez más altos, impactando de esta manera la economía de las empresas de producción, mientras éstas buscan alternativas para reducir dichos costos y contribuyen con el cuidado del medio ambiente mediante el uso de prácticas sostenibles.

La eficiencia energética, desde el punto de vista de los impactos ambientales, se refiere al uso de la menor cantidad de recursos posibles para producir un producto o servicio determinado, debiendo considerar los impactos y recursos empleados desde la recepción de las materias primas e insumos, luego dentro del proceso productivo y terminando en el consumo y la disposición final (SENER, 2013). La eficiencia energética consiste en el ahorro y uso inteligente de la energía sin pérdidas ni desperdicios, utilizando la mínima energía y manteniendo la calidad de bienes y servicios, para conservar el confort (Espinosa, 2014).

Las soluciones que se plantean frente al consumo excesivo de energía constan de una auditoría energética seguida de un programa de eficiencia energética. En la etapa de planificación, lo primero que debe realizarse es un análisis de los consumos energéticos e implementar un proceso que disminuya los costos energéticos. Por esto, resulta fundamental analizar el proceso productivo y ver la energía requerida para el mismo y determinar las ineficiencias (Delgado, 2013).

Una auditoría energética consta de varios tipos de auditoría dependiendo de la complejidad del estudio, algunos de ellos son (Agencia de Andaluza de la energía, 2011):

- Auditoría energética, que hace referencia a un estudio energético con el nivel más detallado.
- Diagnóstico energético, es un estudio de un grado menor a la auditoría energética.
- Pre-diagnóstico energético contiene un grado de complejidad mucho menor a los anteriores. En este, se identifican focos de ahorro potencial de una fábrica auditada por lo general mediante un análisis de la facturación energética; y por último,
- La auditoría de integración energética de procesos, *Pinch point*, este estudio se centra en la optimización energética entre corrientes calientes y frías de un proceso.

El tipo de auditoría que se usará en el presente trabajo es el diagnóstico energético que consta de las siguientes fases (Agencia de Andalucía de la energía, 2011):

Fase 1: Análisis de la estructura energética: El objetivo de esta fase es conocer cómo se recibe, transforma, distribuye y consume la energía en la fábrica. Para esto, se requiere de un conocimiento de la fábrica, petición de información, estudio del proceso productivo, identificación y cuantificación de los consumos energéticos y diagramas de flujo.

Fase 2: Análisis de eficiencia energética: El análisis de eficiencia energética requiere la realización de balances de materia y energía. Con la ayuda de los siguientes parámetros eficiencia energética de generadores y consumidores, toma de datos de equipos, cálculos de rendimientos, análisis de la eficiencia y listado de propuestas de mejora.

Fase 3: Evaluación de medidas de ahorro energético: es la selección de medidas propuestas técnica y económicamente viables mediante la evaluación de ahorro, ahorro energético, ahorro económico, reducción del impacto ambiental, inversión necesaria y finalmente culmina con un plan de implantación de medidas

Delgado (2013), planteó un estudio de eficiencia energética en la industria de lácteos San Antonio en la ciudad de Cuenca, éste se basó en un análisis de los consumos energéticos dentro del proceso productivo de la empresa, para lo que se usó la metodología de una auditoría energética que se desarrolló aplicando la primera y la segunda ley de la termodinámica (el principio de conservación de la cantidad y la calidad de energía). En la industria, se determinó que los principales consumidores de energía son los motores

eléctricos, iluminación, enfriamiento, bombas, ventiladores, agitadores, computadoras y equipo de oficina. Como propuestas de ahorro energético y económico, el autor plantea el cambio del sistema de refrigeración, la disminución de costos por penalización a través del departamento de mantenimiento con la conexión del banco de condensadores. También, se plantearon propuestas de solución para el abastecimiento térmico por medio del eficiente uso de los combustibles.

Industrias IMSSA S.A. es una empresa ecuatoriana ubicada en la provincia de Santo Domingo parroquia Luz de América, dedicada a la producción de guantes de látex, para lo que consume la energía en forma de electricidad y térmica para el funcionamiento de máquinas y equipos con tecnología especialmente desarrollada para el proceso productivo del guante. Este consumo, representa un alto costo de producción al no contar con sistemas de ahorro energético y además de ocasionar impactos ambientales negativos.

Objetivos

Objetivo general

Establecer un programa de eficiencia energética con base en un diagnóstico del proceso productivo de la industria procesadora de caucho IMSSA S.A.

Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información de las áreas y los procesos productivos.
- Determinar el proceso donde existe mayor consumo de energía.
- Formular alternativas para reducir el consumo excesivo de energía en la industria

II. CONTENIDO TÉCNICO

2.1. Localización

El presente trabajo se realiza en la Industria procesadora de caucho IMSSA S.A., que se encuentra en la parroquia Luz de América, vía Santo Domingo-Quevedo kilómetro 23. Las coordenadas geográficas son: **x:** 0689145; **y:** 9956013. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) describe a Luz de América con suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas con buenas características físicas aunque con bajas características químicas, son suelos de color pardo en la superficie y amarillo en la profundidad, tienen alta capacidad de retención de agua pero sin embargo contienen alto nivel de acidez y baja fertilidad natural (Innovation, 2011).

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, Luz de América al tener una precipitación media anual de 2536 mm y temperaturas que oscilan entre 23°C y 26°C, corresponde a clima subtropical con un bosque muy húmedo pre-montano.

La parroquia Luz de América tiene buen porcentaje de cobertura eléctrica, con un valor de 72,43 %, según datos del PDOT, ninguna parroquia tiene una cobertura del 100% (Innovation, 2011).

2.2. Eficiencia energética

La eficiencia energética está directamente relacionada con la cantidad de producción que resulta de un proceso productivo y la cantidad de energía usada para dicha producción.

“La eficiencia energética consiste en el ahorro y uso inteligente de la energía sin pérdidas ni desperdicios, utilizando la mínima energía y manteniendo la calidad de bienes y servicios, para conservar el confort” (INER, 2014).

La eficiencia energética también se define como la optimización de los consumos energéticos de un área, de manera que se pueda realizar el mismo proceso, consumiendo menor cantidad de energía sin reducir la calidad de los productos o servicios (Edinn, 2010).

Un programa de ahorro energético en una industria resulta conveniente ya que es una forma rápida, eficaz y rentable de reducir costos y emisiones de gases contribuyendo a la mejora de la calidad del aire. Al establecer un programa de eficiencia energética en una

empresa de producción o de servicios genera grandes beneficios, por ejemplo (Acurio, 2014):

- Reducción de gastos de consumo de energía.
- Reducción de costos de producción.
- Mejora la competitividad.
- Reduce el deterioro del medio ambiente.
- Utilización eficiente de los recursos naturales.
- Reducción del impacto de los gases de efecto invernadero (GEI).

2.2.1. Método de análisis energético

“Cualquier actuación energética en un centro industrial debe comenzar por la realización de una auditoría energética del mismo; es decir, conocer cuándo, cómo, qué tipo y dónde se consume la energía en el centro” (Agencia de Andalucía de la energía, 2011).

En una industria, es fundamental analizar el proceso productivo para cuantificar la energía que consume el proceso y poder determinar las ineficiencias desde los equipos hasta cada una de las etapas del proceso.

Una auditoría energética comprende varios tipos de auditoría que abarcan desde la más compleja y minuciosa hasta la más superficial y sencilla. Las más utilizadas en el sector industrial son la auditoría energética como tal y los diagnósticos energéticos. Este tipo de auditorías son las más completas con un mayor nivel de profundidad en cuanto a análisis.

En el presente trabajo de investigación se llevara a cabo un diagnóstico energético, que consiste en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía que utiliza el inmueble (Energiza, 2015). Esto permite identificar los lugares y procesos donde el consumo de energía es ineficiente, ayuda a establecer posibles mejoras y encamina a la empresa hacia una mejora económica en cuanto al recurso energético. El procedimiento para llevar a cabo el diagnóstico energético consta de tres etapas 1. Análisis de la estructura energética, 2. Análisis de la eficiencia energética y 3. Evaluación de medidas de ahorro energético (Agencia de Andalucía de la energía, 2011).

2.3. Análisis energético de industrias IMSSA S.A.

IMSSA S.A. es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de guantes de látex domésticos. La empresa tiene sus inicios en el año 2000, aportando al mercado nacional productos como el látex y caucho.

Gracias al fortalecimiento de las relaciones comerciales en la industria del caucho, la empresa decide darle un valor agregado a este producto; y es en el año 2010 que arranca con la implementación de equipos y maquinaria en la nueva línea de proceso para la elaboración de guantes de látex para uso doméstico, semi-industrial e industrial.

Hoy en día, la empresa se dedica únicamente a la producción de guantes de látex ofreciendo las marcas Práctico estrella, Bicolor estrella, Ivatex y Fine, consumiendo varios recursos naturales, entre ellos la energía térmica y eléctrica para el funcionamiento de máquinas y equipos con tecnología especialmente desarrollada para el proceso productivo del guante. Este consumo, representa un alto costo de producción al no contar con sistemas de ahorro energético además de ocasionar impactos ambientales negativos como la emisión de gases de efecto invernadero y la reducción de la disponibilidad de los recursos naturales..

El agua es otro de los recursos que más consume la industria en el proceso de lavado, su extracción no tiene un control apropiado debido a que la utilización del agua dentro del proceso es continuo. El estero s/n ubicado a 200 metros de la fábrica es la fuente de suministro de agua. Ésta, es almacenada en una cisterna desde la cual se distribuye hasta el área de lavado.

2.3.1. Análisis de la estructura energética de IMSSA S.A.

El objetivo de esta etapa es conocer cómo se recibe, transforma, distribuye y consume la energía en los equipos del proceso productivo de la industria. Para ello se requiere contar con información sobre el proceso productivo, identificar los equipos que consumen energía, el comportamiento de producción y consumo de energía en la industria en los últimos 2 o 3 años (Agencia de Andalucía de la energía, 2011).

En la Figura 1 se observa el plano de la fábrica, en el que constan las diferentes áreas y procesos.

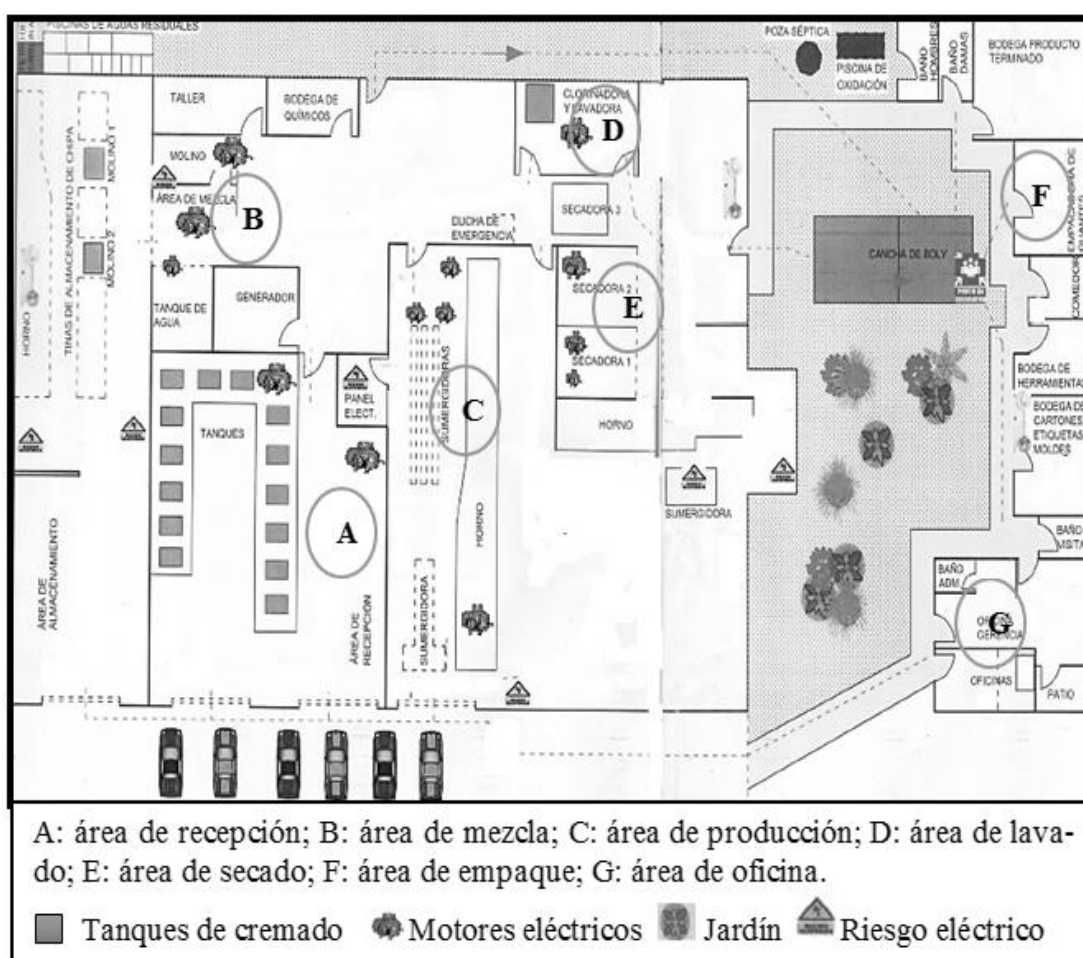


Figura 1. Plano de industrias IMSSA S.A.

2.3.1.1. Áreas y Equipos

a. Área de recepción

En esta área se desarrollan las actividades de recepción de materia prima e insumos; también se encuentran los tanques de cremado.

Equipos: tecla eléctrica y agitador de látex concentrado.

b. Área de mezclas

Se lleva a cabo el molido de químicos y mezcla de látex e insumos.

Equipos: molino de bolas y agitador eléctrico.

c. Área de producción

En esta área se llevan a cabo varias actividades que van desde sumergir los moldes en el látex formulado, elaborar el rollo a los guantes, vulcanizar y desmoldar.

Equipos: Sumergidora, contiene dos motores eléctricos uno de ellos es para sumergir los moldes y otro motor para agitar el látex de las tinas evitando la coagulación. El horno funciona con diésel, con la ayuda de un ventilador para circular el aire y un motor que controla la entrada y salida de coches del horno.

d. Área de lavado

En esta área se realiza el lavado de guantes.

Equipos: Clorinadora y dos bombas de agua.

e. Área de secado

Se realiza el secado de guantes.

Equipos: secadora a gas, caldero y secadora a vapor.

f. Área de empaque

Clasificación por tallas, sellado, empaquetado y embodegado de guantes.

Equipos: selladoras manuales y de pedal.

g. Área de oficinas

Actividades varias de oficina.

Equipos: equipo de cómputo, telefonía, aire acondicionado.

2.3.1.2. Proceso de elaboración de guantes de látex**a) Recepción de materia prima**

La materia prima empleada para la producción de guantes en Industrias IMSSA S.A. es el látex natural concentrado con amonio al 1%. El proceso consiste en la recepción del látex en tanques de 200 litros, los cuales son pesados y elevados hasta una superficie a 3 metros de altura, desde donde se traslada a los tanques de cremado.

b) Cremado

El cremado consiste en concentrar el látex mediante agitación. El proceso dura dos horas por día.

c) Molido de químicos

El proceso consiste en moler el material químico que por lo general son coagulantes, aditivos químicos como vulcanizantes, estabilizantes, acelerantes, antioxidantes, cargas y pigmentos. Estos compuestos químicos que utiliza la industria llegan en estado sólido, con partículas grandes. Para el proceso se necesita partículas muy finas de cada uno de los químicos con el fin de elaborar una mezcla homogénea con el látex concentrado.

d) Formulación

Dentro de la formulación del látex, se utiliza el material químico mencionado en el proceso anterior como estabilizantes, vulcanizantes, aceleradores, antioxidantes, cargas y pigmentos, que se colocan tomando en cuenta la cantidad de látex que se va a utilizar. Por medio de un agitador se realiza la mezcla de los insumos químicos y el látex.

e) Inmersión

Los moldes de cerámica en forma de manos son ubicados en los porta moldes y estos a su vez en el sistema de inmersión automático. Primero se sumerge el molde en un coagulante con el fin de obtener de manera controlada una película uniforme del polímero sobre el molde y luego se sumergen en las tinas de látex formulado, estas tinas además de látex formulado también contienen el color característico del guante, amarillo o verde.

f) Elaboración de rollo

Transcurrido el tiempo necesario de los moldes en las tinas de látex formulado, los porta moldes son colocados con los dedos hacia abajo en los coches de transportación y dirigidas a un área donde se realiza el rollo de forma manual. El rollo consiste en hacer un doblado pequeño en la parte superior del guante.

g) Vulcanizado

Una vez realizado el rollo, los coches son dirigidos hasta un horno tipo túnel. El horno cumple las siguientes funciones pre-vulcanizado o secado, vulcanizado y enfriamiento. Dentro del horno, se hace circular el aire caliente con la ayuda de un ventilador y los coches circulan por la acción de un motor eléctrico.

h) Desmolde

El proceso consiste en separar el guante de látex ya formado del molde utilizado para su producción. Este guante, es sumergido rápidamente en agua para evitar su pegajosidad y retirado del agua al mismo tiempo.

i) Clorinado

Este proceso consiste en colocar los guantes en una clorinadora que funciona con un motor eléctrico. A este equipo se adiciona una solución de agua más cloro, que sirve básicamente para lavar el guante, eliminando su pegajosidad, además de dar un mejor acabado en cuanto a textura y eliminar las proteínas causantes de alergias.

j) Secado

Una vez lavados los guantes, éstos, son secados a través de una secadora a gas o una secadora a vapor. El proceso de secado del guante en cualquiera de los dos sistemas dura 45 minutos. Las dos secadoras funcionan al mismo tiempo, con una capacidad de 480 pares de guantes.

k) Clasificación por tallas

Los guantes de látex producidos y totalmente secos, son clasificados por talla y por pares, para luego pasar al área de control de calidad.

l) Control de calidad

Se realiza un control de los parámetros más importantes del guante como largo, textura, calibre, color, resistencia y permeabilidad.

m) Empaque

Los guantes que pasan el control de calidad son empacados en fundas plásticas de acuerdo a la talla y color del guante para luego ser selladas y colocadas en una funda plástica grande con capacidad de 100 pares de guantes.

n) Embodegado

Las pacas conteniendo 100 fundas de guantes son trasladadas a una bodega en la que se toma en cuenta las tallas y el tipo, para separarlas hasta su comercialización que se realiza una vez a la semana.

El proceso de elaboración de guantes de látex se muestra en la Figura 2, abarca desde la recepción de materia prima hasta el embodegado de guantes.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE GUANTES DE LÁTEX

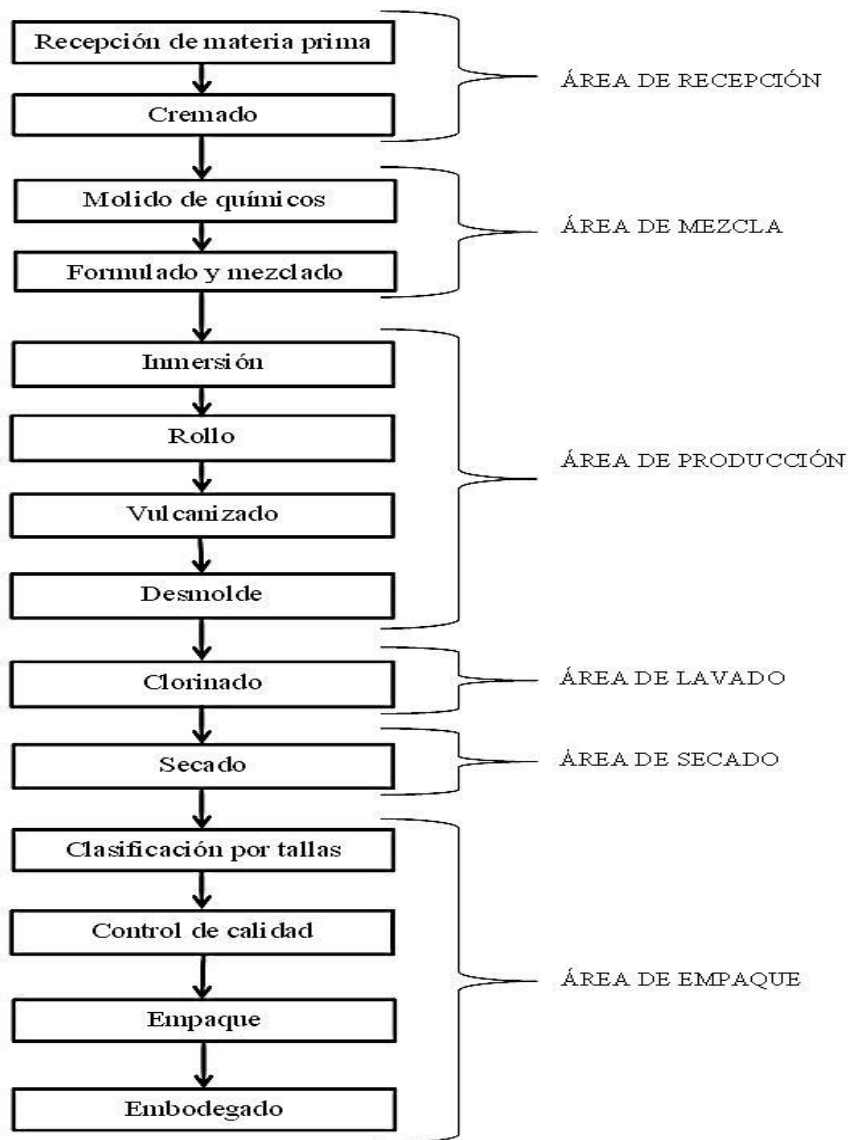


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de guantes

2.3.1.3. Consumo energético de industrias IMSSA S.A.

La producción de industrias IMSSA S.A. se incrementa con el paso de los años debido a la implementación y cambio de maquinaria utilizada en el proceso de elaboración del guante. Actualmente, la fábrica consume 0,11 kWh por cada par de guantes producido. En la Tabla 1 se puede observar que al igual que existe incremento de producción también existe incremento en el consumo de combustible y consumo eléctrico.

El diésel es el principal combustible usado en el proceso productivo con mayor consumo en el proceso de vulcanizado del guante, es utilizado para accionar el horno con un consumo promedio de 3,0 Gal/h.

El diésel también es utilizado para accionar la caldera en el proceso de secado del guante, donde se usa vapor saturado para secar. El consumo promedio de diésel en este proceso es de 1 Gal/h.

El gas metano es utilizado en la fábrica en el proceso de secado de guantes en la secadora a gas, el promedio de consumo por día es de 1 bombona de 15 kilogramos, es decir, 3960 kilogramos anuales.

La producción de guantes, el consumo de combustible y de energía eléctrica de los años 2013 al 2015, se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Resumen de Producción de guantes, consumo de combustible y electricidad de los años 2013, 2014 y 2015 de Industrias IMSSA S.A.

Año	Producción de guantes (kg)	consumo de diésel (Gal)	consumo eléctrico (kW)
2013	61610,50	2625,18	32891
2014	75671,20	8478,99	37524
2015	93626,50	12163,67	51276

La energía eléctrica es utilizada para operar la mayoría de motores que forman parte del proceso productivo, además de otros usos en oficina como la iluminación, calefacción y refrigeración

2.3.1.4. Motores eléctricos

En la mayor parte de los procesos que se llevan a cabo en la fábrica se utilizan motores eléctricos que trabajan con una tensión de 220 voltios, en su mayoría son trifásicos a excepción de las bombas de agua que son monofásicas.

En la Tabla 2, se especifican algunas de las características principales de cada uno de los motores que actúan en el proceso de elaboración de guantes de látex.

Tabla 2. Datos técnicos de los motores eléctricos de Industrias IMSSA S.A.

Proceso	Denominación	Tensión(V)	Tipo de motor	Intensidad (A)	Potencia(kW)	Velocidad (rpm)	funcionamiento (h/d)	funcionamiento (años)
Recepción	Tecele	220	Trifásico	2,1	0,373	1730	1	10
Cremado	Agitador	220	Trifásico	7,00	0,75	1730	2	6
Molido de químicos	Molino de bolas	220	Trifásico	18,0	5,6	1730	12	10
Mezcla	Agitador	220	Trifásico	2,7	0,56	3430	2	6
Inmersión	Sumergidor	220	Trifásico	8,00	3,3	1670	12	0,5
	Agitador	220	Trifásico	18,00	0,75	1750	12	0,5
Vulcanizado	Ventilador	220	Trifásico	27,00	5,9	1700	12	0,5
	transportador	220	Trifásico	7,00	1,5	1750	12	0,5
	Clorinadora	220	Trifásico	18	3,7	1750	6	1
Lavado	Bomba 1	110	Monofásico	6	0,6	Q=50 l/min	4	6
	Bomba 2	110	Monofásico	22	1,5	Q=100 l/min	4	6
secado	Secadora a vapor	220	Trifásico	2,2	0,373	1750	12	4
	Secadora a gas	220	Trifásico	2,1	0,373	1750	12	4
Empaquetado	Selladora 1	110	Monofásico	3,8	0,4	-	4	4
	Selladora 2	110	Monofásico	3,8	0,4	-	4	4
	Selladora 3	110	Monofásico	3,8	0,4	-	4	4
	Selladora 4	110	Monofásico	4,3	0,45	-	4	1

Rpm: revoluciones por minuto.

2.3.1.5. Caldera de producción de vapor

Industrias IMSSA S.A. cuenta con una caldera que suministra vapor a la secadora. La caldera funciona a 50 psi (350 kPa) de presión, la temperatura inicial del agua es de 40°C, ya que resulta de un proceso de recirculación del vapor condensado. La temperatura de salida de vapor es de 138,8 °C, el consumo de diésel es de 1gal/h.

2.3.1.6. Secadoras

a) Secadora a vapor

La secadora actúa por la acción de un irradiador, la temperatura absorbida por el equipo de secado pasa por un tambor perforado donde se escurre el agua, esta agua es enviada hasta la planta de tratamiento. El vapor circula por un tubo desde la caldera hasta la secadora y regresa por el mismo tubo, creando así un circuito cerrado. El vapor condensado es reutilizado en el sistema.

b) Secadora a gas

La secadora a gas funciona con un motor de 0,5 hp (horse power), el equipo contiene una hornilla la que es accionada con una bombona de gas que contiene metano. La temperatura a la que se acciona la secadora es de 23°C (temperatura ambiente) para alcanzar una temperatura de 80°C.

El proceso de secado consiste en encender la hornilla, encender el motor de la secadora y circular los guantes dentro del equipo. La temperatura es transferida desde el hogar hasta los guantes y por medio de un tambor perforado se escurre el agua.

2.3.2. Análisis de la Eficiencia energética de Industrias IMSSA S.A.

Este análisis requiere de la realización de balances de materia y energía. Los resultados de estos balances dependerán de los datos recogidos en la etapa anterior.

Una vez que se obtengan los suficientes datos se procederá a realizar los cálculos de rendimientos de los equipos para determinar su eficiencia. Para esto, se usará la siguiente fórmula (Cengel & Ghajar, 2011):

$$\text{Eficiencia } (\eta) = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía total}} \times (\%) \quad (1)$$

Una vez obtenidos los datos suficientes, se procederán a identificar las áreas que requieren una acción de ahorro y se establecerán algunas de las posibles medidas del programa de eficiencia energética.

2.3.2.1. Área de recepción

a. Tecele eléctrico

La función del tecele eléctrico (Figura 3) es elevar 220 kg de látex a una altura de 3 metros, funciona con un motor de 0,5 hp (0,373 kW), eleva 5 tanques por día, con un tiempo aproximado de 25 segundos en toda la operación del motor por cada tanque.

El cálculo de la eficiencia del tecele eléctrico se muestra Tabla 3:

Tabla 3. Cuadro de cálculo de eficiencia del tecele eléctrico

	Fórmula	Unidad	Cálculo	Resultado
Trabajo	$W = m \times g \times d$ (2)	P: potencia, W W: trabajo, J	$W = 220kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 3m$	6468 J
Potencia	$P = \frac{W}{t}$ (3)	t: tiempo, s m: masa, kg	$P = \frac{6468 J}{25 s} \times \frac{1kW}{1000 J/s}$	0.2587 kW
Eficiencia	(1)	g: gravedad, m/s ² d: distancia, m	$n = \frac{0,2587kW}{0,373 kW} \times 100\%$	69,36 %

El tecele eléctrico trabaja 0,5 horas por día, es decir, consume 0,373 kWh al día, la fábrica de guantes trabaja 22 días al mes, lo que indica que el motor consume 4,1 kWh al mes y 49,2 kWh al año. El equipo tiene 10 años funcionando en la fábrica.



Figura 3. Tecle eléctrico

b. Agitador del proceso de cremado

La función del equipo es agitar el látex para homogenizar. Éste, trabaja con una potencia de 0,75 kW y el diámetro de las aspas es de 30 cm de diámetro mientras que del tanque es de 55,88 cm de diámetro. La viscosidad del látex es de 73,786 Pa.s. (73786 cP), considerando que el tiempo que tarda el látex en el viscosímetro Copa Ford, es de 25 segundos y su densidad es de 0.950 g/cc (0 °C) y 0.934 g/cc (20 °C) (elcometer, 2015).



En la Tabla 4 se muestran las fórmulas usadas para el cálculo de la eficiencia del equipo (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

Tabla 4. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de cremado

	Fórmula	Unidad	Cálculo	Resultado
Número de Reynolds	$Re = \frac{Da \times n \times \rho}{\mu} \quad (4)$	P: Potencia, W Re: Adimensional KL: Constante	$Re = \frac{(0,3m)^2 \times 2,5 \left(\frac{1}{s}\right) \times 950kg/m^3}{73,786 Pa.s}$	2,9

Potencia	$P = \frac{KL}{\mu} \times n^2 \times Da^3 \times$ (5)	flujo laminar 41 n: Velocidad, (1/s) Da: Diámetro, m	$P = 41 \times \left(2,5 \frac{1}{s}\right)^2 \times$ $(0,3m)^3 \times 73,786 \frac{Pa \cdot s}{1000 J/s} \times$	0,51 kW
Eficiencia	(1)	μ : Viscosidad, Pa.s p: Densidad, kg/m ³	$n = \frac{0,51kW}{0,75 kW} \times 100\%$	68 %

Re<10 se considera flujo laminar y KL=41 (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

El agitador del proceso de cremado trabaja 2 horas por día, consume 1,5 kWh al día, en un mes el motor consume 33 kWh y 396 kWh al año.

2.3.2.2. Área de molino

a. Molino de bolas

Este molino Figura 5 es usado para triturar compuestos químicos granulados, funciona con un motor de 7,5 hp (5,5kW), 1730 rpm y trabaja un promedio de 12 horas. Sus dimensiones son de 0,76 metros de diámetro y 1,22 metros de largo. Está compuesto por bolas de acero de 0,75 pulgadas. El voltaje nominal es de 220 V y la corriente es de 18 amperios.



Figura 5. Molino de bolas

Para calcular el consumo de energía del molino se utilizará la siguiente fórmula tomada del trabajo de titulación evaluación de un circuito de molienda y clasificación (Vargas, 2010).

$$P = I \times V \times pf \times 1,732 \times \frac{1kW}{1000W} \quad (6)$$

Dónde:

I = Intensidad de corriente eléctrica consumida por el motor, A.

V = Voltaje nominal del motor, V.

pf = Factor de potencia del motor (0,92)

Potencia de motor = 6,3kW

1,732= factor de cálculo de potencia eléctrica consumida por motores.

Cálculo de la eficiencia del motor:

$$\eta = \frac{5,5kW}{6,3 kW} \times 100\% = 87\%$$

b. Agitador de mezcla de látex y químicos

El equipo de agitación funciona con un motor de 0,75 hp (0,56kW), el diámetro de las aspa es de 25 cm de diámetro mientras que del tanque es de 55,88 cm de diámetro. El tiempo que tarda en agitar cada tanque es de 25 minutos.

Tabla 5. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de mezcla

	Fórmula	Cálculo	Resultado
Número de Reynolds	(4)	$Re = \frac{(0,25m)^2 \times 3 \left(\frac{1}{s}\right) \times 950kg/m^3}{73,786 Pa.s}$	4,8
Potencia	(5)	$P = 41 \times \left(3 \frac{1}{s}\right)^2 \times (0,25m)^3 \times 73,786 Pa.s \frac{1kW}{1000 J/s}$	0,42 kW
Eficiencia	(1)	$n = \frac{0,42kW}{0,56 kW} \times 100\%$	76 %



Figura 6. Equipo de formulación y mezcla

El agitador trabaja 1 hora por día, en un mes el motor consume 12,32 kWh y 147,84 kWh al año.

2.3.2.3. Área de producción

a. Sumergidor

El equipo funciona con un voltaje nominal de 2v0 Voltios y corriente de 8.2 amperios; cuya potencia es de 1,5 kW, velocidad de 1670 rpm. El peso aproximado de los moldes para guantes es de 1,5 kg/molde y de la estructura de 300 kg; se elaboran 80 guantes por cada operación de inmersión. La variación de altura es de 1 metro, el equipo tarda en bajar y subir 6 y 12 segundos respectivamente.

Tabla 6. Cuadro de cálculo de eficiencia del sumergidor.

	Fórmula	Cálculo	Resultado
Trabajo	(2)	$W = 420Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 1m$	4116 J
Potencia	(3)	$P = \frac{4116 J}{6 s} \times \frac{1kW}{1000 J/s}$	0.69 kW
Eficiencia	(1)	$n = \frac{0,69kW}{1,5 kW} \times 100\%$	46 %



Figura 7. Motor de la sumergidora

b. Agitador de tinas

El motor de agitación de tinas funciona con un voltaje de 220 voltios, corriente de 18,0 amperios, potencia es de 2,2 kW y velocidad de rotor de 1750 rpm. El diámetro de las aspas es de 25 cm de diámetro y giran a una velocidad de 180 revoluciones por minuto. El sistema funciona mediante poleas colocadas en las tres tinas de inmersión.



Figura 8. Agitador de tinas de inmersión

Las fórmulas usadas para el cálculo de la eficiencia del equipo se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Cuadro de cálculo de la eficiencia del agitador de tinajas

	Fórmula	Cálculo	Resultado
Número de Reynolds	(4)	$Re = \frac{(0,3m)^2 \times 3 \left(\frac{1}{s}\right) \times 950kg/m^3}{73,786 Pa.s}$	3,5
Potencia	(5)	$P = 41 \times \left(3\frac{1}{s}\right)^2 \times (0,3m)^3 \times 73,786 Pa.s \times \frac{1kW}{1000 J/s}$	0,73 kW
Eficiencia	(1)	$n = \frac{2,2kW}{3,9 kW} \times 100\%$	57 %

P total= 0,73 kW * 3 tinajas= 2,2 kW

c. Transportador de coches

El motor que transporta coches que circulan dentro del horno funciona con una potencia de 2 hp (1.5kW), un voltaje nominal de 220 V. El sistema de transporte funciona 10 segundos cada 10 minutos, el tiempo de trabajo diario es de 12 horas.

Para calcular la eficiencia del motor se muestran las fórmulas en la Tabla 8.



Figura 9. Transportador de coches

Tabla 8. Cuadro de cálculo de eficiencia del transportador de coches.

	Fórmula	Cálculo	Resultado
Trabajo	(2)	$W = 200Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 1m$	1960 J
Potencia	(3)	$P = \frac{1960 J}{5 s} \times \frac{1kW}{1000 J/s}$	0.39 kW
Eficiencia	(1)	$n = \frac{0,39kW}{1,5 kW} \times 100\%$	27 %

El equipo consume 0,6 kWh al día, 13,2 kWh al mes y 158,4 kWh al año

d. Balance de masa y energía del horno

El mecanismo de transferencia de calor utilizado en el horno es de convección ya que el calor es transferido a través del aire a la película de látex. El límite máximo de temperatura del horno es de 120°C en el centro donde se da lugar el proceso de vulcanizado, a temperaturas más altas el guante puede sufrir degradación. Las dimensiones del horno son 15 metros de largo, 2 metros de ancho y 1.5 metros de alto.

El balance de materia y energía ayuda a determinar los requerimientos del combustible y los materiales necesarios para llevar a cabo el proceso.

Cahueque (2012) en su trabajo de titulación propuso que para los balances de masa y energía se considere únicamente a la materia prima látex y la mezcla de vulcanizantes.

A continuación un diagrama del proceso:

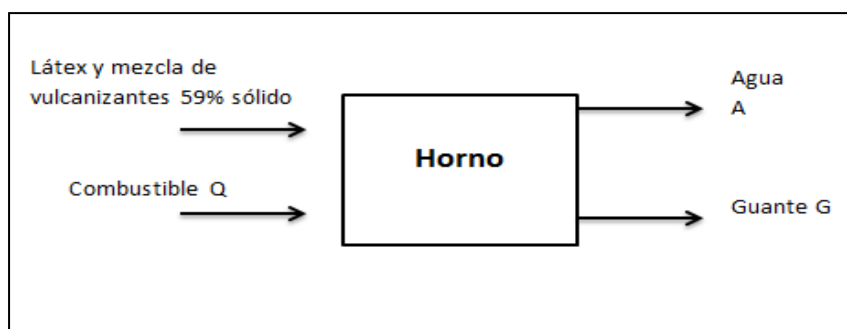


Figura 10. Diagrama de flujo del horno

i. Balance de masa

El peso promedio de guantes en industrias IMSSA S.A. es de 100 gramos. Según Cahueque (2012) el látex más la mezcla de vulcanizantes contiene el 59% de sólidos. En este caso, se evapora todo el contenido de agua del guante.

El balance parcial de sólidos queda de la siguiente manera:

$$X_L \times L = G \quad (7)$$

$$L = \frac{G}{X_L} \quad (8)$$

Dónde,

G: peso del guante, kg.

L: cantidad de sólidos, kg.

X_L : Porcentaje de sólidos, %.

$$L = \frac{0,1kg}{0,59} = 0,17kg$$

Lo anterior, quiere decir que se necesitan 0,17 kg de solución de látex y vulcanizante para producir un guante. La tasa de producción de guantes en industrias IMSSA es de 5760 guantes/día (480 guantes/hora trabajando 12 horas/día). De esta manera, la cantidad de mezcla de látex que se necesita para dicha producción es 979,2 kg de mezcla/ día.

La densidad del látex es de 934 kg/m³ a 20°C, a partir de este dato se calcula el volumen de la mezcla de látex necesario que se necesita para un día de producción el cual es de 1,05 m³/día.

Balance parcial del agua:

1-0,59= 0,41 porcentaje de humedad del guante antes de entrar al horno, se considera que el 100% de agua se evapora.

$$A = 0,41(L)$$

$$A = 0,41 \times 0,17kg = 0,069kg/guante$$

$$A = \frac{0,069kg}{guante} \times \frac{5760guantes}{día} = 401,4kg/día$$

Al día se evaporan 403,2 kg de agua.

ii. Balance de energía

El calor que ingresa al sistema cumple con el incremento de temperatura del agua concentrada en el guante, evaporación y aumenta la temperatura del caucho hasta su vulcanización.

Se tienen los siguientes datos (Urrego & Álvarez , 2014):

Capacidad calorífica a presión constante del agua, $C_{p_{H_2O}}$ 4,184 J/g.°C

Capacidad calorífica a presión constante del caucho 2010 kJ/kg.°C

Entalpia de evaporación del agua 2257 kJ/Kg

Calor de combustión del diesel 45500 kJ/Kg

Calor especifico de vulcanización 14,44 J/g

La presión en Santo Domingo de los Tsáchilas es de 1009hPa (100,9 kPa) y la temperatura de evaporación del agua a la presión dada es de 99,61°C.

Calor utilizado para elevar la temperatura de agua de temperatura ambiente a temperatura de ebullición:

$$Q_{AE} = m \times C_{p_{H_2O}} \times \Delta T \quad (9)$$

$$Q_{AE} = \frac{69g}{guante} \times \frac{4,184J}{g \text{ } ^\circ C} \times (99,61 - 25)^\circ C = 21,5396 \text{ kJ}/guante$$

Calor necesario para el cambio de fase:

$$Q_{ACF} = h_{fg} \times m \quad (10)$$

$$Q_{ACF} = \frac{2257 \text{ kJ}}{\text{Kg}} \times \frac{0,069 \text{ kg}}{\text{guante}} = 155,7 \text{ kJ/guante}$$

Calor utilizado para elevar la temperatura del caucho:

$$Q_C = Cp \times m \times \Delta T \quad (11)$$

$$Q_C = 2010 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 0,069 \frac{\text{kg}}{\text{guante}} \times (120 - 25)^\circ\text{C} = 13,17 \frac{\text{kJ}}{\text{guante}}$$

Calor utilizado para vulcanización del guante:

El calor de vulcanización de caucho es de 14,44 J/g, de acuerdo a un estudio realizado en el cual se determinó el calor de diferentes mezclas de caucho natural colombiano (NR) y caucho estireno butadieno (SBR). (Urrego & Álvarez , 2014)

$$Q_V = Cp \times m \quad (12)$$

$$Q_V = 14,44 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times 69 \frac{\text{g}}{\text{guante}} = 0,99636 \frac{\text{kJ}}{\text{guante}}$$

Calor de combustible (Qcomb.)

Se determina utilizando la densidad del diesel (0,87 kg/L), el horno consume actualmente 3,0 gal/h (9,86 kg/h); significa que por cada guante producido consume 0,0205 kg de combustible.

$$Q_{comb.} = Cp \times m \quad (13)$$

$$Q_{comb} = 45500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times 0,0205 \frac{\text{kg}}{\text{guante}} = 935,19 \frac{\text{kJ}}{\text{guante}}$$

Balance de calor es:

$$Q_{AE} + Q_{ACF} + Q_C + Q_V = n Q_{comb.} \quad (14)$$

$$n = \frac{Q_{AE} + Q_{ACF} + Q_C + Q_V}{Q_{comb.}} \quad (15)$$

$$n = \frac{(21,539 + 155,7 + 13,17 + 0,996) \text{ kJ/guante}}{935,19 \text{ kJ/guante}} \times 100\% = 20,4\%$$

El sistema consume 36 galones de diésel por día; 792 galones al mes y por año tiene un consumo de 9504 galones.

2.3.2.4. Área de lavado

a. Clorinadora

El lavado de guantes se realiza en el equipo llamado Clorinadora, funciona con motor de 5 hp (3,7 kW), el consumo de agua es de 2096 gramos por par de guantes, se lavan 480 pares de guantes en cada ciclo que dura 30 minutos.



Figura 11. Clorinadora

Fórmula para el cálculo de la eficiencia del equipo:

	Fórmula	Unidad	Cálculo	Resultado
Torque	$T = m \times a \times r$ (16)	P: Potencia W T: Momento de torsión Nm	$T = 1102 \text{ kg} \times 0,0387 \text{ m/s}^2 \times 0,381$	16,287 Nm
Potencia	$P = 2\pi \times n \times T$ (17)	m: Masa kg a: Aceleración m/s^2	$P = 2\pi \times 29,167 \frac{1}{s} \times 16,287 \text{ Nm} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ J/s}}$	2,98 kW
Eficiencia	(1)	n: Velocidad angular 1/s r: Radio m	$n = \frac{2,98 \text{ kW}}{3,7 \text{ kW}} \times 100\%$	80,6 %

El equipo consume 21,6kWh al día con un consumo mensual de 488,4 kWh y de 5860,8 kWh al año.

b. Bomba de agua # 1

La bomba de 0,6 kW se encuentra instalada en la cisterna de almacenamiento, donde transporta agua a un tanque elevado a 5 metros del cual se reparte a la clorinadora para lavar los guantes que salen del horno. El caudal promedio es de 7,2 m³/h (2x10⁻³ m³/s). El diámetro de la tubería es de 1 pulgada.



Figura 12. Bomba de agua 0,85 hp

Cálculo de la potencia de la bomba

$$P_b = \rho \times g \times Q \times h_b \quad (18)$$

$$h_b = \Delta \frac{v^2}{2g} + \Delta z + \frac{\Delta P}{\rho g} + h_p \quad (19)$$

$$h_p = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} + EK \times \frac{v^2}{2g} \quad (20)$$

Dónde:

P_b = Potencia de la bomba, W

ρ = densidad del líquido, (1000kg/m³)

g = gravedad, m/s²

Q = Caudal, m³/s

h_b = carga de la bomba, m

v = velocidad, m/s

z = altura, m

h_p = pérdida por fricción de la bomba que puede ser por presencia de accesorios ($EK \cdot v^3/2g$), en este caso no existen en el sistema a evaluar y se tomará en cuenta sólo el sistema laminar. Se mide en metros.

Además, se desprecia la variación de energía cinética ya que se desconoce la variación de velocidades al igual que la variación de presiones.

Para determinar la potencia de la bomba, es necesario tener en cuenta el área de la sección transversal ($0,00506 \text{ m}^2$) por donde circula el agua hasta el lugar destino. La velocidad a la que circula el agua dentro de la tubería ($3,9 \text{ m/s}$) y la viscosidad del agua a 20°C ($1,002 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

Los datos anteriores, sirven para encontrar el coeficiente de fricción (f) que es la oposición al deslizamiento en las superficies de dos cuerpos en contacto. El diagrama de Moody presenta el factor de fricción de Darcy para el flujo en tubos como función del número de Reynolds ($Re = 99060$) (Cengel & Ghajar, 2011).

Entonces $f = 0,018$ y la pérdida por fricción (h_p) es $13,75 \text{ m}$. Sabiendo que se desprecia las variaciones de velocidad y presión, las pérdidas de la bomba (h_b) quedaría $18,75 \text{ m}$.

$$P_b = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} \times 18,75 \text{ m}$$

$$P_b = 367,4,4 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 0,37 \text{ kW}$$

Cálculo de la eficiencia del equipo:

$$\eta = \frac{0,4 \text{ kW}}{0,6 \text{ kW}} \times 100\% = 67\%$$

c. Bomba de agua # 2

La bomba de 2 hp (1,5kW) se encuentra cerca del estero s/n de donde bombea agua a la fábrica para las distintas actividades principalmente para el proceso de lavado, el agua bombeada llega a una cisterna de 4500 litros aproximadamente. La distancia entre el estero y la fábrica es de 200 metros ubicada a una altura de 35 metros aproximadamente. El caudal promedio es de 135 l/min ($2,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$). El diámetro de la tubería es de 1,5 pulgadas.



Figura 13. Bomba de agua 2 hp

Cálculo de la potencia de la bomba (aplicando la misma metodología de la bomba anterior) ecuaciones 18, 19 y 20.

De acuerdo al diagrama de Moody el factor de fricción en función del número de Reynolds es 75057. Entonces $f = 0,019$ y pérdida por fricción (hp) es 23,21m. Sabiendo que se desprecia las variaciones de velocidad y presión para determinar la pérdida de la bomba quedaría 58,20 m (hb).

$$P_b = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 58,20 \text{ m}$$

$$P_b = 1283,4 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 1,2 \text{ kW}$$

Cálculo de la eficiencia del equipo:

$$\eta = \frac{1,2 \text{ kW}}{1,5 \text{ kW}} \times 100\% = 86\%$$

2.3.2.5. Área de secado

a. Secadora a gas

El sistema de secado utiliza como combustible gas metano de 15 kg con un consumo promedio de 1,25 kg/h, el tiempo que tarda en secar 480 guantes es de 1 hora.

A continuación se muestra el diagrama de balance de masa del sistema.

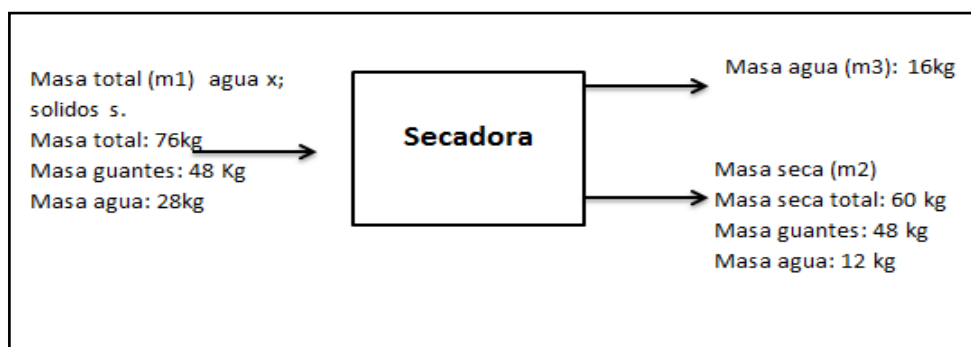


Figura 14. Diagrama de balance de masa de la secadora a gas

De acuerdo con el balance de masa, se determina que el 57,1% (16 kg) de agua es evaporada quedando residuo de agua del 42% (12 kg). Esto quiere decir, que el sistema no es eficiente ya que la masa seca contiene casi la mitad de agua total que ingresa a la secadora.

Cálculo de la eficiencia energética de la secadora (FAO, 1996):

$$Q_{ced} = Q_{abs}$$

$$n = \frac{Q_{abs}}{Q_{ced}} = \frac{\text{masa de agua evaporada} \times \text{calor latente de agua}}{\text{masa de combustible} \times \text{poder calorico}} \times 100\% \quad (21)$$

Donde.

n= eficiencia

Qabs= Calor absorbido kJ

Qced= Calor cedido kJ

Masa de agua= 16kg/h

Masa combustible= 1,25 kg/h

Calor latente= H2O 2309kJ/Kg

Poder calórico combustible= 510,4kJ/Kg

Datos tomados de (Cengel & Ghajar, 2011).

Se toma como referencia la variación de temperatura de la secadora que es de 23°C a 80°C.

$$n = \frac{16 \frac{kg}{h} \times 2309 \frac{kJ}{kg}}{1,25 \frac{kg}{h} \times 510,4 \frac{kJ}{kg}} \times 100\% = 58\%$$

b. Secadora a vapor

El vapor llega a la secadora a una temperatura de 120°C y presión de 50 psi. La cantidad de agua evaporada es de 8 kg/h del 24 kg de agua total que entra al sistema de secado a vapor.

A continuación el diagrama de balance de masa:

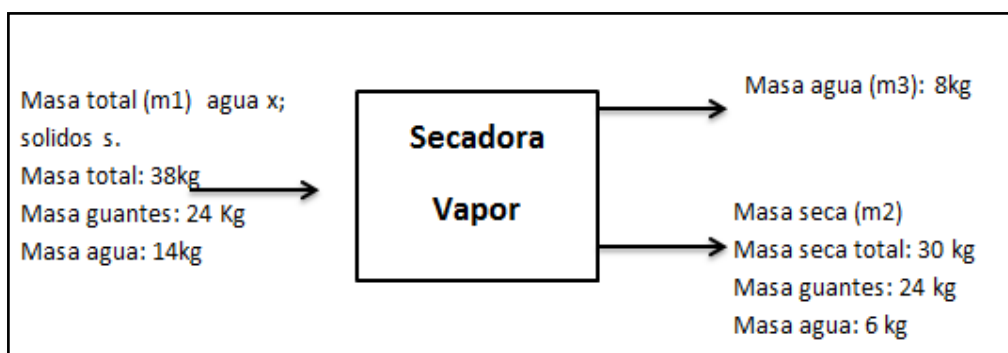


Figura 15. Diagrama de balance de masa de la secadora a vapor

Al igual que la secadora a gas el 57,1% (8 kg) del agua es evaporada mientras que la masa seca conserva un porcentaje de agua del 42,9% (6 kg).

La secadora funciona con un motor de 0,5 hp para girar los guantes, un voltaje nominal de 220V. El motor actualmente consume 0,3 kW; el tiempo de trabajo es de 12 horas y el consumo del equipo es de 3,6 kWh al día. Al año el consumo es de 950,4 kWh.

Cálculo de la eficiencia energética de la secadora (FAO, 1996).

$$Q_{ced} = Q_{abs}$$

$$n = \frac{Q_{abs}}{Q_{ced}} = \frac{\text{masa de agua evaporada} \times \text{calor latente de agua}}{\text{calor cedido del vapor}} \times 100\% \quad (22)$$

$$n = \frac{8 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 2309 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}}}{65208,7 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}} \times 100\% = 28,3\%$$

c. Caldera

La caldera de vapor que opera en industrias IMSSA S.A. es de 10 BHP (potencia de caldera) de tipo vertical. La combustión de la caldera es mediante un quemador para Diésel. La alimentación de agua se realiza por medio del retorno de condensados y alimentación de agua por medio de una bomba para compensar las purgas de 5 litros por día.

El volumen de agua es de 300 litros, trabaja a una presión de 50 psi (350 kPa), según los datos técnicos de calderas, la temperatura del vapor a esa presión es de 138,8 °C con una generación de vapor de 156,4 kg/hora.

La caldera está operando dos años en la fábrica, se desconoce su procedencia ya que fue adquirida como equipo usado, no se tiene registros de compra. La tubería por donde circula el vapor hasta la secadora no tiene revestimiento para evitar pérdidas de calor. Se realiza mantenimiento dos o tres veces al año.

Cálculo de la eficiencia de la caldera

Para determinar el rendimiento o eficiencia de una caldera se estiman dos flujos considerando el balance de energía como son: la energía aprovechada y la energía entregada (Golato, Franck, Aso, Correa, & Paz, 2008). De esta manera, el rendimiento de una caldera se condiciona a la relación entre la cantidad de calor captado por el agua y el calor suministrado por el combustible (IES, s.f.).

El cálculo de la eficiencia de calderas se puede realizar por dos métodos: el método directo e indirecto.

Método directo se basa en la relación del calor de vapor y el calor del combustible. El método indirecto se basa en determinar las pérdidas de calor tanto del combustible como del

agua. En este caso, se utilizará el método directo por medio de la siguiente fórmula basada en las temperaturas de entrada y salida de agua.

$$n = \frac{m.C_p.\Delta T}{F.PCI} \quad (23)$$

Dónde:

n : Rendimiento o eficiencia, %

m : caudal de agua en la caldera (kg/h)

C_p : Calor específico del agua (4,22 kJ/kg °C)

ΔT : T salida (138,8°C) – T entrada del agua (40 °C)

F : consumo de diésel (kg/h)

PCI : Poder calórico del diésel (45500 kJ/ kg)

$$n = \frac{156,4 \frac{kg}{h} \times 4,22 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \times (138,8^{\circ}C - 40^{\circ}C)}{3,3 \frac{kg}{h} \times 45500 \frac{kJ}{kg}} \times 100\%$$

$$n = 43,4\%$$

2.3.2.6. Resumen de resultados

Existen siete áreas en industrias IMSSAS.A., cada una con procesos productivos consecutivos que abarcan desde la recepción de materia prima hasta el empaquetado de los guantes.

a. Consumo de energía eléctrica

Se realizó la identificación de los procesos productivos y las áreas que consumen más energía eléctrica, se puede observar en la Tabla 12.

El área de producción consume mayor cantidad energía con 19699,68 kWh al año representando el 33,0%. Otra de las áreas que tiene alto consumo de energía es el área de mez-

cla con 17888,64 kWh al año que representa el 30,0% de total de energía consumida por la fábrica. La tercera área representa el 14,9% de consumo energético corresponde a oficina con 8876,73 kWh de consumo al año; el equipo que representa el mayor consumo de energía en esta área es el acondicionador de aire con 3960 kWh al año.

b. Consumo de combustible

Las dos áreas donde se realiza consumo de combustible son, el área de producción en proceso de vulcanizado, el área de secado en la secadora a vapor generado por una caldera y en la secadora a gas que utiliza metano como combustible.

El sistema de vulcanizado (horno) es el proceso que consume más diésel como se observa en la Tabla 9, el consumo es de 9504 galones al año es decir el 92,3% en relación al consumo de la caldera que representa el 7,7% es decir 792 galones al año.

Respecto al consumo de gas metano mostrado en la Tabla 10, se utiliza únicamente en la secadora a gas, se consume una bombona de 15 kg diariamente, el consumo anual es de 3960 kg.

Tabla 9. Resumen de consumo de diésel

Sistema	Consumo diésel Gal/h	Funcionamiento		Consumo mensual Gal	Consumo anual Gal	%
		h/día	Días/ mes			
Horno	3	12	22	792	9504	92,3
Caldera	1	3	22	66	792	7,7

Tabla 10. Resumen de consumo de gas

Sistema	Consumo gas kg/h	Funcionamiento		Consumo mensual kg	Consumo anual kg	%
		h/día	Días/mes			
Secadora	1,25	12	22	330	3960	100

c. Eficiencia de los equipos eléctricos

La eficiencia de los equipos eléctricos varía del 26% al 87% como se puede observar en la Tabla 11, el cálculo de la eficiencia de cada equipo depende del tipo de trabajo que realizan, en algunos casos depende de las características físicas del látex como es los agitadores y otros de las cantidades de masa, tiempo y distancia.

Tabla 11. Cuadro de resumen de las eficiencias de los equipos eléctricos

Área	Equipo	Energía útil kW	Energía suministrada kW	Eficiencia %
Recepción	Tecele eléctrico	0,2587	0,373	69,4
	Agitador de cremado	0,51	0,75	68,0
Mezcla	Molino de bolas	5,5	6,3	87,3
	Agitador de mezcla	0,42	0,56	75,0
	Sumergidor	0,69	1,5	46,0
Producción	Agitador de tina	2,2	3,9	56,4
	Transportador	0,39	1,5	26,0
	Clorinadora	2,98	3,7	80,5
Lavado	Bomba 1	0,4	0,6	66,7
	Bomba 2	1,2	1,5	80,0

d. Eficiencia de secadoras

La secadora a gas tiene una eficiencia del 58%, este porcentaje fue calculado teniendo en cuenta el calor suministrado o cedido por el metano (1,25 kg/h) y el calor absorbido por la secadora para evaporar el agua de los guantes.

La secadora a vapor tiene una eficiencia de 28,3%, el Cálculo se realizó por medio de la relación de calor extraído de los guantes y calor suministrado por el vapor.

Tabla 12. Cuadro de resumen de los consumos energéticos en las áreas de Industrias IMSSA S.A.

Área	Equipo	Consumo kW	Funcionamiento		Consumo mensual kWh	Consumo anual kWh	Consumo por área kWh	%
			h/día	Días/ mes				
Recepción	Teclé eléctrico	0,373	0,5	22	4,103	49,236	445,236	0,7
	Agitador de cremado	0,75	2	22	33	396		
Mezcla	Molino de bolas	5,6	12	22	1478,4	17740,8	17888,64	30,0
	Agitador de mezcla	0,56	1	22	12,32	147,84		
Producción	Sumergidor	3,3	5,4	22	392,04	4704,48	19699,68	33,1
	Agitador de tina	0,75	12	22	198	2376		
	Ventilador	5,9	8	22	1038,4	12460,8		
	Transportador	1,5	0,4	22	13,2	158,4		
Lavado	Clorinadora	3,7	6	22	488,4	5860,8	8078,4	13,6
	Bomba 1	0,6	4	22	52,8	633,6		
Secado	Bomba 2	1,5	4	22	132	1584	2363,328	4,0
	Secadora gas	0,373	12	22	98,472	1181,664		
Oficina	Secadora vapor	0,373	12	22	98,472	1181,664	8876,736	14,9
	Iluminación	0,6	12	22	158,4	1900,8		
	Calefacción	1,25	12	22	330	3960		
	Equipo de computo	0,8	12	22	211,2	2534,4		
Empaque	Telefonía	0,152	12	22	40,128	481,536	2263,8	3,8
	Selladoras	1,65	3,5	22	127,05	1524,6		
	Iluminación	0,28	10	22	61,6	739,2		
						total	59615,82	100%

2.4.Propuesta tecnológica

En esta etapa se realiza una evaluación de las alternativas que contribuyan a un ahorro energético, económico y reducción del impacto ambiental. Además de la inversión necesaria para llevar acabo cada una.

La propuesta del presente trabajo está dividida en tres partes dependiendo del tipo de energía como son las siguientes propuestas de ahorro de energía eléctrica, propuesta de ahorro de combustible y propuesta de mantenimiento preventivo general.

Como contribución a la empresa se ha desarrollado un diagrama unifilar Figura 16, en el que consta la distribución de la energía eléctrica en forma lineal, el esquema sirve como medio de información para identificar los usos finales de la energía.

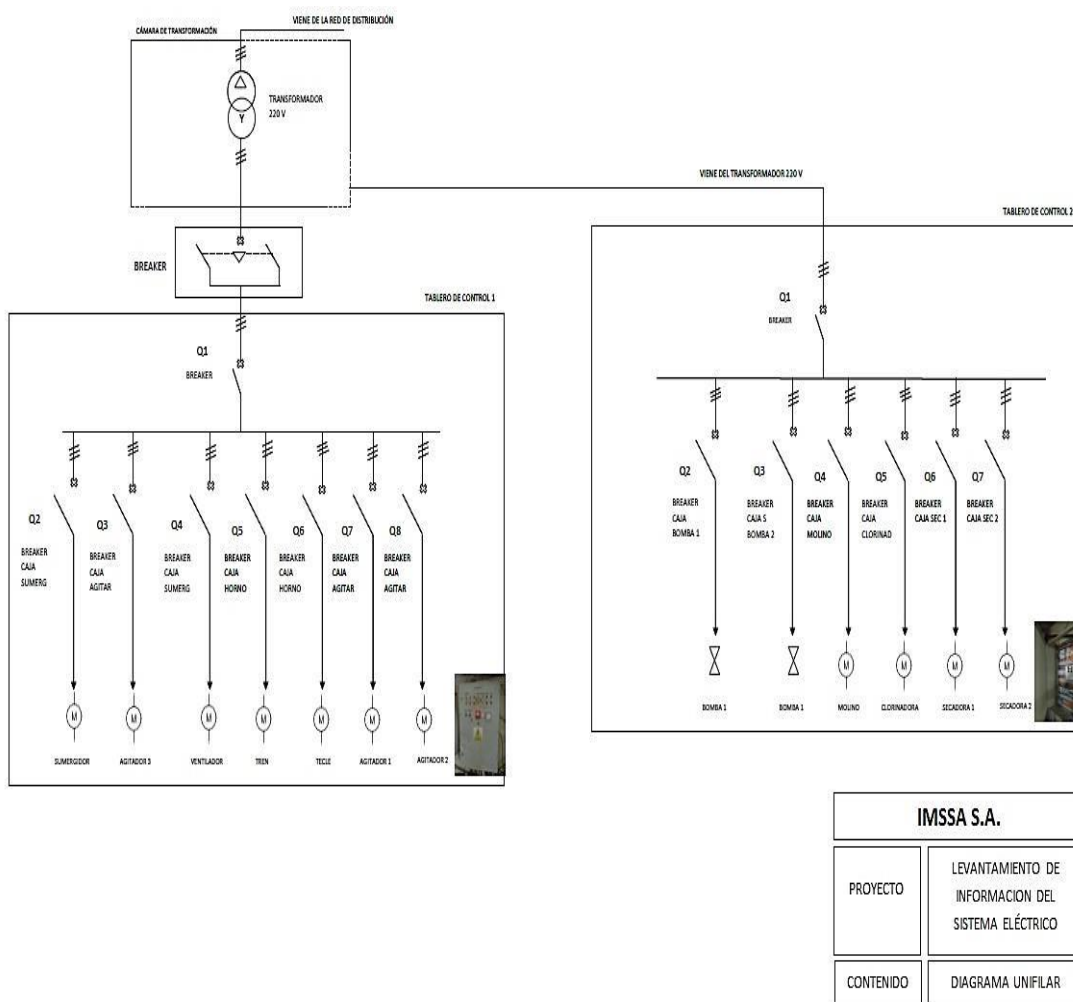


Figura 16. Diagrama Unifilar de Industrias IMSSA S.A.

2.4.1. Propuesta de ahorro de energía eléctrica

2.4.1.1. Ahorro energético en el área de producción

En esta área se consume la mayor cantidad de energía eléctrica, representada por el 33% del total de energía consumida.

Para reducir el consumo se plantea:

a. Cambio a motores de alta eficiencia,

Los motores de alta eficiencia demandan menos energía reactiva, representando ahorros económicos en la factura eléctrica. Son 20% más caros que los motores estándar o tradicionales pero son 5% más eficientes, tienen una vida útil de 10 años (UCATEE, 2009). Además, los equipos tienen que estar correctamente dimensionados dependiendo de la operación que van a realizar. Debe tenerse en cuenta una sobredimensión del motor del 5 al 15% de la potencia necesaria (Universidad del Atlántico, 2013).

b. Usos de dispositivos de arranque de motores

Al momento de arrancar un motor demanda de mayor cantidad de corriente que en su funcionamiento normal y si el motor arranca en plena carga podría ocasionar problemas mecánicos que deterioran al motor y disminuye su vida útil. Otra de las ventajas al usar dispositivos de arranque es que disminuyen las pérdidas magnéticas y mejoran la temperatura del motor (UCATEE, 2009).

c. Utilización de variadores de velocidad

Generalmente los motores eléctricos no operan a la velocidad nominal de placa, variando la misma de acuerdo a la carga del motor. Los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad del motor dependiendo de su necesidad o su punto óptimo de operación. Estos dispositivos, permiten reducir el consumo de energía, prolongando la vida útil del motor, menora el ruido generado, etc., (UCATEE, 2009).

2.4.1.2. Ahorro energético en el área de lavado

El área de lavado de guantes consume el 13,6% (8078,4kWh por año) de la energía eléctrica total, ocupa el cuarto lugar en consumo energético de la fábrica. Los principales procesos que se desarrollan en el área son el lavado de guantes en la clorinadora y la extracción de agua desde el estero s/n. Se utilizan dos bombas de agua, una de ellas envía agua desde el estero hasta la fábrica a una cisterna de almacenamiento. La segunda bomba se encarga de repartir agua desde la cisterna a la clorinadora.

Para reducir el consumo energético se plantea:

a. Controlar las fugas de agua en el tanque elevado

Actualmente, existen fugas en el tanque elevado que alimenta a la clorinadora. Su reparación ayuda a reducir el consumo de agua y por consiguiente disminuye la demanda de energía en el área.

b. Sistema de recolección de agua lluvia

La construcción de un sistema de recolección de agua lluvia reduce el consumo de agua del estero, la actividad se puede realizar durante la época de invierno, de esta manera, se evita una obstrucción en la bomba por exceso de sólidos suspendidos en el agua, algo muy común en época de invierno.

El sistema consta de los siguientes componentes: área de captación o techo, recolección y conducción del agua, interceptor de las primeras aguas lluvia y un tanque de almacenamiento (OPS, 2004).

c. Reutilización de agua

Se ha determinado que por cada proceso de lavado de guantes se consume aproximadamente 1 metro cúbico de agua, ésta, contiene únicamente cloro como agente adicionado, se plantea realizar un pre-tratamiento del agua mediante filtración para que el líquido pueda ser aprovechado nuevamente en el proceso. Es importante, que se evite la reutilización del agua en la caldera.

2.4.1.3. Ahorro energético en Oficina

a. Mejorar el uso del aire acondicionado

El consumo de energía en el área de oficina se ve representado por la utilización del aire acondicionado. Esta área, ocupa el tercer lugar en cuanto a consumo de energía eléctrica.

Según el personal que labora en oficina, todos los artefactos eléctricos como equipo de computación, impresoras, aire acondicionado, modem wifi e iluminación; son encendidos a las 7 am y son apagados a las 7 pm, al culminar con las labores.

Para reducir el consumo energético se plantea las siguientes actividades:

- Reducir el uso del aire acondicionado en las 3 primeras horas de la mañana. Se recomienda abrir las ventanas y la puerta. El consumo actual del aire acondicionado es de 330 kWh al mes, con la implementación de la medida el consumo se reduce a 247 kWh.
- Subir la temperatura del acondicionador de aire, actualmente el equipo está regulado para ofrecer 17°C, mientras que lo recomendable es regular la temperatura de 24-25°C, suficientes para mantener el confort (ENFORCE, 2010).
- Durante el funcionamiento del aire acondicionado se debe mantener totalmente aislado el lugar, es decir, se debe mantener cerrado la puerta y las ventanas con el fin de evitar pérdidas.
- Al finalizar la jornada se debe dejar desconectados los equipos eléctricos.

b. Iluminación

Los mayores consumos de energía para iluminación se encuentran en el área de empaque y oficina con 220 kWh de consumo al mes.

Como medidas de ahorro energético se plantea lo siguiente:

- La implementación de dos laminas tragaluz en el techo del área de empaque, esta medida evitaría el uso de luz artificial durante el día.
- Cambiar la lámparas comunes por luminarias LED, se caracterizan por su larga vida útil de 50000 horas, su bajo consumo de energía ya que aprovecha el 98% de energía

transformándola en luz y no en calor; y además son menos contaminantes (Sylvania, 2015).

2.4.2. Propuesta de ahorro de combustible

2.4.2.1. Ahorro de combustible en horno

a. Reutilización de calor de los gases

Los gases de escape son una fuente de energía térmica que generalmente es desperdiciada siendo enviada al ambiente, representando una fuente importante de contaminación.

La temperatura de los gases de escape de diésel oscilan entre temperaturas de 500 °C a 600 °C y los componentes comunes de los gases monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos, aldehídos y hollín (Vazquez, 2014).

Una forma de ahorrar combustible es usando el calor de los gases de escape para precalentar el aire de combustión a través de un intercambiador de calor de esta manera la demanda de energía disminuye al reducirse la variación de temperatura del sistema (UCATEE, 2009).

Los gases de escape también pueden ser recirculados en la entrada del horno y para precalentar los guantes antes de entrar, al incrementar la temperatura en la entrada o en los guantes permite ahorrar combustible ya que no se requiere de una temperatura más alta.

b. Utilización de Magnetizer (Full Optimiser)

Un magnetizador de combustible es un elemento que funciona mediante un campo magnético, sirve básicamente para ionizar el combustible que es alimentado a procesos de combustión.

El Magnetizer es un equipo que permite reducir el consumo de combustible entre 10 a 20 % consiguiendo una combustión más completa y reduce las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera (Delgado, 2013).

Actualmente, el horno consume 3 galones de diésel por hora, con la implementación de la medida el consumo se reduce a 2,4 galones por hora.

2.4.2.2. Ahorro de combustible en el área de secado

a. Reemplazo de la secadora a gas por una secadora eléctrica

Actualmente, la secadora a gas consume una bombona de metano de 15 kg por día, el gas industrial tiene un costo de 13,50 USD a este valor sumado los costos de comercialización y distribución el precio del gas alcanza los \$ 24, esto le representa a la industria un costo mensual de 528 USD (Cáceres, 2013).

Además, el uso del gas como combustible contamina severamente al ambiente, siendo el metano uno de los gases más destructores de la capa de ozono.

La secadora eléctrica basa su principio de funcionamiento utilizando una bobina la que se calienta lentamente, unas de las ventajas de la secadora es que permite regular la temperatura y disminuir el tiempo de secado.

Una secadora eléctrica común consume 12,4 kW de potencia, en la fábrica el consumo mensual sería de 3273,6 kWh. El kWh en el país para el sector industrial tiene un costo de 0,09 dólares suponiendo un valor mensual de 285 dólares.

b. Utilización de Magnetizer (Full Optimiser) en la caldera

El campo magnético que genera el Magnetizer ioniza el combustible controlando las cargas, esto permite una combustión más completa del combustible reduciendo su consumo entre 10 y 20% como ya se mencionó anteriormente. La caldera consume un galón de diésel por hora, con la implementación de la medida se reduce a 0,8 galones de diésel.

c. Aislamiento de redes de vapor

La tubería que conduce el vapor a la secadora no tiene aislante para evitar la pérdida de calor, aunque la distancia aproximada es de 1,5 metros, hay una pérdida de calor de 53,6 W. al igual que la tubería del vapor condensado que regresa a la caldera no tiene aislante.

La materia prima de industrias IMSSA S.A. es el látex natural con el que fabrica guantes, por lo general en el proceso de control de calidad hay productos que no cumplen con las características comerciales y se consideran desechos. Se recomienda utilizar los guantes fuera de especificaciones como aislante en la tubería, para aprovechar los desechos generados o bien recurrir al uso de aislantes como la fibra de vidrio, roca o cerámica para evitar las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia de la secadora y caldera.

Al disminuir la pérdida de calor, aumenta la temperatura del vapor al llegar a la secadora, esto a su vez disminuye el tiempo de secado y como consecuencia se reducen el consumo de energía eléctrica en la secadora.

Al usar un aislante térmico en la tubería de recirculación de condensados también se reduce la pérdida de calor del condensado, es decir el fluido llega a la caldera con mayor temperatura, por lo tanto a variación de temperatura se reduce y a su vez se disminuye el consumo de combustible en la caldera.

d. Tratamiento de agua para la caldera.

Las sales de calcio y magnesio son los minerales que caracterizan a las aguas duras y que generalmente están contenidas en las aguas naturales. También, se encuentran partículas en suspensión que forman depósitos e incrustaciones en el fondo de la caldera. Los sulfatos que se encuentran en el agua pueden adherirse a las paredes de la caldera y causar deterioro por encostramiento del material. Y otros elementos como el hierro, cobre, materia orgánica, sólidos disueltos causan deterioro a la caldera reduciendo su tiempo de vida útil.

El agua que ingresa a la caldera debe ser de calidad mediante:

- Tratamiento físico- químico del agua por medio de filtración para retener los minerales y materia orgánica que se encuentra en el agua. Después, el uso de ablandadores para contrarrestar las sales de calcio y magnesio.
- Tratamiento interno del agua en la caldera mediante la adición de productos químicos como los ablandadores.

- Tratamiento a los condensados, en la tubería por donde circula el agua al contener oxígeno este corroe el material de la tubería llevando consigo resto de metales a la caldera.
- e. Mantenimiento preventivo de la caldera

Un correcto mantenimiento preventivo es importante para evitar el mal funcionamiento de la caldera, para ello se debe:

- Realizar actividades diarias de vigilancia a la temperatura del agua tanto del vapor como de los condensados.
- Realizar análisis del agua contenida en la caldera
- Comprobar el funcionamiento correcto de manómetro, termómetro y demás elementos que conforman con el fin de percatarse de alguna falla que pueda afectar al proceso y al equipo.
- Revisar las válvulas de seguridad
- Realizar limpieza del quemador, de los tubos por donde transita el humo, limpiar el hollín dentro de este.
- Cada año verificar el estado de corrosión dentro de la caldera, eliminar el agua, realizar pruebas de funcionamiento y evaluar.

2.4.3. Propuesta de mantenimiento preventivo

a. Limpieza de los motores eléctricos

Un motor eléctrico está formado por un rotor, un estator, un eje, bobinado y ventilador como partes principales. Frecuentemente, uno de los materiales que más deterioro sufren con el paso del tiempo son los aislantes y el bobinado.

Una de las fuentes de contaminación del bobinado son: aceites y grasas; polvo y suciedad; humedad y líquidos. Estas formas de contaminación no permiten una buena ventilación, muchas veces provocan un recalentamiento del motor y por lo tanto disminuye su vida útil (Motortico, 2014).

A continuación se presenta un procedimiento básico para la limpieza de los motores:

1. Revisar las condiciones del motor con el fin de detectar una contaminación que pueda estar afectando su funcionamiento.
2. Si hay corrosión, limpiar con un cepillo suave.
3. Si hay suciedad acumulada como grasas y aceites, usar líquido dieléctrico o solventes desengrasantes.
4. Luego de la limpieza secar el motor por medio de un horno o al aire libre, se recomienda realizar la actividad los fines de semana.

La frecuencia de limpieza se realiza dependiendo de las características del entorno, puede ser semanal o anual, queda a criterio técnico.

b. Cambio de placas de motores

Actualmente las placas de la mayoría de los motores de industrias IMSSA S.A. se encuentran en mal estado, es decir, no es posible realizar su lectura ya que los caracteres de información se encuentran desgastados y en otros casos las placas son muy antiguas, no están actualizadas.

Las características mínimas que debe tener un placa son nombre del fabricante o procedencia, código del motor, tipo de motor, tensión nominal, corriente nominal, frecuencia, potencia nominal del motor en kW, factor de potencia, eficiencia y velocidad nominal en revoluciones por minuto.

c. Realizar el mantenimiento preventivo de los equipos

Es importante que la fábrica lleve un control del funcionamiento de los equipos para evitar problemas futuros en la producción. Para ello, se recomienda la implementación de una hoja de registro de mantenimiento preventivo en la que consten fecha, nombre del equipo, tipo de control, responsable, duración, área y proceso.

d. Realizar análisis de la calidad de energía

La calidad de energía permite conocer si las instalaciones son adecuadas para soportar y garantizar un buen funcionamiento de las cargas eléctricas; su análisis ayuda a describir la calidad del servicio eléctrico recibido, si el suministro ofrece tensiones equilibradas, sinusoidales, de amplitud y frecuencias constantes (Holguin & Gomez, 2010).

Sí se recibe un servicio eléctrico con perturbaciones, se puede afectar la producción, ya que se vería interrumpida. Por lo tanto, habría pérdidas económicas ya que el coste energético aumentaría debido a la aplicación de penalizaciones por factores de potencia bajos o por picos elevados de consumo (Fluke, 2015).

2.5. Análisis económico

El costo de construcción de la presente propuesta tiene un valor de \$ 2136,00. Los costos de operación y mantenimiento de la propuesta tecnológica se explican en la siguiente tabla de manera unificada ya que no se trata de un solo equipo o sistema específico, si no de medidas de ahorro energético que el beneficiado puede programar e implementar dependiendo de su alcance técnico y económico.

En la Tabla 13 se observan los costos de implementación de las medidas de ahorro planteadas en el programa.

Tabla 13. Análisis económico de implementación de medidas de ahorro energético en Industrias IMSSA S.A.

Medida propuesta	Unidades	Costo de implementación (USD)	Cantidad	Total (USD)
Cambio a motores de alta eficiencia	Unidad	3000	3	9000
Dispositivos de arranque	Unidad	100	11	1100
Variadores de velocidad	Unidad	260	11	2860
Control de fugas de agua en el tanque elevado	Sistema	200	1	200
Sistema de recolección de agua lluvia	Sistema	600	1	600
Reutilización de agua	Sistema	200	1	200
Mejorar el uso del aire acondicionado	-	0		0
Dos planchas traga luz	Unidad	30	2	60
Cambio a lámparas LED	Unidad	70	8	560
Reutilización de calor de los gases	Unidad	20	1	20
Utilización de Magnetizer	Unidad	30	2	60
Reemplazo de secadora a gas por una secadora eléctrica	Unidad	3500	1	3500
Aislamiento de redes de vapor	-	0		0
Tratamiento de agua para caldera	Sistema	500		500
Mantenimiento preventivo de caldera	-	0		0
Limpieza de motores eléctrico	-	100		100
Cambio de placas de motores	Unidad	15	11	165
Análisis de calidad de energía	Sistema	2500	1	2500
Total				21425

III. CONCLUSIONES

El presente trabajo se llevó a cabo gracias a la información otorgada por el administrador de Industrias IMSSA S.A. y a través de las placas y fichas técnicas de los equipos que funcionan en la fábrica.

IMSSA S.A. tiene un promedio de consumo de energía eléctrica de 59625 kWh/año, con un consumo mensual de 4967 kWh. En lo que corresponde a consumo de diesel es de aproximadamente 12000 Gal/año, con un promedio de 1000 Gal/mes. La cantidad de gas que consume la secadora a gas es de 3960 Kg de gas anual con un consumo mensual de 330 kg.

El proceso en el cual existe mayor consumo de energía eléctrica es en molido de químicos en el área de mezcla, con un consumo promedio de aproximadamente 17000 kWh/año; sin embargo el área donde se consume la mayor cantidad de energía es el área de producción con un consumo promedio de aproximadamente 19600 kWh/año representando el 33% de energía eléctrica total consumida.

El mayor consumo de diésel se realiza en el área de producción, en el proceso de vulcanizado de guantes con un consumo promedio de 9500 galones al año, mientras que en el área de secado, la caldera consume 790 Gal/año. El consumo de gas se realiza únicamente en la secadora a gas.

Las alternativas que se proponen para reducir el consumo de energía son planteadas mediante programas, dependiendo del tipo de energía utilizada. Es así, que el programa de ahorro de energía eléctrica se enfoca a los motores mediante el uso de dispositivos, a buen uso del equipo de calefacción en oficina, a un control de la iluminación y a reducir el consumo de energía eléctrica en el área de lavado mediante la reducción del consumo de agua con el uso de prácticas sostenibles.

El programa de ahorro de combustible se enfoca en el aprovechamiento del calor residual que se encuentra en los gases de escape, al uso de dispositivos que optimicen el consumo de diésel en el horno y la caldera. En el área de secado se pretende también reducir el consumo de diésel en la caldera reduciendo de pérdidas de calor mediante el aislamiento de tubería y un buen manejo del equipo.

Para reducir el consumo de gas se ha planteado el reemplazo de la secadora a gas por una secadora eléctrica como un medio de evitar las emisiones de gas contaminante al aire y reducción de costos debido a que la electricidad en el país es más barato que el diésel.

La empresa al implementar esta propuesta de eficiencia energética contribuye al desarrollo sostenible del país mediante una producción más limpia, se recomienda que la fábrica aplique a incentivos ambientales que ofrece el Ministerio del Ambiente como son la Certificación Ecuatoriana Punto Verde con el Acuerdo Ministerial 225 y al incentivo autorización ambiental del acuerdo ministerial 027 para la deducción adicional del 100% de la depreciación de máquinas, equipos y tecnologías destinadas a la implementación de mecanismo de producción más limpia (MAE, 2016).

REFERENCIAS

- Acurio, J. G. (mayo de 2014). Estudio técnico-económico de eficiencia energética, en el sistema de distribución de agua industrial en la planta de aves Valle Hermoso, 2013. Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsachilas , Ecuador.
- Agencia de Andalucía de la energía. (2011). *Metodología para la elaboración de Auditorías Energéticas en la Industria*. Sevilla: Servigraf Artes graficas.
- Cáceres, D. (10 de 08 de 2013). El sector comercial hace mal uso de gas subsidiado. *El Tiempo*, pág. en línea.
- Cahueque, R. A. (2012). *Diseño de una línea de inmersión para la producción de guantes a partir de látex natural en Guatemala*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa*. México : The McGraw-Hill Companies.
- Cengel, Y., & Boles , M. (2011). *Termodinámica* (6ta edición ed.). Madrid, España : McGRAW HILL.
- Delgado, J. W. (2013). *Eficiencia Energética en la Industria de Lácteos San Antonio de Cuenca*.
- elcometer. (23 de 11 de 2015). *elcometer, equipos de inspección*. Recuperado el 12 de 2015, de http://www.elcometer.com/images/stories/PDFs/Datasheets/Spanish/viscosity_cups.pdf
- Energía, A. d. (2011). *Metodología para la elaboración de Auditorías Energéticas en la Industria*. Sevilla: Servigraf Artes graficas.
- Energiza. (2015). *Energiza understanding Energy*. Recuperado el 8 de 11 de 2015, de Diagnóstico energético: <http://www.energiza.biz/diagnostico-energetico/>

- Energizar. (2016). *Biogas* . Recuperado el 28 de 01 de 2016, de Desarrollo Tecnológico : http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_humano_proyectos_biogas_familias_en_que_consiste.html
- ENFORCE, E. (2010). *Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios* . Madrid - España: escan s.a. .
- Espinosa, C. (30 de 12 de 2014). *INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energetica y Energias Renovables)*. Recuperado el 07 de 2015, de Eficiencia Energetica: <http://www.iner.gob.ec/2014/12/>
- FAO. (1996). *Secado de granos y secadoras* . Recuperado el 01 de 2016, de Depósitos de documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/x5028s/X5028S00.htm#Contents>
- Fluke. (2015). *Calidad de la energía eléctrica* . Recuperado el 1 de 02 de 2016, de Instrumentos para el analisis de la calidad de energía eléctrica: <http://www.fluke.com/fluke/es/products/calidad-energia-electrica>
- Golato, M. A., Franck, F. J., Aso, G., Correa, C. A., & Paz, D. (2008). Metodología de Cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. *Revista Industrial y Agrícola de Tucuman*, 17-31.
- Holguin, M., & Gomez, D. (2010). *Analisis de la calidad de energia electrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana*. Guayaquil.
- IES. (s.f.). *Scalofrios*. Recuperado el 01 de 2016, de Tema 3. rendimiento energético de una caldera: http://www.scalofrios.es/eficiencia/EE_calor/EEI%20-Tema%203.%20Rendimiento%20de%20una%20caldera.pdf
- INER. (2014). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Recuperado el 18 de 07 de 2015
- Innovation, A. C. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Teritorial. GAD PARROQUIAL RURAL "LUZ DE AMÉRICA"*. Parroquia Luz de América, Santo Domingo.

- MAE, M. (2016). *Punto verde* . Recuperado el 12 de 02 de 2016, de <http://www.ambiente.gob.ec/punto-verde/>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería química*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Motortico. (06 de 2014). *Limpieza y re-barnizado de bobinados*. Recuperado el 28 de 01 de 2016, de <http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2014%20JUN%20-%20Limpieza%20y%20rebarnizado%20de%20bobinados.pdf>
- OPS, O. (2004). *Guía de diseno para la captacion de agua lluvia*. Recuperado el 01 de 2016, de bvsde: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>
- Sectores Estrategicos, M. C. (2013). *Balance Energético Nacional 2013 año base 2012*. Quito: Mantra, Comunicacion integral y Produccion editorial.
- Sylvania. (2015). *SYLVANIA*. Recuperado el enero de 27 de 2016, de <http://sylvania.com.ec/>
- UCATEE, U. (2009). *Manual de eficiencia energética para MYPES*. Recuperado el 29 de 01 de 2016, de <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=2DEPeTJl68k%3D&tabid=1887>
- Universidad del Atlántico. (2013). *Eficiencia energética en motores electricos* . Recuperado el 27 de 01 de 2016, de Colciencias: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/motores.pdf>
- Urrego, W., & Álvarez , M. (2014). Relación entre el calor de vulcanización y la densidad de entrecruzamiento de mezclas reforzadas de caucho natural colombiano y caucho estireno butadieno (NR-SBR). *Revista Colombiana de Materiales*(5), 28-34.
- Vargas, J. W. (2010). *Evaluación de un circuito de molienda y clasificación*. Recuperado el 12 de 2015, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16331/1/Evaluacion%20de%20un%20Circuito%20de%20Molienda%20y%20Clasificacion.pdf>

Vazquez, F. (2014). *Gases de escape y sistemas anticontaminacion*. Recuperado el 27 de 01 de 2016, de Taringa: <http://www.taringa.net/post/autos-motos/16136338/Gases-de-Escape-y-Sistemas-Anticontaminacion-2da-Parte.html>