

**UNIVERSIDAD APEC  
UNAPEC**



**Decanato de Ingeniería e Informática  
Escuela de Ingeniería**

**“Implementación de Producción más Limpia en  
una Empresa Manufacturera de Productos  
Médicos, PIISA (ITABO)”**

Sustentantes:

<b>Pamela Suazo Morel</b>	<b>2006-1973</b>
<b>Anyelisse Abad Casilla</b>	<b>2006-2155</b>
<b>Evelyn Martínez Cuevas</b>	<b>2007-0012</b>

Asesor:

**Ing. Fernando López**

Monografía para Optar por el Título de:  
**Ingeniería Industrial**

**Santo Domingo, D.N.  
Abril, 2011**

**“Los conceptos expuestos en esta investigación son de la exclusiva  
responsabilidad de sus autores”.**

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>X</b>
<b>CAPITULO I. ¿Qué es Producción más limpia?.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ¿Qué es producción más limpia?.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos de la producción más limpia.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Las cuatro acciones de la producción Limpia.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Contaminación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Desarrollo sostenible.....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Organizaciones, cumbres y leyes que promueven la producción         amigable.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.1 ROHS.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.2 Convención de Basilea.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.3 Convención de cambio climático.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6.4 Protocolo de Montreal.....</b>	<b>5</b>

1.6.5	Convención de Estocolmo.....	5
1.7	Técnicas de producción más limpia.....	6
<b>CAPITULO II. Introducción a la empresa y sus procesos.....</b>		<b>7</b>
2.1	Introducción a la empresa y sus procesos.....	8
2.2	Visión .....	8
2.3	Objetivos.....	8
2.4	Sedes y productos de la empresa.....	9
2.5	Línea y Producto seleccionado.....	10
2.6	Descripción de las operaciones del proceso.....	11
2.6.1	Stripping y tinning al cable de truwave DPT.....	12
2.6.2	Soldadura del sensor para Truwave DPT.....	14
2.6.3	Pegado del sensor al housing.....	17
2.6.4	Pegado del Backplate para Truwave DPT.....	20
2.6.5	Pegado del stopcock para Truwave DPT.....	22
2.6.6	Inspección Visual y empaque final.....	24
2.6.7	Diagrama de Flujo del Proceso (Producto).....	24
<b>CAPITULO III. Balance de energía.....</b>		<b>28</b>
3.1	Balance de energía.....	28

<b>3.2</b>	<b>Energía eléctrica.....</b>	<b>29</b>
3.2.1	Transformación y división de la Energía Eléctrica proveniente de (subestación de PIISA). ....	30
<b>3.3</b>	<b>Distribución de las maquinarias de la línea Truwave.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b>Datos de cantidad y costo de electricidad.....</b>	<b>31</b>
3.4.1	Promedio del costo mensual de la energía utilizada.....	33
<b>3.5</b>	<b>Estudio de caso energético.....</b>	<b>34</b>
3.5.1	Iluminación Eficiente.....	35
3.5.1.1	Sistema de iluminación actual.....	36
3.5.1.2	Sistema de Iluminación Ecoeficiente.....	36
3.5.2	Especificaciones generales de ambas lámparas.....	37
3.5.3	Propuesta para la iluminación Ecoeficiente: F32T8/SP65/ECO.	37
3.5.4	Ventajas de Iluminación Ecoeficiente.....	38
3.5.5	Calculo de eficiencia energética.....	38
<b>3.6</b>	<b>Tiempo de vida.....</b>	<b>41</b>
<b>3.7</b>	<b>Índice de eficiencia de los sistemas de iluminación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.8</b>	<b>Criterios económicos de selección.....</b>	<b>43</b>
<b>3.9</b>	<b>Factibilidad de cambio de iluminaria para la empresa.....</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo IV.</b>	<b>Balance de materia.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Balance de materia.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Evaluación del caso.....</b>	<b>51</b>
4.2.1	Descripción de los defectos.....	53

4.2.2	Casos relacionados con adhesivos.....	55
<b>4.3</b>	<b>Análisis del estaño.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4</b>	<b>Desventajas del plomo.....</b>	<b>58</b>
<b>4.5</b>	<b>Normativas y tendencias gubernamentales en el mundo.....</b>	<b>60</b>
<b>4.6</b>	<b>Soldadura sin Plomo.....</b>	<b>60</b>
<b>4.7</b>	<b>Tendencia del mercado.....</b>	<b>61</b>
<b>4.8</b>	<b>Diferencias entre las aleaciones SAC's.....</b>	<b>61</b>
<b>4.9</b>	<b>Aleaciones probadas para lead-free.....</b>	<b>62</b>
<b>4.10</b>	<b>Costos de las diferentes aleaciones.....</b>	<b>63</b>
<b>4.11</b>	<b>Aleación de estaño seleccionada.....</b>	<b>63</b>
<b>4.12</b>	<b>Características.....</b>	<b>63</b>
<b>4.13</b>	<b>Ventajas del uso del estaño sin plomo.....</b>	<b>64</b>
	4.13.1 Ventajas de la soldadura sin plomo.....	64
<b>4.14</b>	<b>Ajuste al proceso recomendaciones.....</b>	<b>65</b>
<b>4.15</b>	<b>Soldadura Libre de Plomo - 95.5Sn/3.8Ag/0.7Cu.....</b>	<b>66</b>
	4.15.1 Beneficios.....	66
	4.15.2 Usos.....	67
<b>4.16</b>	<b>Propuestas de cambio a lead free.....</b>	<b>67</b>

<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO #1.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO #2.....</b>	<b>102</b>

## **Agradecimientos.**

A Dios, por brindarnos la dicha de la salud, bienestar físico, espiritual y educación.

A nuestros padres, familia y amigos, como agradecimiento a su esfuerzo, amor y apoyo incondicional, durante nuestra formación tanto personal como profesional.

A nuestros profesores, por brindarnos su guía y sabiduría en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigas y compañeras en las batallas Anyelisse, Pamela, Mariela, Dennys, Austria, Silvia, Paola, Anabelle, Carolina, Gracias chicas estamos logrando nuestros objetivos.

**Evelyn Martínez.**

En primer lugar a Dios, pues sin El en nuestras vidas no sería nada posible. Nuestra fe siempre será el motor que impulse cada proyecto a emprender en nuestras vidas.

A mis padres, por su amor, apoyo y por su confianza en mí. Por su esfuerzo para que tuviera la educación y la formación necesaria para ser una persona de bien y formarme como profesional.

A mi hermana, mis tíos, mis primos y demás familiares por creer siempre en mí y apoyarme en cada decisión que he tomado.

A mis asesores Trina Jesurum, Fernando López y Lady Bonilla por su aporte a la realización de este proyecto y su disposición a colaborar con nosotros. Al igual que a todos aquellos que aportaron a mi formación durante el trayecto de mi carrera, mis profesores y compañeros de monográfico.

A mi novio y mis amigas: Evelyn, Pamela, Mariela, Dennys, Anabelle, Silvia, Emely, Dilangi y Desiree por estar siempre conmigo y por su ayuda y apoyo en todo momento y porque su compañía nunca faltó en momentos difíciles.

**Anyelisse Abad.**

A Dios por brindarnos la dicha de tener a personas cuidándote y apoyándote.

A mis padres y familia por estar a mi lado siempre, por confiar en mí y darme la oportunidad de estudiar y ser una persona de bien en este mundo.

Agradezco a mis amigos, que siempre me apoyaron y compartieron los mejores momentos de mi vida, siempre conmigo disfrutando y sonriendo a mi lado.

A mis asesores, Fernando López, Lady Bonilla y Trina Jesurum, por apoyarnos y guiarnos a través de nuestros estudios y trabajo de monografía, ayudándonos a convertirnos en jóvenes profesionales del mañana.

**Pamela Suazo.**

## **Dedicatorias.**

Para mi Dios que puso siempre los medios para el logro de mis objetivos; me dio la fortaleza espiritual y física.

### **A mis Padres, Mariano Martínez y Ana Cuevas.**

Por apoyarme en todo momento y enseñarme a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

### **A mi novio**

Edwin Sánchez por su paciencia, su comprensión, su empeño, su fuerza, su amor, por ser tal y como es.

### **A mis abuelos.**

Mariano, Carmen, Antonia por estar en los momentos en que mis padres necesitaron de la ayuda de ellos para nuestra crianza y educación.

### **A mi tía Cleo.**

Por ser ejemplo a seguir.

### **A mis hermanos Salvador y Alfredo.**

Por mantener siempre su confianza en mí y estar a mi disposición sin importar la situación en la que se encuentren.

**Evelyn Martínez**

**A Dios,**

Pues El es el señor todo poderoso que me ha mantenido en pie y no me deja desfallecer. Porque por mi fe he podido llegar donde estoy y he mantenido la fortaleza para seguir adelante.

**A mis padres,**

Yvelisse Casilla y Apolinar Abad quienes me han dado su amor y apoyo incondicional para llegar a las metas que me he propuesto. Con la formación, principios y valores que han implantado en mí durante todo este tiempo he podido hacer las cosas del modo correcto y siempre con la frente en alto. Por toda la confianza depositada en mi en todo momento.

**A mi hermana,**

Yaniris Abad por ser mi mejor amiga y apoyo incondicional en todo momento.

**A mi novio,**

Oscar Ramos por su amor, apoyo y ayuda incondicional. En todo momento ha sido mi sustento y sus palabras siempre de aliento me dan fuerzas para seguir.

**A mis abuelos,**

Zeneida Cuello y Tomas Casilla por ser mi luz y esperanza; porque con su amor y comprensión siempre me han dado un motivo para seguir. Por ser mi ejemplo a seguir y mi inspiración.

**Anyelisse Abad**

### **A Dios**

Por cuidarme, bendecirme con una familia tan maravillosa y por ser mi guía y luz en la vida.

### **A mis padres Alfredo Suazo y Leónidas Morel.**

Por estar siempre a mi lado cuidándome y dándome su apoyo para que no me rinda nunca y llegar ahora donde estoy. Porque estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles y a pesar de mis errores siempre me aconsejaron y guiaron por el buen camino e hicieron de mi alguien de provecho.

### **A mis tíos Rolando Morel, Darío Berroa y Casilda Morel.**

Por mantener siempre su confianza en mí, por animarme, darme su apoyo, amor y cariño, por tenerme siempre en cuenta y pensar en mí y mi bienestar.

### **A mi abuela Anita Morel y mis demás familiares.**

Por brindarme su amor y cariño, porque siempre estuvo conmigo apoyándome. Porque sin su apoyo y comprensión no podría haber llegado tan lejos.

### **A mis amigos.**

Que siempre estuvieron conmigo en las buenas y las malas, que siempre me aceptaron como soy y siempre recibí de ellos palabras confortantes y consejos que nunca olvidare.

**Pamela Suazo**

## **RESUMEN.**

El concepto de Producción Más Limpia ha alcanzado reconocimiento a nivel mundial como una estrategia preventiva para la protección del medio ambiente en las empresas. De acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), la Producción Más Limpia (PML) es la aplicación continua a los procesos, productos, y servicios, de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente.

Para la realización de este estudio de caso elegimos una empresa de manufactura dedicada a producir tecnologías destinadas a tratar problemas específicos de los pacientes, incluyendo la enfermedad valvular cardiaca y las necesidades de cuidados intensivos, ubicada en el Parque Industrial de Itabo S.A (PIISA), la cual tiene más de 50 años fundada con Cede en California y opera en la República Dominicana desde hace mas de 10 años. Posee un personal que supera los 1,500 empleados entre los tres turnos trabajados (A, B y C).

La evaluación de aplicaciones de mejoras de PmL se está ejecutando por las estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad APEC: Anyelisse Abad, Evelyn Martínez y Pamela Suazo. La misma se aplica a una línea de producción

dedicada a la manufactura del cable DPT TruWave el cual envía la información sobre la presión sanguínea obtenida mediante un catéter, este toma una muestra de sangre y la envía a un sistema de monitorización de la presión del paciente, y el mismo despliega en su pantalla el resultado del monitoreo. El objetivo general de nuestra investigación es evaluar la utilización de materias primas, insumos, energía, así como otros aspectos a fin de disminuir la generación de residuos, tanto líquidos como sólidos y lograr un balance de energía eficiente, para así poder obtener una producción más limpia.

Los principales potenciales de mejora se identificaron en el área de soldado y estañado, en cuyas áreas se utiliza estaño con plomo entre sus componentes; además de la disminución de la cantidad de energía eléctrica utilizada en las luminarias del cuarto limpio. Estos puntos fueron evaluados y para la resolución de los mismos se concluyo que el estaño con plomo puede ser sustituido por estaño sin plomo, así como las luminarias T12 de 54W que pueden ser sustituidas por unas T8 de 32W.

Con el cambio del estaño con plomo por el estaño sin plomo no se lograra un beneficio monetario tangible, pues la aleación propuesta resulta más costosa que la utilizada por la empresa, pero los aportes a la salud de sus empleados

como también a la reducción de la contaminación por plomo hacia el medioambiente genera un logro cumplido con las generaciones futuras en la preservación de su habita. En cuanto a la energía se obtiene una reducción del consumo eléctrico considerable de forma tal que puede cubrir con los costos que acarrea la utilización de un material sin plomo.

En términos de competitividad se identificaron ventajas tales como mejor imagen ante la competencia, pues una empresa en la cual se produzca con menor afección al medioambiente queda mejor posicionada tanto en términos de cumplimiento de normas del medioambientales y estándares internacionales, como menores amenazas para la salud de sus empleados obteniendo así una mejor producción y calidad en sus productos, pues se logra que el empleado trabaje con eficiencia y de una manera más ergonómica. Por otro lado se agregan beneficios para el medioambiente pues se genera una menor cantidad de desechos tóxicos con una reducción de aproximadamente un 5% de los mismos, ayudando de esta manera a la disminución del daño al ecosistema.

## INTRODUCCIÓN.

Producción más limpia está orientada principalmente a industrias que mediante su actividad causan efectos sobre el medioambiente, y tienen consumos significativos de recursos naturales y energía. El futuro de nuestro planeta demanda de un cambio de cultura y que esta valla dirigida a asegurar un patrón sostenible de producción eco-eficiente; por tal razón hay olas de movimientos y ONGs que buscan desarrollar este patrón entre ellas se presentan la *Convención de Basilea, Protocolo de Kyoto, Protocolo de Montreal, Convención de Estocolmo, Cumbre de rio, regulaciones RoHS (regulación de productos electrónico con plomo)* y la actual ley de medioambiente y recursos naturales promulgada en la Rep. Dom. Ley 6400.

Con el análisis de Producción más limpia (PmL) en esta empresa farmacéutica, que se encarga de la fabricación de dispositivos médicos de válvulas cardíacas y control hemodinámico, queremos lograr un uso más eficiente de las materias primas, energía y otros insumos en los procesos, además de una mejora en el tratamiento final y disposición de los desechos, más un mejoramiento constante para la imagen pública de la empresa con el cumplimiento de las normas

ambientales vigentes, que son puntos críticos para la empresa por el tipo de producto que elabora y la confianza que debe desarrollar en sus clientes.

Con este proyecto queremos aportar mejoras que garanticen que la fabricación de estos productos (que ayudan en un 100% a la calidad de vida de los seres humano), puedan garantizar que su fabricación no será nociva al medio que le rodea ni a sus empleados. La PmL viene a proveer un balance entre los procesos productivos de esta empresa farmacéutica y el medioambiente. El objetivo general de las medidas de Producción Más Limpia tiene dos enfoques: Por un lado, la PML es una estrategia para mejorar la ecoeficiencia de los procesos en empresas mediante la optimización de los flujos de materiales y de energía. Al mismo tiempo, el conocimiento de los procesos al nivel de la empresa debe llevar a asegurar un patrón sostenible de producción eco-eficiente.

A continuación el desglose de nuestro proyecto de implementación de producción más limpia en una empresa de manufactura de dispositivos médicos.

# **Capítulo I:**

## **¿Qué es Producción más limpia?**

# Capítulo I

## 1.1 ¿Qué es Producción más limpia?

Es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos pertinentes a los seres humanos y al medio ambiente (PNUMA)<sup>1</sup>.

La producción más limpia incorpora la práctica de prevención de la contaminación, de eficiencia energética y las tres R” (Rehusó, reciclaje y recuperación).

## 1.2 Objetivo de la producción limpia.

Es minimizar emisiones tóxicas y de residuos, reduciendo así los riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad de las empresas.

## 1.3 Las cuatro acciones de la producción Limpia<sup>2</sup>.

- Minimización y consumo eficiente de agua y energía.

---

<sup>1</sup> Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) <http://www.unep.org/>

<sup>2</sup> Tomado de Producción Más Limpia en Colombia: Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia. CNPMLTA - CECODES

- Minimización de insumos tóxicos.
- Minimización del volumen de todas las emisiones que genere el proceso productivo.
- El mayor reciclaje posible en la planta

#### **1.4 Contaminación**

La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra que es ó podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para nuestros procesos industriales, para nuestras condiciones de viviendas o para nuestros recursos culturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas. (Science Advisory Board, de la EPA)

#### **1.5 Desarrollo Sostenible.**

Es el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente<sup>3</sup>. (Ley 6400, ley de medio ambiente, Cap.III. Art.16)

---

<sup>3</sup> (Ley 6400, ley de medio ambiente, Cap.III. Art.16).

## **1.6 Organizaciones, cumbres y leyes que promueven la producción amigable.**

### **1.6.1 RoHS.**

La directiva 2002/95/CE de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, (RoHS del inglés "Restriction of Hazardous Substances"), fue adoptada en febrero de 2003 por la Unión Europea. La directiva RoHS entró en vigor el 1 de julio de 2006. Restringe el uso de seis materiales peligrosos en la fabricación de varios tipos de equipos eléctricos y electrónicos. Está muy relacionada con la directiva de Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos (WEEE por sus siglas en inglés)<sup>4</sup>.

A menudo se hace mención a RoHS como la directiva "libre de plomo", pero restringe el uso de las siguientes seis sustancias:

Plomo, Mercurio, Cadmio, Cromo VI, PBB, PBDE

### **1.6.2 Convención de Basilea**

La convención de Basilea (Control de movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y su disposición) entró en vigor en 1992. Su objetivo es controlar el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, promover su manejo y disposición de forma ambientalmente adecuada, y prevenir el tráfico ilegal de residuos.

---

<sup>4</sup> Jennie S. Hwang (2004). *Introduction to Implementing Lead-Free Electronics*. McGraw-Hill Professional

### **1.6.3 Convención de cambio climático**

Protocolo de Kyoto. Durante la conferencia de Río en 1.992, 155 estados se comprometieron a definir límites de concentración de gases efecto invernadero en un nivel tal que se previniera cualquier perturbación peligrosa del sistema climático (1.990). Los gases efecto invernadero – especialmente el dióxido de carbono, el más abundante de origen antrópico – actúan como una capa sobre la superficie de la Tierra provocando el aumento de la temperatura del planeta.

### **1.6.4 Protocolo de Montreal**

Deterioro de la capa de ozono. La convención de Viena (1.985) y el subsiguiente protocolo de Montreal (1.987) acerca de “Sustancias que destruyen la capa de ozono”, pretenden “congelar” y reducir las sustancias destructoras de la capa de ozono fabricadas por el hombre, tales como clorofluorcarbonados (CFC’s), halógenos y una amplia gama de productos químicos industriales.

### **1.6.5 Convención de Estocolmo**

Contaminantes Orgánicos Persistentes. Los Compuestos Orgánicos Persistentes (COP’s), tales como dioxinas, furanos, PCB’s, etc., son sustancias químicas que persisten en el ambiente, se bio-acumulan a través de la cadena alimenticia, y presentan el riesgo de causar efectos adversos en la salud humana y el ambiente. El tratado está diseñado para eliminar o restringir severamente la

producción y uso de 12 COP's, con la posibilidad de incluir otros COP's en el futuro, para asegurar su manejo y transformación química de manera ambientalmente adecuada, y para prevenir la producción de nuevos químicos con características de COP's.

### **1.7 Técnicas de producción más limpia.**

- Mejoras en el proceso.
- Buenas prácticas operativas.
- Mantenimientos de Equipos.
- Reutilización y reciclaje.
- Cambios en las materias primas.
- Cambios de tecnología

**Capítulo II:**

**Introducción a la empresa y sus  
procesos.**

## Capítulo II.

### 2.1 Introducción a la empresa.

Es una compañía líder mundial en la ciencia de las válvulas del corazón y la monitorización hemodinámica. Los ingenieros y científicos de la empresa trabajan en estrecha colaboración con los especialistas clínicos más importantes de todo el mundo, lo que les permite desarrollar y comercializar nuevos productos y estar a la vanguardia de las nuevas técnicas de tratamiento. Muchas de estas innovaciones son líderes en todo el mundo, incluyendo válvulas cardíacas de reemplazo, productos de reparación y tecnologías de monitorización hemodinámica.

### 2.2 Visión<sup>5</sup>.

Esta empresa tiene la visión de convertirse en el líder mundial en el negocio de Manufactura de Dispositivos para el Monitoreo de la Presión Arterial.

### 2.3 Objetivos:

- Transformar el cuidado del paciente a través de innovadoras tecnologías.

---

<sup>5</sup> Información proporcionada por el departamento de RRHH, el nombre de la empresa se mantendrá en oculto durante el desarrollo del proyecto.

- Sobresalir como un socio confiable y líder global a través de la calidad de nuestro trabajo.
- Atraer y comprometer a los empleados talentosos.
- Fortalecer a nuestras comunidades y crear valor para los accionistas excepcionales.

#### **2.4 Sedes y productos.**

Con sede central en Irvine, California, esta organización potencia su investigación, diseño, desarrollo y experiencia de marketing para producir tecnologías destinadas a tratar problemas específicos de los pacientes, incluyendo la enfermedad valvular cardiaca y las necesidades de cuidados intensivos. Las marcas internacionales de esta empresa incluyen Carpentier, Cosgrove, SAPIEN, FloTrac, Fogarty, PERIMOUNT Magna y Swan-Ganz. La compañía proporciona productos y tecnologías en 100 países mediante ventas directas y distribuidores, y más del 90% de sus ventas proceden de productos líderes en el mercado internacional.

Sus productos se elaboran en plantas en <sup>6</sup>todo el mundo, incluyendo Estados Unidos, Puerto Rico, Singapur, Suiza y República Dominicana. La compañía cotiza en la Bolsa de Nueva York con ventas en el 2009: 1,300 millones de

---

<sup>6</sup> Información proporcionada por ejecutivos directos de la empresa.

dólares y un total de empleados de más de 6,300 en todo el mundo y sedes internacionales en Europa, Oriente Medio y África – Nyon, Suiza, Japón – Tokio, Asia Pacífico – Singapur, América Latina – Sao Paulo, Brasil. Sus instalaciones se encuentran en Irvine, California; Midvale, Utah; Haina, San Cristóbal, República Dominicana; Horw, Suiza; Anasco, Puerto Rico; Singap

### **2.5 Línea y producto seleccionado.**

Nuestros kits de monitorización de presión estándar TruWave son estériles y de un solo uso, y envían la información sobre la presión sanguínea obtenida mediante un catéter el cual toma una muestra de sangre y la envía a un sistema de monitorización de la presión del paciente, el cual despliega en su pantalla el resultado del monitoreo. Los kits TruWave pueden combinarse con el sistema VAMP (Venous Arterial Blood Management Protection o protección del control sanguíneo venoso y arterial) para conseguir un sistema de obtención de muestras de sangre sin agujas, cerrado, fiable y completo que proporciona lecturas precisas sobre la presión.



**(Imagen del producto seleccionado, 2000).Fig.1**

## **2.6 Descripción de las operaciones del proceso.**

El proceso de manufactura del Cable DPT se inicia y finaliza con la limpieza de las estaciones, esta se realiza con alcohol 70% - 30% y paños esterilizados. Los mismos son desechados en el zafacón de desechos reciclables al igual que los materiales gastables utilizados por los operadores, tales como:

- Dedales: para protegerse los dedos en algunas operaciones con instrumentos poco ergonómicos.
- Papel servilleta: para cualquier derrame no nocivo que se presente en la operación.
- Guantes: para protegerse en operaciones con adhesivos y otros casos.

### 2.6.1 Stripping y tinning al cable de truwave DPT.



Estación de stripping y tinning Fig.2

En esta etapa se realizan dos operaciones. Se divide en:

#### ● **Cortado de cable:**

En esta operación se le da un corte de 10cm aproximadamente para retirar el aislamiento del cable (Documentos institucionales, 2000).<sup>7</sup>La misma produce un desecho de material pvc y restos del cable conductor (**AWG** - *American Wire Gauge*) proporcional a la cantidad de cables utilizados en el proceso y se lleva a cabo con una cortadora neumática a la que el operador le presiona un pedal al momento del corte. Los desechos son enviados al zafacón de desechos reciclables.

---

<sup>7</sup> Datos obtenidos de los procedimientos internos de la empresa llamados SOP o regulaciones evaluadas por la ISO9001, OSHA, ISO1400.



*Máquina sujetadora Fig.3*

● **Aplicación del líquido acelerador.**

Se le aplica un líquido amarillento a las cinco terminales del cable para acelerar el proceso de soldado que se le dará en lo adelante. Luego se le da un baño de estaño al cable. En esta etapa se genera, además, uno de los desechos más nocivos al medio ambiente (Plomo), el cual surge a partir de los restos del estaño. Este debe ser calentado utilizando un horno y a raíz de esta operación se produce una especie de natilla la cual es retirada con una rueda de aluminio y en el mismo orden las emanaciones de humo de estaño.



**Natilla, Fig.4**

Para mitigar el impacto de estas emanaciones la línea cuenta con tubos extractores de humo evitando que el operador tenga que utilizar mascarillas. Los desechos de estaño generados por esta etapa del proceso son depositados en el zafacón de desechos químicos.

### 2.6.2 Soldadura de sensor para truwave dpt



**Estación de soldadura, Fig.5**

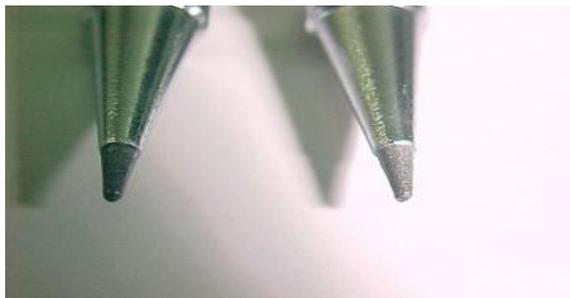
#### ● **Soldar el sensor al cable:**

Se realiza una soldadura por fusión tipo arco para unir los terminales del sensor con los del cable. Para esta operación se coloca el riel de sensores en un porta riel el cual está conectado a un pedal neumático. Para ello se debe retirar el empaque del sensor de manera simultánea al movimiento del riel. Estos desechos se colocan en el zafacón de desperdicios reciclables.



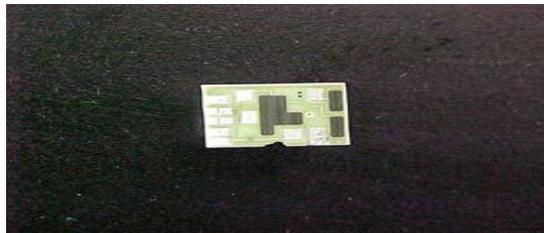
**Riel de los sensores, Fig.6**

A medida que el operador va presionando el pedal el sensor se va colocando en una base debajo de una pantalla magnificadora por donde el operador visualiza el cable y suelda el sensor y el cable con un soldador eléctrico, el cual contiene un extractor de humo para disminuir las emanaciones al medio ambiente y el mismo debe tener la punta libre de restos de estaño y sin roturas ni deformaciones. En caso de que la punta del soldador contenga uno de estos defectos, la misma debe ser rechazada y cambiada por otra. La punta del soldador se limpia con una esponja con agua esterilizada, esto se considera como desecho tóxico.



***Puntas con defectos, Fig.7***

Para asegurar un producto de calidad se debe verificar que los componentes utilizados se encuentren en óptimas condiciones. Para el caso los sensores, estos no deben tener ningún tipo de rotura o deformación, así como los cables que deben tener un longitud especifica de máximo 10 cms, para asegurar esto se mide el cable con un fixture designado (Ver figura #8). En caso de que uno de estos casos ocurra la parte debe ser descartada. De este modo se generan desechos de cerámica, PVC y restos del cable conductor que forma parte del DPT (**AWG** - *American Wire Gauge*).



**Defecto Cerámica rota, Fig.8**



**Sujetador de cable, Fig.9**

Además el operador debe verificar que la soldadura no esté incompleta, que no tenga pines unidos y otros defectos que puedan surgir.



**Soldadura Correcta, Fig.10**

### **2.6.3 Pegado del sensor al housing**

Para la realización de esta operación es necesaria una máquina de dispensado y el estado de la aguja de dispensado, en caso de que esta esté en malas condiciones es necesario realizar un cambio; de ser realizado el mismo se generaría un desecho que se depositaría en el zafacón de desperdicios químicos. El horno de curado, para realizar el sellado del adhesivo, también debe ser inspeccionado para su correcto funcionamiento. El mismo trabaja con energía eléctrica.

Luego de estas verificaciones se procede con las operaciones de lugar.

#### **● Insertar la base en el sujetador:**

Esta es una operación simultánea en la cual se toma el sujetador que se desplaza a través de un conveyor transportador para colocarle la base donde más adelante se colocara el DPT.



**Sujetadores (Carriers), Fig.11**

Estos sujetadores (Carriers), en su mayoría son manufacturados en planta y en caso de que alguno presente fallas debe ser reparado. Este proceso genera desperdicios de metales, plomo y aluminio, dependiendo del material del que este manufacturado el sujetador.

● **Prueba de Impedancia.**

Se toman alrededor de 20 cables para realizar esta prueba la cual se realiza con una máquina que utiliza energía eléctrica para su funcionamiento. En caso de que alguna de las piezas tomadas para la prueba no arroje resultados satisfactorios se procede a una segregación. Las piezas con defectos se colocan en un recipiente rojo para ser recuperadas, las demás son colocadas en un recipiente verde indicando que pasan a la siguiente operación.

● **Insertar el cable en la base:**

Luego de la llegada de la base y el sujetador a través del conveyor transportador se le conecta al cable con el sensor. Se verifica que todos los componentes del subensamblaje se encuentren en buen estado; por ejemplo, en

caso de que el líquido gel del sensor se encuentre tocado o con cualquier tipo de partículas, el mismo debe ser retirado del proceso pues se considera con Scrap.



**Colocando el cable Fig.12**

● **Adicionar adhesivo alrededor del sensor:**

Esta operación la realiza una maquina (PVA) donde hay dos asociados por máquina. Se toma el sujetado con su base y se coloca en la máquina donde, mediante un sistema de inyección, se le coloca el adhesivo. El ciclo se realiza a través del sensado del orificio donde se inyectara el adhesivo e inmediatamente el sensor detecte que el mismo está lleno retira la aguja de dispensado y pasa a la otra pieza. El peso de adhesivo entre en un rango desde 0.114 a 0.134 gramos buscando la media de 0.124 gramos, utilizando la balanza de precisión

● **Pasar por la cámara de curado:**

A través del transportador el DPT atraviesa un horno o cámara de curado para acelerar el secado del adhesivo.

#### **2.6.4 Pegado de backplate para truwave dpt**

Luego de inspeccionar y setear todas las máquinas se coloca en la balanza el platillo de aluminio con el dispensado de cuatro (4) housings y se verifica que el peso de adhesivo entre en un rango desde 0.2384 a 0.2760 gramos. También se debe utilizar una aguja nueva en buenas condiciones (de ser necesario) al inicio de cada turno del bin contenedor de agujas y verificar que la aguja instalada sea una aguja de Gage 20 de no ser como se especifica se deberá proceder a descartar la aguja produciendo un desecho en la línea. En caso de que la línea se detenga más de 30 mins detenida, bajo cualquier situación deberá ser cambiada la aguja, agregándose estas también al desecho de agujas.

#### **● Colocar el Back Plate:**

El back plate es la parte trasera de la base que se coloca para asegurar la base con el sensor hacia arriba, y de cara a la entrada del túnel de curado, sobre la correa del conveyor. La dosis requerida por operación de curado es de 3.5 – 4.7 J/cm<sup>2</sup>. Si la dosis es menor de 3.5 J/cm<sup>2</sup> se disminuye un poco la velocidad del transportador<sup>8</sup>.

Se verifica que los sensores estén colocados correctamente en los “housings” antes de insertarlos en la base de la máquina dispensadora de adhesivos.

---

<sup>8</sup> Valores por factor de máquina dispensadora de adhesivos.



**Máquina dispensadora Fig.13**

● **Agregar el adhesivo al Back Plate:**

Se le agrega adhesivo al back plate para asegurarlo y se rellena con adhesivo la cámara o el orificio donde está el sensor.

● **Pasar por la cámara de curado (horno):**

En esta operación se acelera el proceso de secado de adhesivo proveniente de la operación de rellenado.

Luego se inspecciona que el backplate está bien adherido al housing de manera manual, de no ser así se enviara la pieza a retrabajo.

## **2.6.5 PEGADO DE STOPCOCK PARA TRUWAVE DPT**

● **Colocar válvula a la base:**

Se coloca a la base la válvula (Stopcock) que obstruye o deja pasar el fluido hacia el sensor. Se toma la misma y se inserta en el dispensador de adhesivo. El operador presiona el pedal de dispensado de adhesivo y se presiona la válvula hasta que esté completamente mojada de adhesivo y se procede a colocar en el housing (Base).

En caso de que después del proceso de dispensando haya sido efectuado, el mismo no cumple con los requerimientos de la operación, sea que no hubo un dispensado completo del área designada, se procederá a tomar una jeringuilla con el mismo adhesivo (número de parte y lote) que se está corriendo en la línea en ese momento y se procederá a completar la operación rellenando el área faltante.



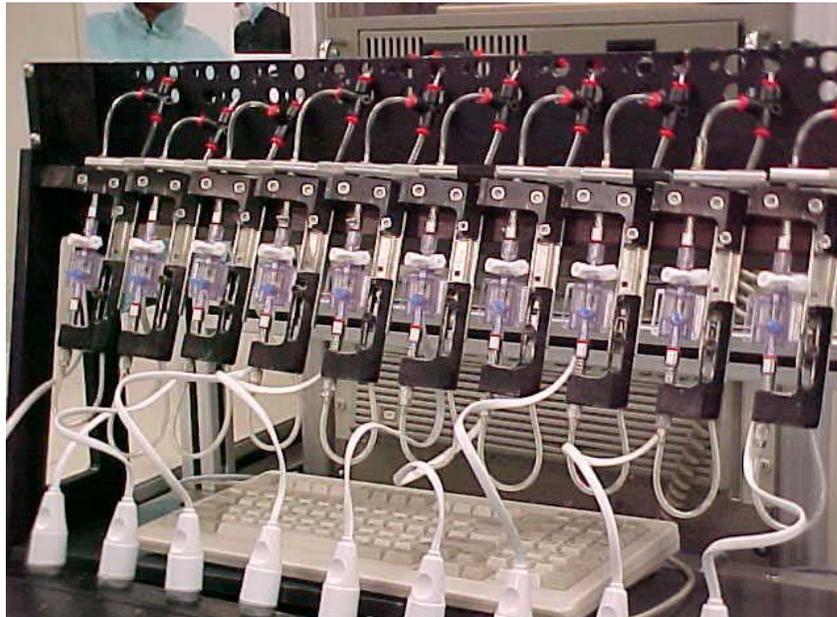
***Dispensador de Adhesivo. Fig.14***

● **Pasar por la cámara de curado (horno):**

En esta operación se acelera el proceso de secado de adhesivo. Luego se verifica que no existan restos de adhesivos alrededor del housing y que estén colocados en la posición correcta, de ser así se descarta la unidad.

Finalizado este proceso se retira el cable DPT del sujetador para realizarle la prueba de escape. En caso de que la unidad presente un flujo fuera de especificación se procede a colocar en un recipiente de acuerdo al tipo de defecto y para los casos que apliquen las unidades serán rechazadas, enviándose las mismas al zafacón que les aplique.

El siguiente paso a realizar es la **Prueba eléctrica final**, en la misma se deben verificar los parámetros de la “Final Electrical Tester” para este dispositivo.



**Prueba Final Electric. Fig.15**

En caso de que alguna unidad no cumpla con los parámetros especificados se procede al descarte o retrabajo de la misma, generando desechos de tipo tóxico y reciclable.

#### **2.6.6 Inspección visual y empaque final.**

Para llevar a cabo esta inspección se procede a realizar un muestreo de subensamblaje cable sensor y del ensamblaje completo de cada dos horas. Se verifica que ninguna unidad contenga partículas, roturas, exceso de adhesivo, que la gel del sensor no contengan ningún tipo de contaminante, la soldadura de los sensores, conexión y polaridad del cable, entre otras.

Si se identifica alguno de estos defectos se procede a descartar o retrabajar las partes. Para el proceso de empaque se agrupan los DPT en paquetes de 25 unidades y luego se enfundan en 8 paquetes de 25.

#### **2.6.7 Diagrama de Flujo del Proceso (Producto)**

<b>Diagrama de Flujo del Proceso (Producto)</b>								
Ubicación: N/A			<b>Resumen</b>					
Actividad: Línea de producción MEGA I			<b>Actividad</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Ahorros</b>		
Fecha: 27/03/2011			Operaciones	15				
Analistas: Evelyn Martínez Anyelisse Abad Pamela Suazo			Transportes	6				
			Demora	0				
			Inspección	3				
Método: Actual			Almacenaje	1				
Tipo: Producto			Tiempo (min)					
Comentarios			Distancia (mts)					
			costo					
Descripción de la actividad		Símbolo			Tiempo (seg)	Dist	Método recomendado	
Recepción de la materia prima		○	⇒	D	□	▽	SR*	
Cortado de cable		○	⇒	D	□	▽	2.14	
Pasar hacia la siguiente operación		○	⇒	D	□	▽	0.05	
Aplicación de liquido acelerador		○	⇒	D	□	▽	1.42	Uso de equipos de seguridad
Colocar en el aéreo		○	⇒	D	□	▽	0.07	
Soldar sensor al cable		○	⇒	D	□	▽	14	Uso de mascarilla
Primera Inspección visual		○	⇒	D	□	▽	2.38	
Colocar en el conveyor aéreo		○	⇒	D	□	▽	0.05	
Insertar la base en el sujetador		○	⇒	D	□	▽		
Colocar en el conveyor transportador		○	⇒	D	□	▽		
Insertar cable en la base		○	⇒	D	□	▽		
Colocar en el transportador		○	⇒	D	□	▽		
Adicionar adhesivo alrededor del sensor		○	⇒	D	□	▽		Cantidad medida de adhesivo para evitar obstrucciones
Colocar en el conveyor transportador		○	⇒	D	□	▽		

Pasar por cámara de curado (horno)	○	⇨	D	□	▽			
Colocar Back Plate	○	⇨	D	□	▽			
Colocar en el transportador	○	⇨	D	□	▽			
Agregar adhesivo al Back Plate	○	⇨	D	□	▽			
Colocar en el transportador	○	⇨	D	□	▽			
Rellenar cámara de la base(adhesivo)	○	⇨	D	□	▽			
Colocar en el transportador	○	⇨	D	□	▽			
Pasar por cámara de curado (horno)	○	⇨	D	□	▽			
Colocar válvula a la base	○	⇨	D	□	▽			
Colocar en el transportador	○	⇨	D	□	▽			
Pasar por cámara de curado (horno)	○	⇨	D	□	▽			
Retiro del sujetador	○	⇨	D	□	▽			
Retorno del sujetador	○	⇨	D	□	▽			
Prueba de leak (fuga)	○	⇨	D	□	▽			
Prueba de sensibilidad	○	⇨	D	□	▽	3.47		
Limpieza del DPT	○	⇨	D	□	▽	4.76		
Empaque	○	⇨	D	□	▽	2.18		
Colocar en KAMBAN	○	⇨	D	□	▽			

**Diagrama de Flujo. Fig.16**

## ***Capítulo III:***

### ***Balance de Energía.***

## Capítulo III

### 3.1 Balance de Energía

Nuestra empresa esta suplida de energía eléctrica proveniente de la (subestación de PIISA). Su cargo promedio mensual por energía activa se encuentra en 27, 359,528KWH, con un consumo de 477,650.61KWH mensual<sup>9</sup>.

La energía suplida se divide en: energía para maquinarias y equipos eléctricos, para los compresores de aire acondicionado y compresor de máquinas neumáticas. La empresa utiliza el método de aire comprimido en sus instalaciones, porque es considerado energía limpia para ser usado en farmacéuticas. El resto del aire comprimido se utiliza para aire acondicionado para mantener la temperatura ambiental en el cuarto de producción. Es política de calidad mantener el estado ambiental en un área controlada. (ISO 9001 Normas de manufactura en áreas controladas).

La **neumática** (del griego πνεῦμα "aire") es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la

---

<sup>9</sup> Factura Eléctrica de la subestación de PIISA.

energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales<sup>10</sup>.

### **La neumática:**

- Requiere una fuente de aire comprimido, por lo que se ha de emplear un compresor.
- Es una aplicación que no contamina por si misma al medio ambiente (caso hidráulica).
- Al ser un fluido compresible absorbe parte de la energía, mucha más que la hidráulica.
- La energía neumática se puede almacenar, pudiendo emplearse en caso de fallo eléctrico.

### **3.2 Energía Eléctrica.**

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía resultante de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se les coloca en contacto por medio de sistemas físicos por la facilidad para trabajar con magnitudes escalares, en comparación con las magnitudes vectoriales como la velocidad o la posición.

---

<sup>10</sup> P. Croser, F. Ebel: *Neumática básica*. Festo Didactic, Esslingen 2003

### 3.2.1 Transformación y división de la Energía Eléctrica proveniente de (subestación de PIISA).

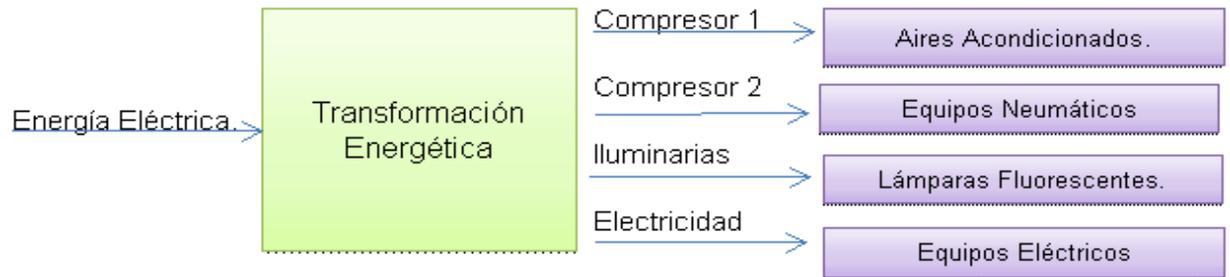


Fig.17, División de energía

### 3.3 Distribución de las maquinarias de la línea Truwave (DPT).

QTY.	Equipos Eléctricos	Localización	Capacidad (HP,KW, ° F, PSI,etc)	Tiempo de trabajo (Horas/días.)
*	Luminarias(lámparas)	Cuarto Limpio	T54W-T12-841.	24h/7días
3	Luminarias de inspección (lámparas)	Cuarto Limpio	120 V AC, 22 W, 4 A, 60 Hz	24h/7días
1	Máquina Stripping	Cuarto Limpio	70 a 100 psi	24h/7días
1	Máquina Tinning	Cuarto Limpio	120 V AC	24h/7días
4	Máquina sprint leak tester	Cuarto Limpio	120 V AC, 100 W, 1.6 A, 45 a 55 psi	24h/7días
2	Máquina final electrical tester	Cuarto Limpio	120 V AC, 65 a 75 psi,	24h/7días
5	Estación de soldadura	Cuarto Limpio	120 V AC, 125 W, 2 A 700°F ± 10°F	24h/7días
2	Estación de luer adapter (prensa)	Cuarto Limpio	120 V AC, 40 a 44 psi	24h/7días
4	Conveyor	Cuarto Limpio	120 V AC, 50 Hz, 2.3 A, 1/3 HP, 62 RPM	24h/7días
4	Monitores de Impedancia	Cuarto Limpio	115 V AC, 6 A	24h/7días

8	Dispensadoras (EFD, PVA Y Assymtek machines)	Cuarto Limpio	120 V AC, 70 a 90 psi, 8 A, 60 Hz	24h/7dias
3	Horno de curado UV	Cuarto Limpio	220 V AC, 15 A, 60 Hz, 3.8 KVA	24h/7dias
1	Compresor de aire comprimido	cuarto de máquinas	480 V AC, 800 A, 60 Hz, 15 a 60 °F, pres > 100 psi	24 h/ 7 días

**Tabla. 1, Distribución de maquinarias.**

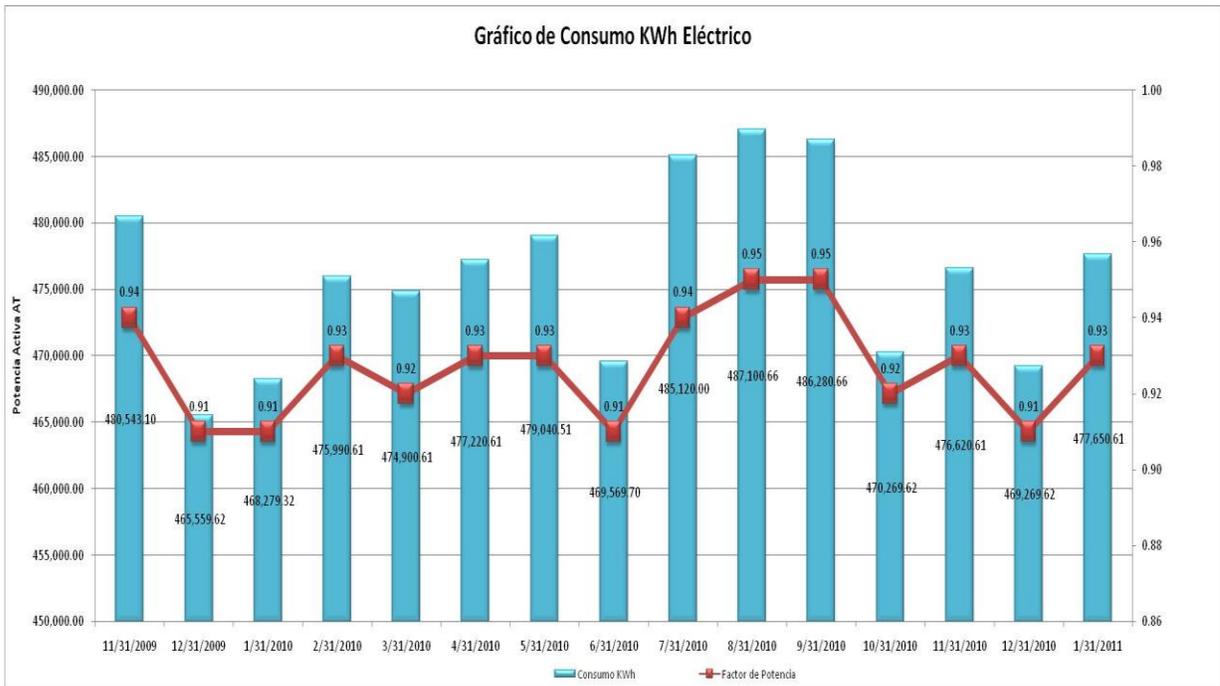
**Nota: el compresor trabaja seteado a 110 psi.**

### **3.4 Datos de cantidad y costo de Electricidad.**

<b>Periodo de Facturación</b>	<b>Demanda Máxima</b>	<b>Consumo KWh</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Costo de la Multa(\$)</b>
11/31/2009	490000	480,543.10	3,282,109.37	0.94	405,340.51
12/31/2009	490000	465,559.62	3,179,772.20	0.91	392,701.87
1/31/2010	490000	468,279.32	3,198,347.76	0.91	394,995.95
2/31/2010	490000	475,990.61	3,251,015.87	0.93	401,500.46
3/31/2010	490000	474,900.61	3,243,571.17	0.92	400,581.04
4/31/2010	490000	477,220.61	3,259,416.77	0.93	402,537.97
5/31/2010	490000	479,040.51	3,271,846.68	0.93	404,073.07
6/31/2010	490000	469,569.70	3,207,161.05	0.91	396,084.39
7/31/2010	490000	485,120.00	3,313,369.60	0.94	409,201.15
8/31/2010	490000	487,100.66	3,326,897.51	0.95	410,871.84
9/31/2010	490000	486,280.66	3,321,296.91	0.95	410,180.17
10/31/2010	490000	470,269.62	3,211,941.50	0.92	396,674.78
11/31/2010	490000		3,255,318.77	0.93	

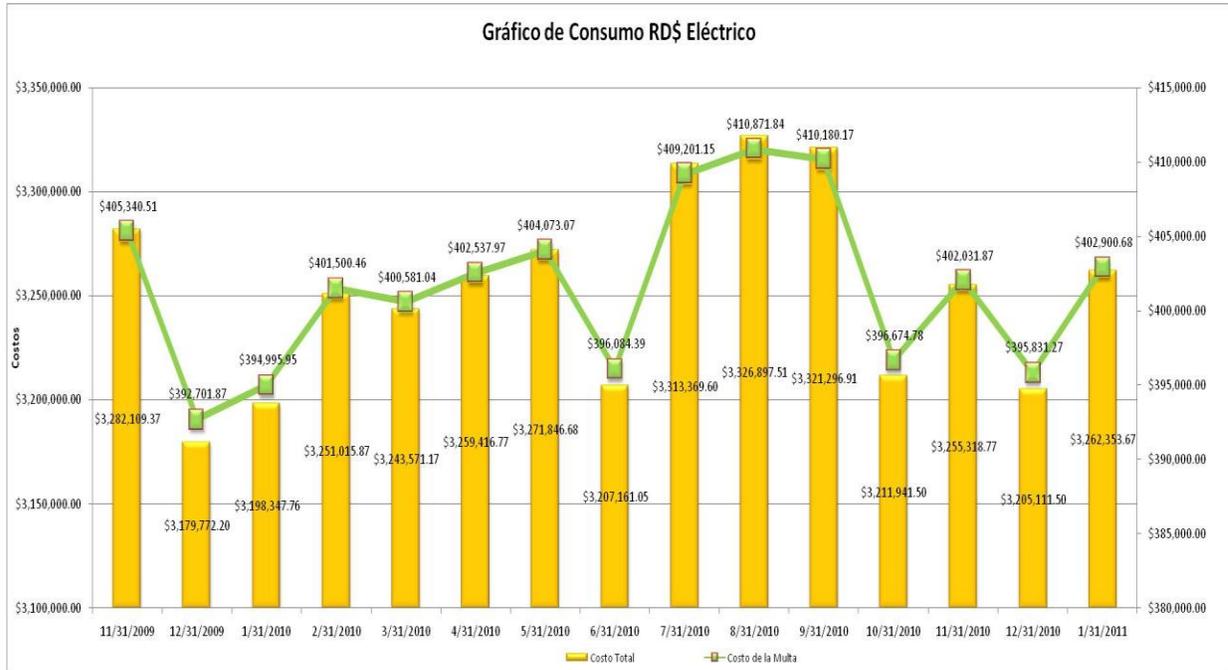
		476,620.61			402,031.87
12/31/2010	490000	469,269.62	3,205,111.50	0.91	395,831.27
1/31/2011	490000	477,650.61	3,262,353.67	0.93	402,900.68

**Tabla. 2, Cantidad y costo de electricidad**



**Diagrama. 1 (Consumo de Energía Eléctrica)**

El diagrama 1 registra consumos más altos de energía eléctrica en los meses más calurosos julio a septiembre. El sistema de refrigeración consume más en esa temporada porque debe mantener el ambiente controlado del cuarto limpio.

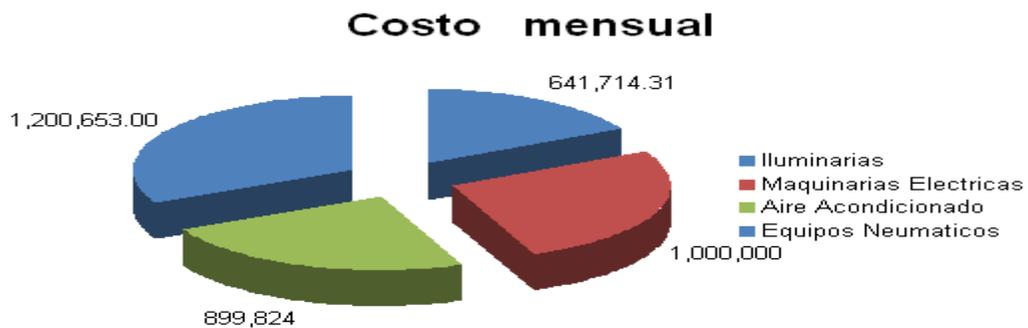


**Diagrama. 2 (Costo del consumo eléctrico)**

**3.4.1 Promedio del costo mensual de la energía utilizada.**

Consumo de Energía	Costo\$ mensual	Porcentaje.
Iluminarías	641,714.31	17.15%
Maquinarias Eléctricas	1,000,000	26.72%
Aire Acondicionado	899,824	24.04%
Equipos Neumáticos	1,200,653.00	32.08%
<b>Total</b>	<b>3,742,191.76</b>	

**Tabla. 3**



**Diagrama 3, Costo mensual de energía.**

### **3.5 Estudio de caso Energético.**

Después de haber realizado el estudio de energía, podemos observar que sus mayores consumos energéticos van en relación a la conversión de electricidad que proviene de la subestación, la cual se convierten en aire comprimido para la utilización de las maquinarias y el mantenimiento de la temperatura promedio del cuarto limpio. Además pudimos ver que se pueden hacer grandes ahorros en el sistema de iluminación del edificio si se hiciera un cambio de luminarias de las actuales utilizadas por la compañía T12 a nuevas lámparas ecoeficientes T8 este cambio reduciría el consumo energético por luminarias que es 17.15% del monto en dinero de la factura mensual, esto se debe a que la compañía trabaja 24 hora 7 días a la semana y las luces siempre permanecen encendida.

Para lograr un ahorro considerable en la parte de la maquinaria neumática nos limitamos a sugerir minimizar escapes de aire de las válvulas durante las horas de producción y el apagado de los aires de oficinas ya que la atmósfera establecida para el cuarto limpio y laboratorio deben mantenerse estable durante todas las horas de trabajo y pruebas de los dispositivos son parámetros que por normas de calidad no se pueden alterar.

### 3.5.1 Iluminación Eficiente.

La iluminación representa una parte relativamente importante del consumo eléctrico. Un 19 por ciento de la demanda mundial de electricidad corresponde a la necesidad de luz<sup>11</sup>. En empresas e industrias, la iluminación es a menudo responsable de más de la mitad del total de la factura de electricidad. La utilización de tecnologías de iluminación moderna y eficiente, puede permitir un gran ahorro de energía y garantiza la preservación del medioambiente. La sociedad se beneficia, porque se genera menos electricidad, dejando más petróleo disponible para otros fines.

- **¿Qué es un balastro?**

El balastro, es un dispositivo electrónico, electromagnético o híbrido, que por medio de inductancia, provee un arco de energía necesario para el arranque de la lámpara, además de que limita la corriente eléctrica para brindar un funcionamiento correcto<sup>12</sup>. El tipo de balastro, depende del tipo de lámpara y aplicación que se necesite.

- **¿Cuál es su función?**

Las principales funciones del balastro son:

---

<sup>11</sup> IEA, 2006: Light's Labour's Lost. Policies for Energy-efficient Lighting p.177

<sup>12</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Balastro>

- Proporcionar la tensión de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione la lámpara, proporcionando un voltaje continuo.
- Proporcionar las condiciones específicas para un buen funcionamiento y vida plena de la lámpara (Regulación).
- Controlar y limitar la energía eléctrica a los valores apropiados para que la lámpara opere en condiciones nominales. Limita la corriente de operación a través de la lámpara y controla la potencia que llega a la lámpara para un funcionamiento adecuado.

#### 3.5.1.1 Sistema de iluminación actual

Componentes de Luminaria	Consumo de energía x Und.	Flujo luminoso	Tiempo de vida
2 lámparas fluorescentes TL	54 Watt	2,520 Lum	9,000 Horas
2 balastro Electromagnético	16 ó 20 Watt		

**Tabla 4**

#### 3.5.1.2 Sistema de Iluminación Ecoeficiente

Componentes de Luminaria	Consumo de energía x Und.	Flujo luminoso	Tiempo de vida
2 lámparas fluorescentes TL-D	32 Watt	2,565 Lum	36,000 Horas
2 balastro Electrónico EB-E	8 Watt		

**Tabla 5**

### 3.5.2 Especificaciones generales de ambas lámparas.

	<b>Ecoeficiente</b>	<b>Actual</b>
<b>Lámparas:</b>	<b>F32T8/SP65/ECO</b>	<b>F54T12CW</b>
Brand:	GE	GE
Wattage:	32	54
Shape:	T8	T12
Lamp Type:	Fluorescent	Fluorescent
Base:	Medium Bipin	
Length:	48"	48"
Hours:	3 Hour Start: 30000 / 12 Hour Start 36000	9000
Kelvin Degrees:	6500	6000
CRI:	78	62
Color Tones:	Daylight	R17d
Lumens:	Initial 2700 / Mean 3550	2600
Tecnología:	Ecolux	''''
Manufacturer Number:	F32T8/SP65/ECO	F54T12CW

**Tabla 6**

### 3.5.3 Propuesta para la iluminación Ecoeficiente: F32T8/SP65/ECO

<b>Cantidad</b>	<b>Precio x cantidad</b>
36-143	2,21\$
144+	1.97\$

**Tabla 7. Precios**

El precio de las lámparas puede variar; ya que el vendedor crea paquetes de ventas. Mientras mayor es el número de luminarias a comprar, menor es el precio por lote. En este caso un lote mayor a 144 lámparas disminuirá su precio a 1.97\$ por unidad.

### **3.5.4 Ventajas de Iluminación Ecoeficiente.**

- Conexión rápida y sencilla.
- Encendido Rápido.
- Luz constante que reduce la fatiga y mejora la productividad.
- Sistema silencioso.
- Calienta menos.
- Sistema aplicado que cumple con las norma de calidad en ISO 1400
- Menor costo de funcionamiento, consumen 10% menos que los T12.
- Alto índice de reproducción cromático (Ra 85) añade brillo y resalta colores.
- Excelente rendimiento (lm/w), incrementan el rendimiento de la luminaria entre 5 y 10%.
- Funciona con reactancias convencionales o electrónicas.

### **3.5.5 Cálculo de eficiencia energética<sup>13</sup>**

#### **Para la alternativa A: Sistema de Iluminación de la empresa**

Las dimensiones del cuarto frío son las siguientes:

A= 50

L= 40

H= 3.8

#### **Cantidad de energía requerida por luminaria:**

- Lámpara Fluorescente: 54 W x 2 = 108 W

---

<sup>13</sup> file:///C:/Documents%20and%20Settings/mariano/Escritorio/Proyecto-de-Eficiencia-Energetica-Illuminacion.htm

- Balasto:  $20 \text{ w} \times 1 = 20 \text{ W}$
- Energía por luminaria:  $128 \text{ W}$
- Número de Luminarias módulos :  $334$
- Total de Energía por sistemas luminaria:  $42,752 \text{ W}$
- Superficie del Área:  $50 \times 40 = 2000 \text{ m}^2$
- Hallando el IEE:  $42,752 \text{ W} / 2,000\text{m}^2 = 21.4 \text{ W}$ ,
- Intensidad de Iluminación es  $350 \text{ Lux}$ ,
- Entonces:  $\text{IEE} = 21.4 \text{ W} \times (100 / 350) = 6.12$       **IEE= 6.12 W/m-100 Lux**

IEE es W/ m-100 Lux.

**Para la alternativa B: Sistema de Iluminación Ecoeficiente.**

Las dimensiones del cuarto frío son las siguientes:

A= 50

L= 40

H= 3.8

**Cantidad de energía requerida por luminaria:**

- Lámpara Fluorescente:  $32 \text{ W} \times 2 = 64 \text{ W}$
- Balasto:  $8 \text{ w} \times 1 = 8 \text{ W}$
- Energía por luminaria:  $72 \text{ W}$
- Número de Luminarias módulos:  $334$
- Total de Energía por sistemas luminaria:  $24,048 \text{ W}$

- Superficie del Área:  $50 \times 40 = 2000 \text{ m}^2$
- Hallando el IEE:  $24,048 \text{ W} / 2,000 \text{ m}^2 = 12.3 \text{ W}$ , Pero la Intensidad de Iluminación es 350 Lux,
- entonces:  $\text{IEE} = 12.3 \times (100 / 350) = 3.51$  **IEE= 3.51 W/m-100 Lux**

IEE es W/ m-100 Lux.

El cuadro presenta la comparación de los IEE obtenidos para cada sistema y los IEE óptimos establecidos por la guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación del Gobierno de España.

### Índice de Eficiencia Energética

IEE del Sistema de Iluminación empresa	6.12
IEE del Sistema de Iluminación Ecoeficiente	3.51
Óptimo	2
Medio	3.5
Máximo	4.5

Tabla 9 (Índice de Eficiencia Energética)

La alternativa B, que es el sistema de Iluminación Ecoeficiente, presenta mayor eficiencia energética que la alternativa A, como se observa en el cuadro este sistema presenta un IEE (3.51) dentro de los parámetros del IEE, mientras que la alternativa A presenta un IEE (6.12) que esta fuera del IEE máximo (4.5), por lo que se recomienda Técnicamente el uso de la alternativa B.

### 3.6 Tiempo de Vida:

#### Para la alternativa A: Sistema de Iluminación actual.

- Horas de uso Luminarias: 24 h x 30 días x 12 meses= 8,640 h/año
- Tiempo de vida las Luminarias: 9,000 horas
- Equipo Auxiliar: Balastro Electromagnético

#### Para la alternativa B: Sistema de Iluminación Ecoeficiente.

- Horas de uso Luminarias: 24 h x 30 días x 12 meses= 8,640 h/año
- Tiempo de vida las Luminarias: 36,000 horas, por efecto de los balastro electrónico que aumentan en un 50% su tiempo de vida.
- Equipo Auxiliar: Balastro Electrónico.

El cuadro muestra la comparación del tiempo de vida cada sistema luminaria

Tipo de Sistema	Tiempo de vida	Hora de uso	Rendimiento
Sistema de Iluminación Actual	9,000	8,640	0.50
Sistema de Iluminación Eco	36,000	8,640	0.95

**Tabla 10.**

La alternativa B, que es el sistema de Iluminación Ecoeficiente, presenta un mayor rendimiento en cuanto a hora de uso, es decir tiene mayor duración por lo que el tiempo para la renovación de ese sistema es más prolongado, por ello se recomienda el uso del sistema de Iluminación Ecoeficiente.

### 3.7 Índice de Eficiencia de los sistemas de Iluminación.

#### Para la alternativa A: Sistema de Iluminación Actual.

- Flujo Luminoso : 2,600 lúmenes
- Potencia consumida por la lámpara : 54watts
- Eficiencia Luminosa : 2,600 / 54 watts
  - **IE: 48.14 Lum/ Watts.**
- Rendimiento de Luminarias: para el caso de Luminarias usadas en ambiente generales se recomienda un rendimiento de 60%.

$$Re= 60\%$$

#### Para la alternativa B: Sistema de Iluminación Ecoeficiente.

- Flujo Luminoso : 2,550 lúmenes
- Potencia consumida por la lámpara : 32 watts
- Eficiencia Luminosa : 2,550 / 32 watts
  - **IE: 79.69 Lum/ Watts.**
- Rendimiento de Luminarias: para el caso de Luminarias usadas en ambiente generales se recomienda un rendimiento de 60%.

$$Re= 60$$

La alternativa B, presenta un índice de eficiencia de lámparas mayor que el de la alternativa A, haciéndolo más eficiente y recomendado para el uso.

### **3.8 Criterios Económicos De Selección.**

#### **A. Costos de Localización.**

La medición de este criterio está orientada a realizar la elección de un sistema teniendo en cuenta la cantidad menor de gasto que ofrece cada sistema.

#### **Los costos unitarios del sistema de Iluminación Actual es el siguiente:**

- Fluorescentes:  $1.38 \text{ \$ US.} \times 2 \text{ und.} = 2.76 \text{ US.}$
- Balastos:  $2 \text{ \$ US.} \times 1 \text{ und.} = 2 \text{ \$ US.}$
- Costos por Luminaria:  $4.76 \text{ US.}$  Pero como son 334 módulos de Luminarias.
- Total =  $1,589.84 \text{ \$ US}$

#### **Los costos unitarios del sistema de Iluminación Ecoeficiente es el siguiente:**

- Fluorescentes:  $1.97 \text{ \$ US.} \times 2 \text{ und.} = 3.94 \text{ \$ US.}$
- Balastos:  $2.36 \text{ \$ US.} \times 1 \text{ und.} = 2.36 \text{ \$ US.}$
- Costos por Luminaria:  $6.3 \text{ \$ US.}$  Pero como son 334 módulos de Luminarias.
- Total =  $2,104.2 \text{ \$ US.}$

Así mismo se ha considerado el costo de la energía como 6.83 \$ / kw-hr

- La alternativa A, consume 42,752 Watt= 291,996.16 \$ kw-hr
- La alternativa B consume 24,048 Watt= 164,247.84 \$ kw-hr

### 3.9 Factibilidad de cambio de luminarias para la empresa.

La acción generada de cambio de luminaria de T12 a T8, genera un ahorro anual de 128,842.08 \$ con un costo de inversión de 33,400 \$ al primer cambio de lámparas. La inversión se paga en el primer año de la elaboración del proyecto y las ganancias generadas cubren los costos de la puesta en marcha del cambio del material utilizado para unir la parte electrónica del producto llamado estaño la cual es a base de plomo para ser cambiada a uno con características amigables al medioambiente como los llamados Lead Free.

<b>Reducción de Emisión de CO2 por cambio luminarias Opción 1</b>	<b>Factor de Emisión de RD = 0.621 Kg/KWh</b>
Cantidad de CO2 evitado Kg/KWh Producido	1
Reducción Energía Generada/día (KWh)/día	353
Emisiones Evitadas de CO2/día (Kg)	219
Días por Año	365
<b>Emisiones Evitadas de CO2/Año (Ton)</b>	<b>80.01</b>

Con este cambio evitaremos que 219 (kg) de co2 por días emanen hacia la atmosfera.

Y un total de 80.01 Ton de co2 se emitan en un Año.

Iluminación	Costo RD\$/KWh	# de luminarias parecidas	Luminarias	Balastros	Potencia (watt)	Horas de operación//día
Lámp 54 watt Z tubos	6.83	334	2	1	54	24
Lámp 32 watt Y tubos	6.83	334	2	1	32	24

Días de operación/Trim	H0ras de operación /Trim	Energía total usada KWh	Costo operativo totales	Costo inversión de los tubos de 32 Watt
365	8760	316,165.92	\$ 2,159,413.23	
365	8760	187,323.84	\$ 1,279,421.83	\$ 33,400.00

Ahorro anual ==>

128,842.08

\$ 879,991.41

INVERSION		AHORRO ANUAL		
\$ 33,400.00		\$ 128,842.84		
Tasa de descuento estimada del proyecto			12%	
Año	Flujo de caja	Acumulativo	Importes (Flujo de Caja) Actualizado	Acumulativo del Actualizado
0	(\$33,400.00)	(\$33,400.00)	(\$33,400.00)	(\$33,400.00)
1	\$153,969.96	\$120,569.96	\$153,969.96	\$120,569.96
<b>Proyecto: CAMBIO LUMINARIAS</b>				
<b>VAN</b>	\$120,569.96	<b>PAY BACK (Año-mes-día)</b>		
<b>VAN / Inversión</b>	360.99%			
<b>TIR</b>	360.99%	Años	Meses	Días
<b>Pay back (Años)</b>	0.22	0	2	18.1
<b>Pay back actualizado (Años)</b>	0.22	0	2	18.1

## **Capítulo IV:**

### **Balance de Materia.**

## Capítulo IV

### **4.1 Balance de materia.**

Los principios de conservación de Masa y Energía establecen que ni la una ni la otra pueden ser creadas o destruidas, pero si pueden ser modificadas en sus formas<sup>14</sup>. Estos principios constituyen la base para la Formulación de Modelos Matemáticos que representen al proceso que desea reproducirse en este caso de un proceso que incluye partes electrónicas como medica. Compuesta de materiales electrónicos, plásticos, adhesivos, sustancias toxicas y peligrosas de las cuales se necesita saber la cantidad específica a su entrada y cuantas forman el producto final. A continuación el balance de materia para la creación de un dispositivo Truwave.

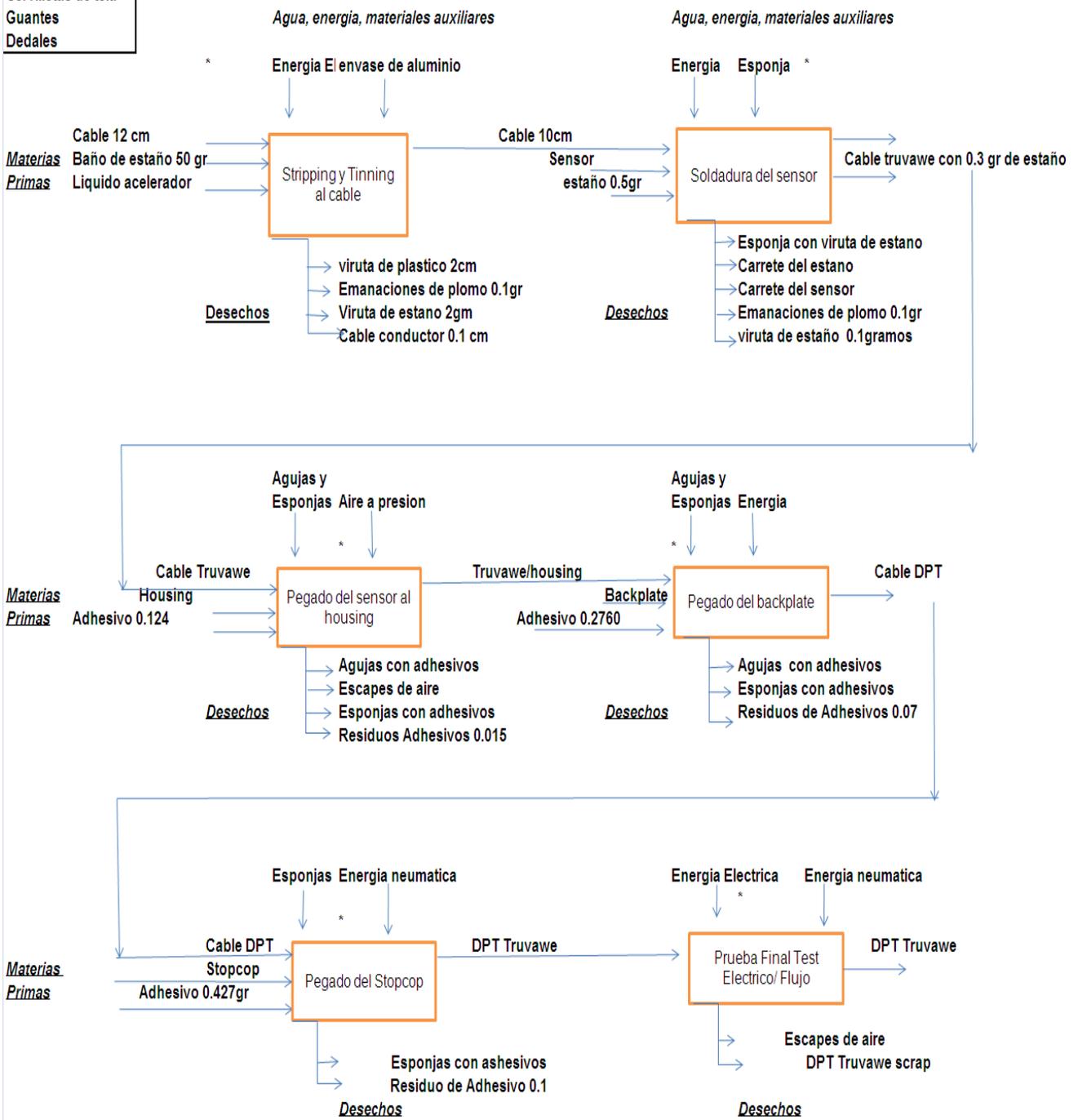
---

<sup>14</sup> Principio de conservación de la material remonta al químico Lavoisier, el científico francés considerado padre de la Química moderna. Enciclopedia Wikipedia.

**Proceso de limpiado**

- Alcohol 70/30
- Servilletas de tela \*
- Guantes
- Dedales

**Balance de materia.**



**Fig. 18 (Balance de Materia)**

Producción por turno MEGA I			
Días	Total Unidades Producidas	Scrap	Total de unidades en Plan
Día 1	5,927	130	6,057
Día 2	3,353	112	3,465
Día 3	4,000	248	4,248
Día 4	3,912	297	4,209
Día 5	0	0	0
Día 6	6,243	113	6,356
Día 7	3,638	57	3,695
Día 8	5,813	88	5,901
Día 9	4,601	141	4,742
Día 10	4,463	241	4,704
Día 11	5,411	209	5,620
Día 12	6,153	126	6,279
Día 13	0	0	0
Día 14	5,006	90	5,096
Día 15	2,924	69	2,993
Día 16	3,660	145	3,805
Día 17	4,800	193	4,993
Día 18	5,053	123	5,176
Día 19	5,831	92	5,923
Día 20	5,220	154	5,374
	86,008	2,628	88,636

**Tabla 12. (Plan de Producción, DPT Throwave, Mega Line)**

Observando la data de la tabla 12 se puede concluir que existe un balance de materia pues la sumatoria del producto aceptado y el scrap (salida) es igual al Raw material (entrada) utilizado en el proceso lo cual se define el plan de producción en total tenemos 88,636 unidades del DPT para un periodo de 20

días equivalentes a un mes de trabajo, de las cuales 2,628 fueron descartadas por defectos.

Bill Of Materials (BOM)			
No. de parte	Descripcion de la parte	Cantidad	Unidad de medida
1	Sensor	1.000	unidad
2	Valvula de 3 vias (Stopcok 3 ways)	1.000	unidad
3	Adhesivo 1	0.510	ml
4	Cable de Soldar (Estano)	50.500	gr
5	Adhesivo 2	0.140	ml
6	Barra de soldar (Estano)	0.000	gr
7	Pasta de soldar	0.025	ml
8	Base de soporte (Housing)	1.000	unidad
9	Cable DPT	1.000	unidad
10	Cubierta para la base (Bottom Cover)	1.000	unidad

**Tabla 13 (Lista de Materiales del proceso)**

En la tabla 13 se muestra la lista de materiales utilizados para el proceso de manufactura del Cable DPT Thruwave junto a las cantidades por unidad. Se puede observar que una de las partes utilizadas en mayor cantidad y con mayor impacto al medioambiente por la naturaleza de sus componentes es el estaño, por ello nos dedicaremos, entre otras cosas, a la evaluación de las mejoras a realizar con relación al consumo e impacto de este componente para el ecosistema.

De acuerdo al balance de materia mostrado en la figura 18 para una unidad de DPT se utiliza una cantidad de estaño equivalente a 50.5 gramos, lo que indica que para un plan de producción de 88,636 unidades se estima un consumo de

estaño de 4, 476,118 gramos de estaño, de los cuales 132,714 se desechan directamente del proceso. El resto queda en el producto y se convierte en amenaza para el medio ambiente en el momento en que se desecha luego de este ser utilizado.

#### **4.2 Evaluación del caso.**

##### **Defectos de la línea**

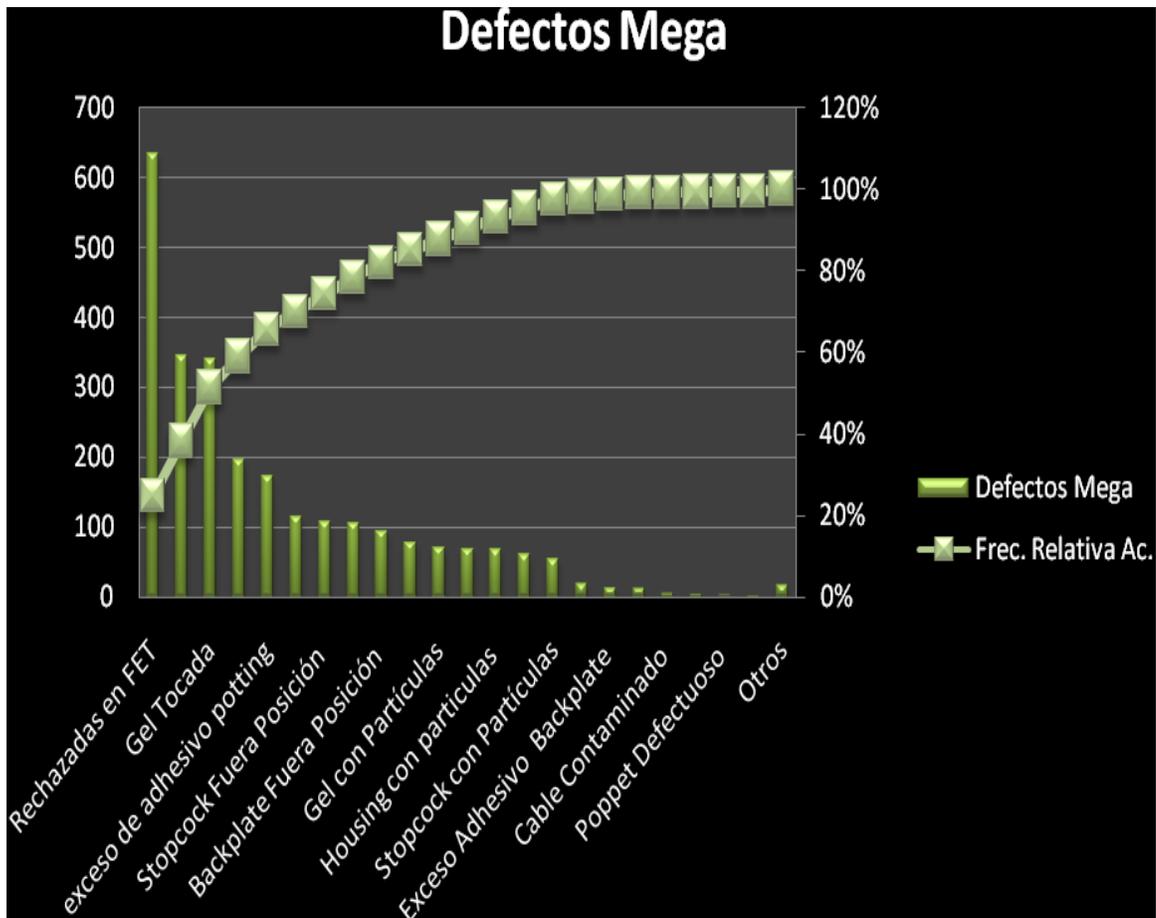
Como se ha descrito a lo largo del desarrollo de esta investigación en la línea DPT TruWave, existen diversas operaciones, las cuales generan defectos por situaciones presentadas a raíz de fallas en las maquinarias, mano de obra, materiales, procesos, etc. La tabla 14 muestra la data de defectos para un periodo de producción de 20 días, en el cual nos basaremos para nuestros análisis.

Defectos Mega	Frec.	Frec. Acum	Frec. Relativa	Frec. Relativa Ac.
Rechazadas en FET	634	634	25%	25%
Burbuja area de Potting	346	980	13%	38%
Gel Tocada	340	1320	13%	51%
Exceso de Tinning	196	1516	8%	59%
exceso de adhesivo potting	172	1688	7%	66%
Voltage Positivo	114	1802	4%	70%
Stopcock Fuera Posición	107	1909	4%	74%
Exceso Adhesivo Stopcock	106	2015	4%	78%
Backplate Fuera Posición	94	2109	4%	82%
Adhesivo sobre el Gel	78	2187	3%	85%
Gel con Partículas	69	2256	3%	88%
Backplate Contaminado	68	2324	3%	90%
Housing con particulas	68	2392	3%	93%
Voltage Negativo	60	2452	2%	95%
Stopcock con Partículas	53	2505	2%	97%
Adhesivo en el housing	18	2523	1%	98%
Exceso Adhesivo Backplate	13	2536	1%	99%
Leak	11	2547	0%	99%
Cable Contaminado	4	2551	0%	99%
Falta Adhesivo Stopcock	3	2554	0%	99%
Poppet Defectuoso	2	2556	0%	99%
Housing Rayado	1	2557	0%	99%
Otros	16	2573	1%	100%
<b>TOTAL RECHAZOS</b>	<b>2573</b>		100%	

**Tabla 14 (Defectos DPT Thrwave, Mega Line**

El Pareto del Diagrama 5, indica que el 80% de los problemas están relacionados con el adhesivo y el estaño, de modo que si logramos eliminar estos defectos en la línea podemos reducir el número de scrap en la misma, obteniendo así una mejora de producción más limpia<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Datos de producción proporcionado por la empresa.



**Diagrama 5 (Pareto Defectos DPT Thrwave, Mega Line)**

**4.2.1 Descripción de los defectos.**

A continuación se presenta una descripción de los defectos pertenecientes al 80% de los problemas de la línea.

1. **Rechazadas en FET:** se trata de las unidades rechazadas en la prueba de impedancia realizada durante el proceso con una máquina que indica

cuando el cable está conduciendo o cuando no lo hace, luego de la conexión con el sensor a través de la soldadura con estaño.

2. **Burbujas en área de Potting:** estos defectos vienen ligados al manejo del dispensado del adhesivo. Se producen cuando no hay un control de la cantidad de adhesivo dispensado ni de la manera en que se dispensa.
3. **Gel tocada:** cuando se produce un mal manejo de los sensores y se toca el líquido gel se deben descartar estas unidades ya que son parte del proceso crítico del funcionamiento del cable DPT.
4. **Exceso de Tinning:** se genera al momento de colocar el estaño a los pines del cable previo a la soldadura con el sensor, cuando el mismo pasa toca la parte del PVC del cable, es decir, sobrepasa el área de los pines.
5. **Exceso de adhesivo potting:** cuando se dispensa adhesivo de más en el housing en el área del sensor.
6. **Voltaje Positivo:** cuando hay una mala soldadura se producen defectos en las unidades en las pruebas eléctricas y de impedancia.
7. **Stopcock Fuera Posición:** cuando el stopcock es colocado de forma incorrecta en el housing.
8. **Exceso Adhesivo Stopcock:** se produce cuando se coloca adhesivo en proporciones mayores a la establecidas, el material se derrama provocando defectos cosméticos y hasta operacionales en la parte.

9. **Backplate Fuera Posición:** es generado por una mala colocación del backplate al housing en el proceso de pegado.

Vistas las descripciones de los defectos nos enfocaremos en la mejora de los defectos más significativos los cuales tienen como causa raíz, en su mayoría, casos con adhesivos y estaño.

#### **4.2.2 Casos relacionados con adhesivos.**

Para los casos relacionadas con el adhesivo (Burbujas en área de Potting, Exceso de adhesivo potting, Exceso Adhesivo Stopcock) se puede mejorar el Set Up de las máquinas dispensadoras de adhesivo de las líneas para disminuir los defectos provocados por este y los materiales gastables relacionados con este proceso, tales como paños estériles y esponjas. Para estos últimos, las esponjas, es sumamente importante la disminución de la utilización de las mismas puesto que estas generan un desecho tóxico para el medio ambiente ya que además de no ser biodegradables, llegan al exterior con restos adhesivos, lo cual puede provocar alta contaminación si no se le da la disposición correcta.

Por otra parte se encuentran los defectos por causas de mano de obra o mal manejo de los materiales en las operaciones, tales como: Gel tocada, Stopcock Fuera Posición y Backplate Fuera Posición; estos se solucionan con el

seguimiento adecuado de la supervisión a las operaciones del proceso y la capacitación correcta a los empleados (entrenamientos, reentrenamientos, cursos adicionales) y finalmente suministrar los equipos y materiales adecuados para la realización de las operaciones de manera que se eviten en mayor proporción de las fallas en el proceso.

Finalmente tenemos los defectos con estaño, los cuales consideramos los de mayor impacto para el medio ambiente y para la empresa. Es muy crítico el manejo y disposición final de los productos manejados con materiales como el estaño utilizado en este proceso, pues el mismo contiene entre sus componentes plomo.

#### **4.3 Análisis del Estaño.**

**Estaño:** El estaño, cuyo símbolo es Sn (del latín Stannum), es un elemento químico de número atómico 50 situado en el grupo 14 de la tabla periódica de los elementos<sup>16</sup>. Es el elemento con mayor cantidad de isótopos estables conocidos. Se utiliza para soldadura del sensor en el cable DPT, es la parte inteligente del dispositivo.

---

<sup>16</sup> Kalpakjian, Serope (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*, Pearson Educación, p.171

**La aleación utilizada en la empresa es Sn62/Pb36/Ag2**, compuesta de 62% de estaño. 36 % de plomo y 2% de plata (utilizada para dar toque brillante a la soldadura)

**Plomo:** Pb es un metal tóxico citado por la Agencia Americana de protección del medio ambiente como uno de los 17 elementos químicos más perjudiciales para la salud de los seres humanos<sup>17</sup>.

El plomo origina daño al cuerpo humano, inhibe el transporte de oxígeno y calcio, y perturba la transmisión nerviosa en el cerebro. Al ingresar en el cuerpo humano se concentra en los tejidos, el riñón, la médula ósea, el hígado y el cerebro. También en los dientes y en los huesos.

El plomo se absorbe en forma diferencial, según la edad del individuo. El sistema digestivo de un adulto generalmente absorbe entre 10-15 por ciento del plomo ingerido, mientras que el sistema de las mujeres embarazadas y los niños puede llegar a absorber hasta el 50%. El nivel de plomo en la sangre de los niños se incrementa con rapidez entre los 6 y 12 meses de edad, y tiende a llegar al nivel más alto entre los 18 y 24 meses de edad.

---

<sup>17</sup> Química de los elementos Autores: Greenwood y Earnshaw. 1997

Con tantas evidencias del daño que produce el plomo a los seres humanos, ha sido prohibido su uso en combustibles, y pinturas desde ya hace un par de años.

#### **4.4 Desventajas del plomo.**

- **Dificultad del cuerpo para deshacerse del Pb:**

De la sangre: 25 días

De los huesos: 25 años

- **Es un veneno acumulativo**

Ataca el sistema nervioso

Daños neurológicos, anemia.

- **Teratógeno**

Las mujeres en estado tienen que tener cuidado

Retarda el desarrollo mental en los niños

Según informes del Inventario de Emisiones de Sustancias Tóxicas (*Toxics Release Inventory*, TRI) de la EPA, en 1995 las instalaciones estadounidenses emitieron al medio ambiente alrededor de 1,360 toneladas (3 millones de libras) de plomo y 6,350 toneladas (14 millones de libras) de sus compuestos (USEPA, 1,997 b). Aproximadamente 87% se emitieron al suelo, 12% al aire y menos de 1% a los cuerpos de agua o en niveles subterráneos. En el mismo año, tales instalaciones transfirieron aproximadamente 30,390 toneladas (67 millones de

libras) de plomo y 141,520 toneladas (312 millones de libras) de compuestos del metal a otros sitios, fuera de sus terrenos: alrededor de 93% para reciclaje, 5% para eliminación y 2% para tratamiento (USEPA, 1,997 b). Al evaluar en 1995 las 647 sustancias químicas monitoreadas por el TRI en términos de la cantidad total de residuos derivados de la producción, se encontró que los compuestos de plomo se ubican entre los primeros diez lugares, con 390,540 toneladas (861 millones de libras) (USEPA, 1,997 b).

Lo que se necesita para reemplazar la tradicional soldaduras con plomo es un producto que sustituya a las aleaciones actuales, es decir a las aleaciones Sn63/Pb37 ó Sn62/Pb36/Ag2, utilizadas desde el inicio de la industria electrónica y de igual forma en nuestra empresa.

La aleación de reemplazo debería cumplir con la mayor cantidad de estas características:

- Económicamente viable y disponible.
- Temperatura de fusión por debajo de los 200°C;
- Temperatura de fusión lo más baja posible (< 230°C)
- Fase pastosa < 10°C
- Baja toxicidad
- Consistente en términos de proceso

- Reciclable
- Buen Mojado
- Conducción termo-eléctrica apropiada
- Compatible con los procesos y equipamientos disponibles.

#### **4.5 Normativas y tendencias gubernamentales en el mundo.**

Por todo esto, la presión internacional para reducir o eliminar el uso del plomo en la industria electrónica se está acelerando debido a las normativas de la WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) y RoHS (the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) efectivas en Agosto del 2005 y en Julio 1º del 2006 respectivamente.

#### **4.6 Soldadura sin Plomo.**

La soldadura sin plomo es una ventaja para el medio ambiente por diferentes causas, primero el plomo es una sustancia tóxica y segundo se evitaría la cantidad de basura electrónica que se genera y que termina muchas veces en vertederos al aire libre de todo el mundo, muchos sin ningún tipo de control químico previo.

La soldadura sin plomo, se especula apareció en la Antigua Roma en donde la población se vio afectada severamente por la contaminación del agua de

consumo que arrastraba el plomo de las tuberías por la que esta circulaba provocando daños cerebrales en muchas personas. Se hicieron muchos intentos por introducir alternativas libres de plomo en 1990, en los EEUU y en 1994 varios grupos empezaron a considerar más de 200 aleaciones sin plomo. Estos grupos concluyeron en que la aleación más apta era aquella compuesta por estaño/plata/cobre, también llamada SAC. La temperatura de fusión de la aleación SAC305 (96.5% Sn, 3.0% Ag, 0.5% Cu) es 34 °C superior a la de SnPb. En Japón hacia 1998 se crearon 3 formas de producción libre de plomo, una forma de SnAgCu y dos formas de SnAgBi.

#### **4.7 Tendencia del mercado:**

##### **Sn/Ag/Cu:**

**96,5Sn 3.0Ag 0.5Cu SAC305**

Aleación Hipoeutéctica (217°C-220°C)

**95,5Sn 3.8Ag 0.7Cu SAC3807**

Aleación Eutéctica (217°C)

#### **4.8 Diferencias entre las aleaciones SAC's**

Las aleaciones Sn / Ag / Cu (SAC) por sus siglas en inglés, se refieren a las conformadas por estaño, plata y cobre. A continuación se describen las diferencias entre estas aleaciones.

### SAC3807

1. Fusiona in situ 217°C por lo sufre menos segregación.
2. Estructura más fina e uniforme
3. Mejor cosmética

### SAC305 (96.5% de estaño, cobre 0,5% y 3% de plata)

1. Fusiona entre 217°C y 220°C
2. Se origina más segregación de acabados de pcb y componentes.
3. Estructura más granulada y mate.

#### 4.9 Aleaciones probadas para lead-free

Japon	Estados Unidos y Americas	Europa
Sn/Cu	Sn/Cu	Sn/Cu
Sn/Zn	Sn/Ag	Sn/Ag
Sn/Ag	<b>SAC</b> Sn/Ag/Cu	<b>SAC</b> Sn/Ag/Cu
<b>SAC</b> Sn/Ag/Cu	Sn/Ag/Cu/Sb	Sn/Ag/Cu/Sb
Sn/Ag/Cu/Sb	Sn/Ag/Bi/Cu	Sn/Ag/Bi/Cu
Sn/Ag/Bi/Cu/Ge		Sn/Ag/Bi/Sb

Tabla 15

#### 4.10 Costos de las diferentes aleaciones

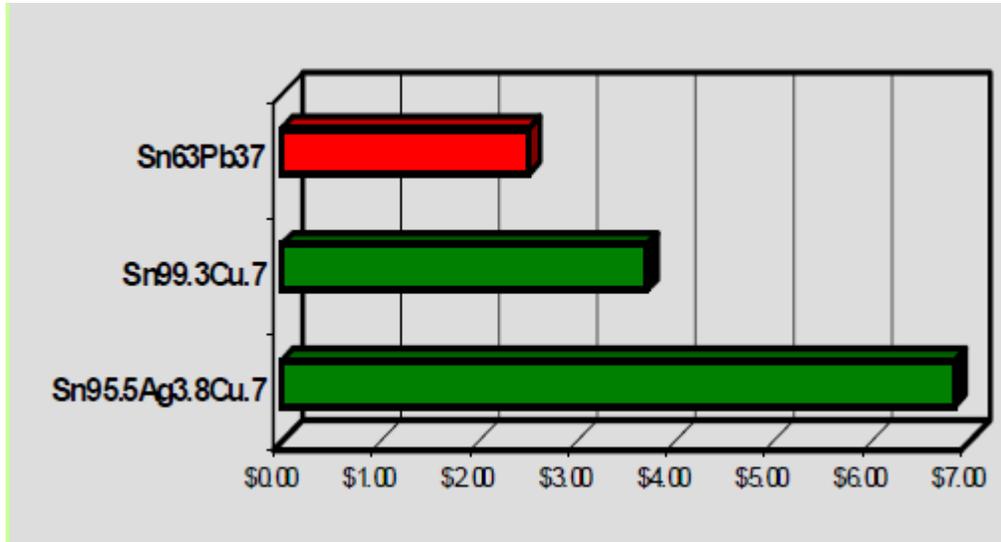


Diagrama 6

#### 4.11 Aleación de estaño seleccionada:

**95,5Sn 3.8Ag 0.7Cu SAC3807**

Aleación Eutéctica (217°C)

#### 4.12 Características.

- **Esta aleación es la más recomendada para soldaduras a manos.**
- Apariencia cosmética del Libre de Plomo (metal) - topografía de la superficie algo "rugosa".

- La apariencia "Rugosa" es solamente el resultado de un fenómeno superficial (crecimiento cristalino). Esto es típico para todas las aleaciones libre de plomo SAC y no es indicativo de unión de soldadura pobre.
- Buena resistencia a la fatiga térmica
- La aleación SAC da 12.5 % mas volumen por unidad de peso.
- El volumen es lo importante cuando se hacen uniones de soldadura.
- Producirá 12,5% más de pcbd's por kilo de pasta, la soldadura necesitara menos barra (1200lb de estaño-plomo) 1053 lb de SAC 3807 .Un carrete tendrá 12.5 más de longitud.

#### **4.13 Ventajas del uso del estaño sin plomo.**

##### **4.13.1 Ventajas de la soldadura sin plomo**

Todas las aleaciones exentas de plomo funden a una temperatura superior a las de las aleaciones tradicionales. Las temperaturas de soldadura del soldador necesitan incrementarse y, ambos, los componentes y PCB necesitarán soportar estos incrementos de nivel. El incremento de la temperatura planteará una mayor exigencia al flujo y quizás será necesario optar por un mayor contenido de sólido, o un flujo más activo si la soldadura resulta al utilizar materiales exentos de plomo. Puntos de fusión típicos:

- Estaño-cobre 227°C

- Estaño-plata 221°C
- Estaño-plata-cobre 217°C
- Estaño-plata-bismuto 205°C hasta 215°C
- Estaño-zinc 199°C
- Estaño-plomo 183°C
- Estaño-bismuto 138°C

Algunos estudios han demostrado que una junta de soldadura sin plomo es, de hecho, incluso más fiable que una junta equivalente de estaño/plomo<sup>18</sup>.

- Calidad Electropure, de muy baja cantidad de impurezas y muy escasa formación de escoria.
- Calidad IPC, de menor costo, cumple con las especificaciones IPC-J-STD-006<sup>19</sup>. (Aceptabilidad en Ensamblados Electrónicos”, es la especificación más ampliamente usada en la industria de ensamblados electrónicos).<sup>20</sup>

#### **4.14 Ajuste al proceso recomendado**

Es beneficioso el uso de Nitrógeno

- El uso de Nitrógeno reducirá la escoria

---

<sup>18</sup> <http://www.yoreparo.com/foros/electronica/288678.html>

<sup>19</sup> <http://mx.aimsolder.com/Products/LeadFree.aspx>

<sup>20</sup> <http://www.blackfox.com/cursosipc>

- El nitrógeno también reduce la oxidación de pads y soldadura lo cual mejora la actividad del flux.
- El uso de nitrógeno podría facilitar la reducción de la temperatura de la soldadura lo cual reduciría la el riesgo potencial de deformar la tarjeta.

#### **4.15 Soldadura Libre de Plomo - 95.5Sn/3.8Ag/0.7Cu**

##### **4.15.1 Beneficios**

- El mejor rendimiento de su clase
- Menor inspección en líneas de producción
- Disminución de defectos de soldeo
- Aleación con especificación de Máximo Pb contenido del .1%
- Mayor productividad y menor costo
- Máximo rendimiento en el soldeo de uniones
- Excelente rendimiento con un amplia variedad de flux
- Cumple con todos los requerimientos de la norma RoHs
- Mejor funcionamiento que todos los materiales basados en Sn/Cu
- Excelente soldeo debido a su rápido tiempo de adhesión
- Mayor productividad y menor costo
- Rápida adherencia, basado en pruebas de laboratorio
- Excelente drenado, pequeños niveles comparado con las aleaciones Sn Cu

#### 4.15.2 Usos

- Ensambladores electrónicos para soldeo de superficies
- Soldeo tarjetas de circuitos electrónicos
- Aplicaciones área de electrónica
- Aplicaciones área de electrónica
- Aplicaciones que requieran cumplir con la norma RoHs
- Ingeniería Electrónica

#### 4.16 Propuestas de cambio a lead free

Nombre de la empresa: Empresa farmacéutica					
Área de estudio: Energía/Materia					
Opción	Inversión estimada (RD\$)	Gasto estimado Actual (RD\$/Año)	Gasto estimado de la opción (RD\$/Año)	Ahorro (RD\$/Año)	Beneficio ambiental anual reducción de CO2 (Ton)
Libre de plomo	\$ 33,400.00	\$ 2,159,413.23	\$ 1,279,421.83	\$ 879,991.41	70.2
Lead Free	\$ 912,240.00	\$ 745,756.20	\$ 912,240.00	\$ (166,483.80)	

\$  
713,507.61

**Tabla 16**

Cambiar las aleaciones con contenido de plomo por aleaciones lead free, nos permite lograr reducir la cantidad de residuos que salen al medio ambiente con

plomo y evitar que estos residuos lleguen a los suelos y aguas pudiendo causar enfermedades y acumulación de desechos.

Con estas recomendaciones lograremos disminuir algunos de los impactos negativos que afectan al medioambiente.

Debido a la gran cantidad de desechos generados por las empresas farmacéuticas, se produce un impacto ambiental negativo, lo que queremos lograr disminuir con este proyecto. En la tabla 16 se puede observar que a un largo plazo se puede lograr obtener un beneficio ya que la reducción de los costos para la obtención de esta aleación dependerá de cuán grande sea el volumen de compra para que resulte más barata esta aleación.

## **CONCLUSIÓN**

La necesidad para el mundo, de preservar hoy por hoy los recursos naturales y la vida en el planeta se ha vuelto una tendencia, ya que los seres humanos han ido reflexionando sobre la conservación del medio ambiente y de la no utilización abusiva de los recursos naturales, se han dado cuenta de que utilizamos más recursos que los que en realidad existen.

Por eso hoy en día existen un sin número de organizaciones dedicadas a la protección y cuidado del medioambiente, alentando a las empresas a contribuir con estas a través de la implementación de estrategias de producción más limpia.

Este trabajo de grado no solo tiene la intención de mejorar la gestión ambiental de las empresas, sino también busca mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad.

Se considera que aplicando la propuesta mencionada en el proyecto nuestra sociedad adoptaría una nueva mentalidad, planificando lo que consumiría y también ahorrando energía y protegiendo al medioambiente de sustancias tóxicas.

Se prevé que este proyecto puede resultar en una mejora significativa en el índice de recuperación de residuos y ahorro de energía en un aproximado de un 5%.

## RECOMENDACIONES

- En el caso para las iluminarias se recomienda cambiar las lámparas T12 a T8, para reducir el consumo de energía d la empresa. Con esta alternativa podemos lograr disminuir el impacto ambiental que provoca el consumo masivo de la energía eléctrica.
- Para el caso del estaño se recomienda cambiar las aleaciones con contenido de plomo por aleaciones lead free, logrando así reducir la cantidad de residuos que salen al medio ambiente con plomo, llegando estos a nuestros suelos y aguas pudiendo causar enfermedades y acumulación de desechos.
- Los defectos relacionados con la utilización del adhesivo en nuestro proceso se pueden solucionar mejorando el seteo de las maquinarias para con la cantidad de dispensado, de esta manera se reduciría el desecho provocado por los materiales que son tocados por este material. Además de el readiestramiento del personal y seguimiento al proceso de ensamblaje y manufactura puede ayudar a disminuir ciertos puntos tratados en el trabajo, provocando así un mejora en el proceso.

Con estas recomendaciones lograremos disminuir algunos de los impactos negativos que afectan al medioambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA). (2009). *<http://www.unep.org/spanish/environmentalgovernance/Introducci%C3%B3n/tabid/4283/Default.aspx>*. Recuperado el 1 de Febrero de 2011, de [www.unep.org](http://www.unep.org).
- Tomado de Producción Más Limpia en Colombia: Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia. CNPMLTA – CECODES.
- Ley 6400, ley de medio ambiente, Cap.III. Art.16.
- Jennie S. Hwang (2004). Introduction to Implementing Lead-Free Electronics. McGraw-Hill Professional
- Datos obtenidos de los procedimientos internos de la empresa llamados SOP o regulaciones evaluadas por la ISO9001, OSHA, ISO1400.
- Factura Eléctrica de la subestación de PIISA.
- P. Croser, F. Ebel: Neumática básica. Festo Didactic, Esslingen 2003
- Jiménez Díaz, M. M., & Amórtegui Ramírez, A. M. (12 de Junio de 2007). *Produccion más Limpia Industria Farmaceutica*. Recuperado el 1 de Febrero de

2011, de [http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/Revista+Limpia/vol2n1/P+L\\_V2\\_N1\\_p030-38\\_farmacias.pdf](http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/Revista+Limpia/vol2n1/P+L_V2_N1_p030-38_farmacias.pdf): <http://www.lasallista.edu.com>

## **GLOSARIO.**

**Auditoría energética.** Identifica los costos y las cantidades físicas de los insumos de energía utilizados, las tendencias anuales y estacionales en el uso de la energía y su costo, y el uso por unidad producida.

**Ciclo de vida.** La combinación de procesos que un producto necesita para cumplir con la función especificada por la unidad funcional. Las etapas del ciclo de vida incluyen producción, uso y procesamiento después de su disposición, incluyendo el procesamiento de los desechos generados en estas etapas.

**Contabilidad ambiental.** Un intento de desarrollar hojas de balance para medir la actividad económica en términos de sus costos para el medio ambiente.

**Contabilidad de materiales.** Una técnica analítica dirigida a identificar y cuantificar los materiales que entran y salen de un proceso de producción o de las instalaciones de proceso.

**De-la-cuna-a-la-tumba (*Cradle-to-grave*).** El ciclo de vida de un producto desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final.

**Desechos.** En el contexto de este paquete, "Desechos" es un término amplio que cubre cualquier descarga de un proceso que no sea un producto. Por lo tanto describe descargas en fases líquida, gaseosa y sólida.

**Disposición.** Ubicación final o destrucción de desechos tóxicos, radioactivos o de otra clase.

**Eco-auditoría.** Es una herramienta de gestión que comprende la evaluación sistemática, periódica, documentada y objetiva del funcionamiento de los equipos, la gerencia y la organización ambiental. Algunas veces el término ***auditoría ambiental*** se utiliza en lugar de eco-auditoría.

**Eco-eficiencia.** Maximización de los resultados industriales partiendo desde un nivel de entrada de insumos, para asegurar la producción limpia, el uso apropiado de los recursos humanos, y los recursos renovables y no renovables.

**Eco-etiquetado.** El uso de etiquetas para informar al consumidor que el producto es más amigable ambientalmente que otros de su misma categoría.

**Evaluación de impacto ambiental (EIA).** Una evaluación de los efectos de las actividades del desarrollo humano o la carencia de acciones sobre distintos

componentes del medio ambiente, llevada a cabo durante la etapa de planeación.

**Evaluación de mejoras.** La fase más importante de la evaluación del ciclo de vida. En esta fase, el fabricante puede identificar las oportunidades de mejorar el desempeño ambiental de su producto.

**Evaluación de producción más limpia.** Un procedimiento para evaluar de manera sistemática un proceso de manufactura o de producción para identificar opciones de mejoramiento o cambio, con el fin de disminuir las emisiones contaminantes y otros impactos ambientales.

**Evaluación de tecnología ambiental.** Una evaluación que analiza los efectos de una tecnología en el medio ambiente, especialmente sobre la salud humana, sistemas ecológicos y recursos.

**Evaluación química.** Es una herramienta analítica que determina el potencial de un químico de causar daños debido a su toxicidad inherente y/o ecotoxicidad.

**Mitigación.** Véase Tratamiento al final del tubo.

**Periodo de reembolso.** Una medida simple de rentabilidad que se puede utilizar para calcular el tiempo que tomará un proyecto de *producción más limpia* (o cualquier proyecto de capital) para pagarse por sí mismo.

**Recuperación.** La extracción de materiales de los desechos que pueden ser reciclados o reutilizados. La recuperación puede ocurrir en la fuente que produce los desechos o como un proceso durante su manipulación.

**Reclamación.** La recuperación de productos útiles del material de desecho.

**Reducción en la fuente.** Es una parte del enfoque de la *Producción más limpia*. Implica prevenir la generación de desechos desde su origen, en lugar de manejarlos una vez que han sido producidos.

**Reutilización.** Recuperación de materiales o productos para su propósito original dentro del mismo sitio.

**Sistema de manejo ambiental.** Un sistema dirigido a facilitar el mejoramiento del desempeño ambiental que incluye una revisión completa de los efectos producidos por una compañía; la elaboración de una política ambiental diseñada para atenuar los efectos identificados y los procedimientos para lograr las metas y objetivos de esa política.

**Tecnologías más limpias.** Procesos o equipos de producción con una tasa baja de generación de desechos. Las plantas de tratamiento o reciclaje no se clasifican como tecnologías limpias.

**Tratamiento al final del tubo.** Tratar los contaminantes al final del proceso — utilizando, por ejemplo, filtros, catalizadores y lavadores— en lugar de prevenir su generación.

**CNPMLTA.** Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.

**Aditivos.** Sustancias que son agregadas a un producto cualesquiera considerado como materia primordial y que inciden sobre alguna de sus

características físico químicas. Desde el punto de vista ambiental, en algunos casos, el aditivo agregado a un producto suele ser más perjudicial que el producto mismo.

**ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS QUE SE POSEEN EN COMÚN.** Se trata de la administración de determinado recurso por parte de un grupo bien definido de usuarios de los mismos con facultad de reglamentar su uso por los miembros del grupo y por extraños.

**Agentes Nocivos.** Sustancias que liberadas en el medio ambiente en concentraciones inadecuadas significan un peligro para la biota.

**Análisis Ambiental.** Proceso que conduce al conocimiento de impactos ambientales y ecológicos y evalúan sus consecuencias, antes de la implementación de las actividades.

**Aprovechamiento sustentable.** Uso de un recurso natural de modo tal que no altere las posibilidades de su utilización en el futuro.

**Autodepuración.** Es la capacidad de un cuerpo de agua, que recibe o ha recibido una carga contaminante, de recuperar las condiciones físico químico y biológico preexistente a la incorporación de los contaminantes.

**Alteración ambiental.** Es el efecto de la contaminación en el ambiente.

# ANEXOS

# **ANEXO #1**

**UNIVERSIDAD ACCIÓN PROEDUCACIÓN & CULTURA**

**DECANATO DE INGENIERÍA E INFORMÁTICA  
ESCUELA DE INGENIERIA**



**ANTEPROYECTO DE MONOGRAFICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL.**

“Implementación de Producción más Limpia en una empresa manufacturera de  
productos médicos, PIISA (ITABO)”.

Sustentantes:

<i>Br. Evelyn Martínez Cuevas</i>	<i>2007-0012</i>
<i>Br. Anyelisse Abad Casilla</i>	<i>2006-2155</i>
<i>Br. Pamela Suazo Morel</i>	<i>2006-1973</i>

**Santo Domingo, R.D.**

**Febrero 2011**

## **I. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.**

### **1.0 Selección del título y definición del tema.**

El título seleccionado “Implementación de Producción más Limpia en una empresa manufacturera de productos médicos, PIISA (ITABO)”.

El concepto de Producción Más Limpia ha alcanzado reconocimiento a nivel mundial como una estrategia preventiva para la protección del medio ambiente en las empresas.

De acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), la Producción Más Limpia (PML) es la aplicación continua a los procesos, productos, y servicios, de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente. (Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), 2009).

### **1.1 Planteamiento del problema.**

Hábitos de trabajo más limpios permiten un desarrollo equilibrado de la sociedad y una menor disminución del capital ambiental. El saber combinar las actividades industriales que incrementan el capital económico y que sus productos finales no afecten el medioambiente no es una tarea fácil, más cuando el producto final

está siendo utilizado para salvar vidas como es el caso de los productos médicos manufacturados en la línea en la que está basado nuestro proyecto.

El proceso de manufactura de la línea seleccionada afecta al medio ambiente produciendo y utilizando productos ambientalmente no amigables como lo son (plásticos, cartones, ciclohexanona, papel, estaño entre otros) y haciendo tratamientos de residuos al 'final del ciclo' en lugar de prevenirlos en su creación, agregando a esto la no utilización de nuevos métodos para el reciclaje y la reutilización de residuos que no son compatibles en un 100% con el cuidado medioambiental.

Por esta razón queremos hacer un balance del uso racional de los recursos utilizados en la elaboración y manejo de productos médicos, al igual que evaluar su selección de materia prima, diseño del producto y reducción del impacto al planeta, por medio del reciclaje y recuperación en todo el ciclo de vida, incluyendo los efectos ambientales durante la producción, uso y después de la disposición final del producto.

## **2.0 Objetivos**

### **2.1.1 Objetivo general**

Evaluar la utilización de materias primas, insumos, energía, agua, así como otros aspectos a fin de disminuir la generación de residuos, tanto líquidos como sólidos y lograr un balance de energía eficiente, para así poder obtener una producción más limpia.

### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Medir los el consumo de energía eléctrica utilizado en la empresa, para poder disminuir el consumo innecesario de la misma.
- Evaluar la factibilidad de la utilización de materia prima sustituta en aquellas etapas que generan gran cantidad de scrap para reducir el impacto al medio ambiente producido por las mismas.
- Evaluar el volumen de agua utilizado en la empresa, para poder hacer una reutilización de la misma.
- Diseñar un programa de reciclaje para reducir desperdicios que se desprenden de la realización del producto final.
- Identificar los factores que condicionan las actitudes de los empleados, al reciclaje y a un menor nivel de desperdicio para confeccionar un programa de producción más limpia.

### **3.0 Justificación de la investigación**

#### **3.1.1 Justificación teórica**

La necesidad de preservar nuestros recursos y cuidar el medioambiente, ha generado que muchas de nuestras empresas y organizaciones comiencen a implementar la Producción más Limpia, no solo a nivel nacional, sino en todo el mundo a fin de preservar la vida del planeta.

En la actualidad es tanta la contaminación ambiental generada por las organizaciones y las personas que los recursos naturales se están agotando debido a que utilizamos más de los que necesitamos, incrementando así el daño generado al medioambiente. Por esta razón uno de los puntos a tratar es cómo podemos disminuir el impacto generado por los desechos al medio ambiente aplicando mejoras en nuestros procesos de producción para lograrlo.

En relación a la línea seleccionada es necesaria una evaluación de la materia prima con la que realiza su proceso de manufactura así como posibles sustitutos para estas y reducción de sus desechos; además de los procesos que se utilizan para la producción así como la cantidad de energía utilizada por las maquinarias en cuestión.

### **3.1.2 Justificación Metodológica.**

En la investigación se utilizará los métodos de consecución de información necesarios para estructurar y darle solución al problema, estas técnicas a utilizar son:

- Visitas a la empresa donde se obtendrá la información para la elaboración del proyecto a fin de conocer la línea y el producto con el que se trabajara.
- Evaluación de su proceso de producción.
- Consulta de libros e internet.
- Análisis de la cantidad de desechos generados en la línea.
- Consulta a expertos en el tema de Producción más Limpia, así como a los involucrados en el proceso de manufactura.
- Análisis de balance de materia, agua y energía.

### **3.1.3 Justificación práctica**

El tema de investigación es importante tanto para las empresas como para los seres humanos, ya que se trata de ofrecer una mejor vida a nuestras generaciones futuras, preservando nuestro medio ambiente y hábitat natural. Para ello pondremos en práctica las técnicas y los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera a fin de crear conciencia en las personas y reducir el

impacto medioambiental que causa la contaminación y el no reciclaje de desechos ya sean sólidos o líquidos.

### **3.2 Tipos de investigación.**

Para el desarrollo de nuestra investigación se utilizaran varios tipos de estudios, entre ellos:

- **Descriptivo** pues reseñaremos rasgos, cualidades o atributos de la línea de manufactura que en este caso es la línea de manufactura de productos médicos.
- **Correlacional** ya que vamos a medir el grado de relación entre las variables existentes en la línea.
- **Estudio de Casos** por la razón de que analizaremos una línea específica dentro de una población de líneas de manufactura de productos médicos.

## **4.0 Marcos de referencias.**

### **4.1 Marco Teórico**

#### **4.1.1 Antecedentes Históricos**

La aplicación de producción más limpia y las buenas prácticas en una empresa no es tarea fácil, es responsabilidad de todos asegurarnos de proteger nuestro medio ambiente.

El concepto de Producción más Limpia fue introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1989. (Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), 2009).

Según ONUDI (Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial.) – Manual de Producción más limpia. La Producción Más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

- En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.
- En el desarrollo y diseño del producto, la Producción Más Limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- En los servicios, la Producción Más Limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

La clave del éxito, dice Jiménez (2007), en su artículo Producción más limpia en la industria farmacéutica, además de ser eficientes desde el punto de vista ambiental, normalmente son de menor costo y/o tienen reducidos períodos de pago de la inversión. Por tal motivo son denominadas opciones costo-eficientes.

La reducción de los residuos está relacionada al cambio de conducta y creación de una cultura de productividad y de minimización de residuos al interior de la empresa. (Jiménez Díaz & Amórtegui Ramírez, 2007).

Es importante despertar la sensibilidad de los empleados respecto al problema e involucrarlos en la identificación de oportunidades y en su aplicación.

El proceso puede ser mejorado asegurando una buena difusión interna de los resultados de la implementación de las “Buenas Prácticas de Manejo” al interior de la empresa. El objetivo es el mejoramiento continuo del proceso productivo mediante el uso más racional de los recursos y la optimización de los procesos productivos.

En general, los beneficios derivados de la PML incluyen, entre otros:

- Optimización del proceso y ahorro de costos mediante la reducción y el uso eficiente de materias primas e insumos en general.
- Mejoramiento de la eficiencia operativa de la planta.
- Mejoramiento de la calidad de los productos y consistencia porque la operación de la planta es controlada y por ende más predecible.
- La recuperación de algunos materiales de los subproductos.

- Reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición (Manejo y control Responsable de los Residuos)
- Menores primas de seguros.
- Mejoramiento de la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidad, entidades financieras, etc.
- Manejo y Transporte Racional de Materiales y Productos
- Ahorro de Energía
- Ahorro de Agua

### **Barreras para la implementación de la Producción Más Limpia.**

La literatura general justifica la lentitud de la reconversión empresarial hacia una mejor gestión ambiental en los países en desarrollo, principalmente por la resistencia al cambio como un problema cultural y por la dificultad de acceso a la información y a financiación. Igualmente el enfoque hacia mercados locales reduce las exigencias ambientales que pueden presentarse en las exportaciones hacia mercados globales.

Sin embargo, debido a la irrupción del e-commerce en los negocios del mundo, lo que significa cambio profundos en la forma de producir y vender, y aunque los países en desarrollo han sido algo más lentos, no se necesitan grandes

esfuerzos de convicción para que las empresas grandes y pequeñas busquen oportunidades de negocios en ese nuevo entorno.

La Producción Más Limpia (PML) lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones. De hecho, aunque la conciencia de la problemática ambiental ha crecido mucho en los últimos años, estudios de las naciones unidas indican que menos del 20% de las empresas norteamericanas y europeas están a la vanguardia de los avances en ecoeficiencia y producción limpia.

La estrategia de la PML, orientada a la prevención, involucra la modificación de los procesos de producción, la tecnología, las prácticas operacionales o de mantenimiento y resultados de acuerdo con las necesidades de los consumidores en cuanto a productos y servicios más compatibles ambientalmente.

Es importante anotar que la Producción Más Limpia no siempre requiere la aplicación de nuevas tecnologías y equipos (Tomado de Producción Más Limpia en Colombia: Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia. CNPMLTA – CECODES. Fuente UNIDO/UNEP) generalmente su punto de apoyo comienza simplemente con buenas prácticas de operación. Las técnicas más comúnmente utilizadas dentro del marco de la Producción Más Limpia:

- Buenos procedimientos de operación
- Sustitución de materiales
- Cambios tecnológicos
- Reciclaje interno
- Rediseño de productos

#### **4.2 Marco conceptual**

**Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**Producción:** Se define como la combinación de una serie de elementos (factores de producción), que siguen una serie de procedimientos definidos previamente (tecnología) con la finalidad de obtener unos bienes o servicios (producto).

**Desechos:** Aquello que queda (residuo, basura...) después de escogido o utilizado lo más servible.

**Riesgos:** El término riesgo se utiliza en general para situaciones que involucran incertidumbre, en el sentido de que el rango de posibles resultados para una determinada acción es en cierta medida significativo.

**Medioambiente:** Es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados entre sí.

**Materia Prima:** Se conocen como materias primas a los materiales extraídos de la naturaleza o que se obtienen de ella y que se transforman para elaborar bienes de consumo.

**Contaminación:** La contaminación es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo.

**Prevención:** es la disposición que se hace de forma anticipada para disminuir un riesgo.

**Insumos:** El insumo es un bien consumible utilizado en el proceso productivo de otro bien. Este término, equivalente en ocasiones al de materia prima, es utilizado mayormente en el campo de la producción agrícola. Los insumos usualmente son denominados factores de la producción o recursos productivos.

**Recursos:** se denominan recursos a aquellos elementos que aportan algún beneficio a la sociedad.

**Eficiencia:** Es la habilidad de lograr objetivos optimizando la utilización de los recursos (tiempo, horas/hombre, insumos y otros).

#### **4.3 Marco espacial**

Línea de producción de una empresa de productos médicos, zona industrial de Haina, San Cristóbal.

#### **4.4 Marco temporal**

La investigación se realizará en el periodo Enero-Mayo 2011.

## **5.0 Métodos, procedimientos y técnicas.**

### **5.1 Método de estudio**

En la elaboración de este proyecto se utilizarán métodos de estudio como la observación, el inductivo, deductivo y el de análisis. Con la utilización de estos pretendemos lograr los objetivos planeados en un principio.

El método de la observación se aplicará en cada visita realizada a la empresa; con este deberá identificarse cada factor que pueda aportar conocimiento para el cumplimiento de nuestros objetivos para con la línea de producción. Con el método inductivo se procederá a realizar un estudio de los datos obtenidos con la observación para luego deducir y analizar las posibles mejoras aplicables a partir de estos.

### **5.2 Procedimientos.**

En los procedimientos a emplearse se realizará primero una evaluación/diagnóstico de la empresa, la segunda etapa a realizar son mediciones de los parámetros de la empresa en términos de energía utilizada y desechos arrojados al medioambiente y en la tercera se identificarán los proyectos a llevar a cabo, en base a las oportunidades de mejora que surgirán del diagnóstico y la medición.

**Etapa de evaluación/diagnóstico:**

La evaluación comprenderá un análisis del proceso productivo de la empresa, considerando todas las entradas y salidas a cada una de las etapas del mismo. Observaremos los equipos utilizados, la materia prima, insumos, materiales auxiliares, consumo de energía, consumo de agua, los principales subproductos, residuos, efluentes y emisiones. También se calcularán los costos asociados a cada etapa del proceso productivo. En esta etapa también se evaluarán todos los aspectos ambientales derivados del proceso, los impactos provocados, su severidad y la probabilidad de ocurrencia, para lograr identificar los impactos más importantes. También se identificarán las medidas de mitigación existentes, ya sean tratamientos, minimización en la generación, etc. Como resultado del diagnóstico se obtendrán unas oportunidades preliminares de mejora, que surgen de la evaluación de todos los datos existentes en la empresa.

**Etapa de medición:**

Vamos a realizar un balance de materiales a nivel de toda la línea, balance de agua, balance de materias primas (papel y plástico principalmente). Como resultado de estos datos esperamos obtener un listado de oportunidades de mejora, para cada una de ellas se identifica la etapa del proceso a la que pertenece, las barreras que se tienen para su implementación, el plan de acción y el motivo para su elección, en base a esta información se hace una lista priorizada.

**Etapas de proyectos:**

En la tercera parte se tomarán de la lista de oportunidades las dos más interesantes para realizar proyectos de implementación.

**6.0 Técnicas de investigación****Observación indirecta participante**

Para desarrollar esta técnica estaremos en presencia de las operaciones realizadas para manufacturar el producto, así como del scrap producido en la línea y como se tratan los residuos de materia prima, combustible y utilización de energía en todo el proceso.

**Encuesta**

Esta técnica será utilizada con los supervisores e ingenieros de la línea de manufactura así como conocedores del tema de Producción más Limpia para aclaraciones y obtención de información adicional acerca de los procesos utilizados tanto para manufacturar como para la aplicación de PmL en la línea.

## **7.0 Fuentes de información.**

### **7.1 Fuentes primarias**

El tema de investigación se apoyará en las fuentes primarias tales como los empleados de la empresa seleccionada a los cuales les serán solicitados los documentos e información necesaria acerca de la empresa y la línea de producción.

Las observaciones que hagamos en la visitas a la empresa. Así como los datos de normas ambientales, de manufactura de la empresa y de la República Dominicana suministrada por la institución que aplique.

### **7.2 Fuentes secundarias**

Los libros, capitulaciones de la ISO 14001, capitulaciones del tratado de Rio, enciclopedia, revistas, periódicos, artículos científicos, documentación de la empresa e Internet.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Jiménez Díaz, M. M., & Amórtegui Ramírez, A. M. (12 de Junio de 2007). *Produccion más Limpia Industria Farmaceutica*. Recuperado el 1 de Febrero de 2011, de [http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/vol2n1/P+L\\_V2\\_N1\\_p030-38\\_farmacias.pdf](http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/vol2n1/P+L_V2_N1_p030-38_farmacias.pdf): <http://www.lasallista.edu.com>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. *Política Nacional de Producción más Limpia*. Santa Fé, Bogota, Colombia: Gente Nueva.

Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA). (2009). <http://www.unep.org/spanish/environmentalgovernance/Introducci%C3%B3n/tabid/4283/Default.aspx>. Recuperado el 1 de Febrero de 2011, de [www.unep.org](http://www.unep.org).

Tomado de Producción Más Limpia en Colombia: Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia. CNPMLTA – CECODES 4  
Fuente UNIDO/UNEP

## Tabla de Contenido

I. DESCRIPCION DEL PROBLEMA. ....	82
1.0 Selección del título y definición del tema.....	8101
1.1 Planteamiento del problema.....	8101
2.0 Objetivos .....	84
2.1.1 Objetivo general .....	84
2.1.2 Objetivos específicos.....	84
3.0 Justificación de la investigación .....	85
3.1.1 Justificación teórica .....	85
3.1.2 Justificación Metodológica.....	86
3.1.3 Justificación práctica .....	86
3.2 Tipos de investigación.....	87
4.0 Marcos de referencias.....	87
4.1 Marco Teórico.....	87
4.1.1 Antecedentes Históricos.....	87
4.2 Marco conceptual .....	92
4.3 Marco espacial .....	93
4.4 Marco temporal.....	93
5.0 Métodos, procedimientos y técnicas.....	94
5.1. Método de estudio.....	94
5.2 Procedimientos.....	94

6.0	Técnicas de investigación.....	96
7.0	fuentes de información. ....	97
7.1	Fuentes primarias.....	97
7.2	Fuentes secundarias .....	97
	Bibliografía.....	98

# **ANEXO #2**

## Norma ISO 14001: Aspectos básicos

- La empresa está acreditada en ISO 14001
- Desde el 2008.
- La razón de esta empresa para adquirir la certificación es porque es un requisito corporativo que toda empresa debe poseer para reducir el impacto ambiental que causan los desechos y la contaminación.

## Norma ambiental sobre la calidad del agua y control de descargas

- 1) **Tabla 4.2.1** Descargas de aguas residuales industriales a sistemas de alcantarillado contenida en la Ley 6400.
  - a) **Comparación de los valores máximos permisibles para cada parámetro que se encuentra definido en la tabla vs los valores obtenidos en la empresa.**

<b>Parámetros</b>	<b>Valores máximos permisibles</b>	<b>Empresa</b>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	250 mg/L	<b>300</b>
Demanda química de oxígeno (DQO)	600 mg/L	<b>600-700</b>
Fosforo total (P tot)	10 mg/L	<b>4</b>
Nitrogeno total (N tot)	40 mg/L	<b>27</b>
Solidos suspendidos (SS)	400 mg/L	<b>90</b>
pH	6-9	<b>7.2-7.8</b>

- 1) **Tabla 4.2.2.** Valores máximos permisibles para descargas industriales a las aguas superficiales y al subsuelo.
  - a) **Comparación del promedio diario de cada parámetro que se encuentra definido en la tabla vs los valores obtenidos en la empresa.**

**Empresa**

<b>Manufacturera farmacéutica</b>	<b>PH</b>	<b>6-9</b>	<b>7.2-7.8</b>
	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>30</b>	<b>30</b>
	<b>DQO</b>	<b>150</b>	<b>400</b>
	<b>SST</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
	<b>Grasas y aceites</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
	<b>Fenoles</b>	<b>0.5</b>	<b>0.03</b>
	<b>CN-</b>	<b>0.1</b>	<b>.002</b>
	<b>AOX</b>	<b>1</b>	<b>0.3</b>
	<b>As</b>	<b>0.1</b>	<b>.004</b>
	<b>Cd</b>	<b>0.1</b>	<b>.03</b>
	<b>Cr6+</b>	<b>0.1</b>	<b>.009</b>
	<b>Hg</b>	<b>0.01</b>	<b>.0078</b>
	<b>Ingredientes activos(cada uno)</b>	<b>0.05</b>	<b>.002</b>