



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE  
LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

**Erwin Alejandro Milián Izeppi**

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE  
LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ERWIN ALEJANDRO MILIÁN IZEPPI**

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Karla-María Lucas Guzmán
EXAMINADORA	Inga. Priscilla Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de mayo 2013.



Erwin Alejandro Millán Izeppi



Guatemala, 20 de mayo de 2014.  
REF.EPS.DOC.593.05.14.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

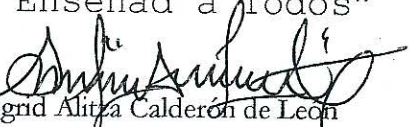
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Erwin Alejandro Milián Izeppi**, Carné No. **200815205** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

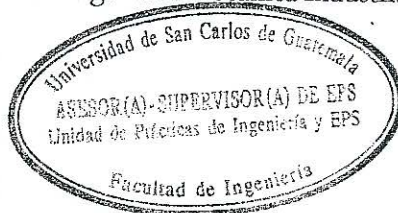
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

**Asesora-Supervisora de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 20 de mayo de 2014.  
REF.EPS.D.285.05.14

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Erwin Alejandro Milián Izeppi** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Erwin Alejandro Milián Izeppi**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2014.

/mgp





FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EML117.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario Erwin Alejandro Milián Izeppi, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
**Ing. César Ernesto Urquizú Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, julio de 2014.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Erwin Alejandro Milián Izeppi** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, julio de 2014



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por estar siempre conmigo y ser guía de toda mi vida.
- Mi madre** Claudia Izeppi, por su inmenso e incondicional amor estando siempre a mi lado en buenos y malos momentos. Gran luchadora de la vida.
- Mi padre** Erwin Milián, por ayudarme incondicionalmente en todo momento, transmitirme su alegría con todo su amor.
- Mis abuelos** Óscar Milián y Yolanda Ruiz de Milián, por tenerme como otro hijo. Gracias por su gran apoyo. Ana María Astorga, por tus buenos consejos, ejemplo de responsabilidad y esfuerzo.
- Mis hermanos** Diego y Pamela Milián Izeppi, los mejores hermanos que alguien puede tener.
- Mis tíos** Por ser una importante influencia en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la casa de estudios que me recibió para convertirme en un profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme y enriquecerme con los conocimientos necesarios para convertirme en profesional y conocer grandes personas en el camino.
<b>Mis amigos</b>	Julio César, Marvin, Luis Mario, Erick, Josué y Sofía por estar siempre conmigo en las buenas y malas.
<b>Rayovac Guatemala, S. A.</b>	Una empresa con grandes personas que me ayudaron a concretar mi proyecto. Ronal Velásquez, Edgar Kestler, Henry Arreaga, Juan Carlos Castillo, Raúl Dávila, Evelyn Cux y a todo el equipo muchas gracias.
<b>Nano Milián Izeppi</b>	Por recibirme siempre con gritos de alegría.
<b>Inga. Karla Lucas</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, por sus buenos consejos y creer en mí.
<b>Inga. Sigrid Calderón</b>	Por apoyarme y asesorarme en este proyecto.



2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.....	17
2.1.	Diagnóstico de la situación actual .....	17
2.1.1.	Diagrama Ishikawa .....	17
2.1.2.	Definición del problema .....	18
2.2.	Estudio de fallas mecánicas en la maquinaria de Rayovac Guatemala, S. A.....	20
2.2.1.	Máquinas Rovac.....	20
2.2.2.	<i>Bodymakers</i> .....	23
2.2.3.	Ensambladoras .....	27
2.2.4.	Asfaltadoras .....	30
2.2.5.	Cerradoras .....	34
2.2.6.	Probadoras.....	37
2.2.7.	<i>Conflex</i> .....	39
2.3.	Implementación de metodología para mejora del área de Mantenimiento.....	42
2.3.1.	Sistema de análisis para desempeño de maquinaria en Rayovac Guatemala, S. A.....	43
2.3.1.1.	Indicadores como herramienta de información para mantenimiento .....	44
2.3.1.1.1.	Indicadores de mantenimiento de clase mundial .....	45
2.3.1.1.2.	Indicadores creados por cuenta propia .....	46
2.3.2.	Implementación de formato para reporte de fallas mecánicas en maquinaria.....	49

2.4.	Resultados esperados de la mejora en mantenimiento para medición y evaluación del desempeño de la maquinaria .....	51
2.5.	Costos de la implementación.....	57
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO POR MEDIO DE LA REUTILIZACIÓN DE PIEZAS EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A. ....	59
3.1.	Diagnóstico de la situación actual .....	59
3.1.1.	Estrategias para propuesta de ahorro energético...	60
3.1.2.	Reutilización de piezas .....	62
3.1.3.	Piezas ideales para la propuesta.....	62
3.2.	Piezas propuestas para reutilización .....	66
3.2.1.	Boquilla para mezcla 2D a anillo de stellite para extractor 2D .....	67
3.2.2.	Descanso de vaso en compactado a espaciadores grandes.....	68
3.2.3.	Descanso de vaso en compactado a Espaciadores pequeños .....	69
3.2.4.	Buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada x 1 pulgada.....	71
3.2.5.	Buje de empujador de fondo a buje para barra extractora.....	73
3.2.6.	Boquilla para mezcla 1C a anillo para extractor de pila 1C .....	74
3.2.7.	Compactadora de vaso 1C a cono reductor .....	76
3.2.8.	Copa compactadora de vaso 1C a anillo extractor para pila 1C .....	77
3.2.9.	Análisis a tomar para la reutilización de piezas .....	78
3.3.	Ahorro de costos en la propuesta.....	82



4.	FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO ....	85
4.1.	Diagnóstico de necesidades .....	85
4.1.1.	Mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria.....	85
4.1.2.	Propuesta de reutilización de piezas .....	87
4.2.	Plan de capacitación .....	88
4.2.1.	Mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria.....	88
4.2.1.1.	Cronograma .....	91
4.2.2.	Propuesta de reutilización de piezas .....	92
4.2.2.1.	Cronograma .....	95
4.3.	Costos de la capacitación .....	96
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES .....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	APÉNDICES.....	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURA

1.	Estructura organizacional de la empresa .....	4
2.	Máquina Rovac.....	9
3.	Departamento de Extrusión.....	10
4.	Departamento de Ensamble .....	11
5.	Departamento de Empaque.....	13
6.	Diagrama de flujo proceso de producción de la pila .....	14
7.	Mapa de ubicación de la empresa.....	16
8.	Diagrama Causa-Efecto de mantenimiento .....	18
9.	Diagrama de barras para Rovac.....	22
10.	Ejemplo de falla en Rovac .....	23
11.	Diagrama de barras para <i>bodymaker</i> .....	25
12.	Ejemplo de falla en <i>bodymaker</i> .....	26
13.	Diagrama de barras para ensambladora .....	29
14.	Ejemplo de falla en ensambladoras.....	30
15.	Diagrama de barras para asfaltadoras .....	32
16.	Ejemplo de falla en asfaltadora .....	33
17.	Diagrama de barras cerradoras.....	35
18.	Ejemplo falla en cerradora.....	36
19.	Diagrama de barras de probadoras.....	38
20.	Ejemplo de falla en probadoras .....	39
21.	Diagrama de barras de <i>Conflex</i> .....	41
22.	Ejemplo de una falla en <i>Conflex</i> .....	42
23.	Línea de tiempo de trabajo de una máquina .....	47

24.	Formato de reporte de fallas de prensas, Departamento de Extrusión .....	50
25.	Registro de fallas en programa OMNIS 7.....	56
26.	Martillos de Rovac contaminados por mezcla química .....	65
27.	Boquilla para mezcla 2D a anillo de stellite para extractor 2D .....	68
28.	Descanso de vaso en compactado a espaciadores grandes .....	69
29.	Descanso de vaso en compactado a espaciadores pequeños .....	70
30.	Buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada x 1 pulgada .....	72
31.	Buje de empujador de fondo a buje para barra extractora .....	74
32.	Boquilla para mezcla 1C a Anillo para extractor de pila 1C .....	75
33.	Compactadora de vaso 1C a cono reductor.....	77
34.	Copa compactadora de vaso 1C a anillo extractor para pila 1C .....	78
35.	Ejemplo de repuesto a medir .....	79
36.	Bodega de repuestos del taller de máquinas herramientas .....	81
37.	Diagrama Ishikawa para mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria.....	86
38.	Diagrama Ishikawa para propuesta de reutilización de piezas.....	87

## TABLAS

I.	Ventajas y desventajas de estructura organizacional funcional.....	3
II.	FODA de Rayovac Guatemala, S. A.....	6
III.	Fallas más comunes en Rovacs .....	21
IV.	Tabla de datos paros mecánicos Rovac.....	22
V.	Fallas más comunes en <i>bodymakers</i> .....	24
VI.	Tabla de datos paros mecánicos <i>bodymakers</i> .....	25
VII.	Fallas más comunes en ensambladora .....	27
VIII.	Tabla de datos paros mecánicos ensambladora .....	28
IX.	Fallas más comunes en asphaltadora .....	31

X.	Tabla de datos paros mecánicos de asphaltadora .....	32
XI.	Fallas comunes en cerradoras .....	34
XII.	Tabla de datos paros mecánicos cerradora .....	35
XIII.	Tabla de fallas más comunes en probadoras .....	37
XIV.	Tabla de datos paros mecánicos de probadoras.....	38
XV.	Fallas más comunes en <i>Conflex</i> .....	40
XVI.	Tabla de datos paros mecánicos <i>Conflex</i> .....	41
XVII.	Registro de fallas de Rovac.....	48
XVIII.	Sistema de análisis para desempeño de maquinaria en Rovac 7 .....	52
XIX.	Tabla de costos de la implementación de proyecto.....	58
XX.	FODA analizando reutilización de piezas.....	60
XXI.	Composición química del <i>stellite</i> .....	63
XXII.	Propiedades mecánicas del <i>stellite</i> .....	64
XXIII.	Composición química del bronce.....	64
XXIV.	Propiedades mecánicas del bronce.....	65
XXV.	Especificaciones de boquilla para mezcla 2D y anillo para extractor 2D .....	67
XXVI.	Especificaciones de descanso de vaso y espaciadores grandes ..	68
XXVII.	Especificaciones de descanso de vaso y espaciadores pequeños.....	70
XXVIII.	Especificaciones de buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada 1 x 1 pulgada .....	71
XXIX.	Especificaciones de buje de empujador de fondo a buje para extractora .....	73
XXX.	Especificaciones de boquilla para mezcla 1C y anillo para extractor 1C .....	75
XXXI.	Especificaciones de compactadora de vaso 1C y cono reductor 1C.....	76

XXXII.	Especificaciones de boquilla para mezcla 1C y anillo para extractor 1C.....	77
XXXIII.	Dimensiones de ejemplo a medir .....	79
XXXIV.	Ejemplo de formato de reporte para reutilización de piezas.....	80
XXXV.	Ahorro de costos en la propuesta de reutilización de piezas.....	82
XXXVI.	Cronograma de capacitación de mejora en el mantenimiento para desempeño de maquinaria.....	92
XXXVII.	Cronograma de capacitación para propuesta de reutilización de piezas .....	96

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>1LP</b>	Línea de producción de pila tipo AAA
<b>2LP</b>	Línea de producción de pila tipo D
<b>Q</b>	Moneda quetzal guatemalteco
<b>%</b>	Porcentaje
<b>“</b>	Pulgada





## GLOSARIO

<b>Buje</b>	Cojinete de suspensión que acomoda el movimiento giratorio limitado y que está generalmente compuesto por dos tubos de acero coaxiales unidos por un mango de goma.
<b>Cloruro de zinc</b>	Es un compuesto químico conformado por cloro y zinc. Su fórmula es $ZnCl_2$ .
<b>Desgaste</b>	Es la pérdida de masa de la superficie de un material sólido por la interacción mecánica con otro cuerpo en contacto.
<b>Diagrama Ishikawa</b>	Herramienta administrativa que adopta la forma de un esqueleto de pescado como una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema.
<b>Extrusión</b>	Es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.
<b>Falla mecánica</b>	Se refiere a una deficiencia que sufre una máquina causada por desajustes de su mecanismo.

<b>INCO</b>	International Nickel Company.
<b>Mantenimiento</b>	Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.
<b>Mecanismo</b>	Conjunto de piezas o elementos que unidos o acoplados entre sí y mediante un movimiento, hacen un trabajo o cumplen una función.
<b>MTBF</b>	<i>Mid Time Between Fails</i> (Tiempo medio entre fallas).
<b>MTTR</b>	<i>Mid Time To Repair</i> (Tiempo medio para reparación).
<b>RVO</b>	Rayovac
<b>Reutilización</b>	Utilizar de nuevo bienes o productos.
<b>S. A.</b>	Sociedad Anónima
<b>Semipila</b>	Pila con las capacidades para ser usada, que no tiene la forma adecuada para ser vendida en el mercado.

## RESUMEN

La mejora continua es una cultura que han adoptado muchas empresas en la actualidad para ser más competitivas y tener calidad en los productos y/o servicios que desarrollan.

Esta filosofía no solo se enfoca en el producto final. Esta se puede llevar en todo lo que conforma una empresa, para que todos los procesos y áreas trabajen a los más altos estándares que ahora se requieren.

Este es el caso del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento en Rayovac Guatemala, S. A. Las estrategias que implementaron han logrado que la maquinaria en planta funcione con mayor estabilidad, se llevan programas de mantenimiento preventivo para alargar la vida útil de las máquinas y reducir las fallas que sufran a lo largo de su tiempo de trabajo.

El equipo siempre busca puntos de mejora, actualmente, el conocimiento del estado de una máquina no es muy exacto, los reportes obtenidos a final de mes no dan una visualización real del desempeño de la maquinaria y su relación con la producción. Se quiere implementar un método para medir el desempeño de la maquinaria para visualizar su estado y analizar estrategias para darle solución a los problemas.

Por parte de Producción más Limpia, se hizo la propuesta de un plan de reutilización de piezas, con el fin de ahorrar energía y costos en la realización de nuevas piezas como repuestos en las actividades de mantenimiento.



# OBJETIVOS

## General

Implementar un plan de mejora en mantenimiento, a través de un sistema de análisis para el desempeño de la maquinaria con la capacidad de visualizar información real y establecer puntos de mejora para la maquinaria de la planta Rayovac Guatemala, S. A.

## Específicos

1. Desarrollar un sistema de análisis en red para su visualización digital, con el apoyo del técnico informático de la compañía, donde pueda recopilarse la información y visualizar los resultados del desempeño de la maquinaria.
2. Crear y establecer un plan de mantenimiento que incluya hojas de reporte de fallas mecánicas en donde se describa: el tipo de falla, tiempo de paro, tiempo de respuesta y tiempo de reparación para cada máquina.
3. Desarrollar un número ideal de indicadores que puedan dar los resultados esperados para el mantenimiento en Rayovac Guatemala, S. A.
4. Proponer un plan de reutilización de piezas de máquinas como parte de Producción más Limpia.



5. Capacitar al equipo de ingeniería y mantenimiento para la comprensión y uso del sistema de análisis para el desempeño de la maquinaria y la recopilación de la información para su correcta utilidad.
6. Presentar como propuesta el plan de reutilización de piezas, incluyendo el método de recolección y piezas a reutilizar.

## INTRODUCCIÓN

La falta de información real en reportes por parte de mantenimiento y la poca relación con los datos de producción a lo que se puede agregar, el desconocimiento del estado exacto en máquinas hizo buscar una solución para conocer el desempeño de la maquinaria en la planta Rayovac Guatemala, S. A.

Si no se puede medir, no se puede controlar. Tampoco dar una solución correcta a los problemas que surjan diariamente en las máquinas que se dedican a la producción de pilas.

En la presente investigación se enfoca en la mejora en mantenimiento con la implementación de un sistema de análisis para el desempeño de la maquinaria. Este sistema tiene el objetivo de demostrar el estado de las máquinas de manera específica y general, para poder conocerlo y buscar mejoras que reduzcan las fallas que se presentan en ellas.

A través de la investigación, se desarrollaron indicadores útiles que presentan de forma clara y simple la información. Además, cada máquina fue estudiada para implementar formatos de fallas donde se recopila la información que alimenta el sistema de análisis.

Como parte de la mejora en mantenimiento, se propuso un plan de reutilización de piezas para repuestos en el plan de mantenimiento. Esta propuesta busca el ahorro energético y económico como parte de la Producción más Limpia minimizando residuos y reciclarlos.

Existe variedad de piezas que pertenecen a las máquinas para repuestos; sin embargo, se buscaron las más costosas y que tienen más influencia en el presupuesto.

Finalmente, se describe la herramienta que se utilizó para realizar este proyecto que sigue la línea de mejora continua.

## **1. GENERALIDADES DE RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

En 1961, en Guatemala se funda la empresa con el nombre de DURALUX, S. A. con capital 100 por ciento guatemalteco (familia Arzú, ingeniero Luis de Ojeda), Tecnología Japonesa. La empresa hace su primera pila el 6 de febrero de 1961. Pilas zinc carbón con el nombre de Duralux.

En 1962, se vende 75 por ciento de la empresa a Rayovac Corporation (ESB). La primera pila RAY-O-VAC se fabrica el 15 de agosto (Día de la Asunción). En 1975, se desliga de Rayovac y pasa a ser parte de International Nickel Company (INCO). En 1985 INCO decide vender, compra ROV Limited.

En 1999, Rov Limited vende la compañía y Rayovac Corporation la compra nuevamente. En el 2003, se instala el segundo turno por cierre de Honduras, República Dominicana y México.

Actualmente la compañía cuenta con 70 personas destinadas a realizar la producción, almacenaje y transportación de la pila hacia las distintas distribuidoras.

El Departamento de Producción debe cumplir con la demanda del producto en el mercado, produciendo pila de buena calidad a un costo bajo, con un nivel alto de eficiencia y bajo desperdicio.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.la.rayovac.com/Historia.aspx>, 2010. Historia de Rayovac.

### **1.1. Visión**

“Convertirnos en una empresa de productos de consumo masivo, orientados al consumidor y enfocados al desarrollo de marcas, ofreciendo productos diferenciados dirigidos a generar en su consumo una experiencia única en todo momento”.

### **1.2. Misión**

“Enfocarnos principalmente en el consumidor, alinearnos con nuestros clientes para lograr en conjunto el éxito, promover una atmósfera que permita contar con empleados comprometidos y apasionados por el negocio”.

### **1.3. Actividades de la empresa**

Rayovac Guatemala, S. A. es una empresa que se dedica a la elaboración de pilas carbón zinc desde hace más de 50 años. La pila carbón zinc es reconocida simplemente como la pila amarilla Rayovac.

Para producir la pila debe recorrer cada uno de los distintos departamentos que se encuentran en Rayovac Guatemala (extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque), con el fin de que cada uno de ellos aporte los materiales que conforman el producto, para que se presente en condiciones adecuadas a la hora de ser utilizado.

#### 1.4. Estructura organizacional

Como toda empresa, Rayovac Guatemala, S. A. tiene un marco en el que se desenvuelve la organización, de acuerdo con el cual las tareas son divididas, agrupadas, coordinadas y controladas, para el logro de objetivos.

La empresa cuenta con una estructura organizacional funcional. Cada empleado dentro de las divisiones funcionales tiene tareas especializadas según en el departamento que se encuentren.

Este tipo de organización es la más adecuada, debido a que Rayovac Guatemala, S. A. es un productor de bienes estandarizados en gran volumen y bajo costo.

En el desarrollo de las actividades de la empresa se presentan ventajas y desventajas que se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla I. **Ventajas y desventajas de estructura organizacional funcional**

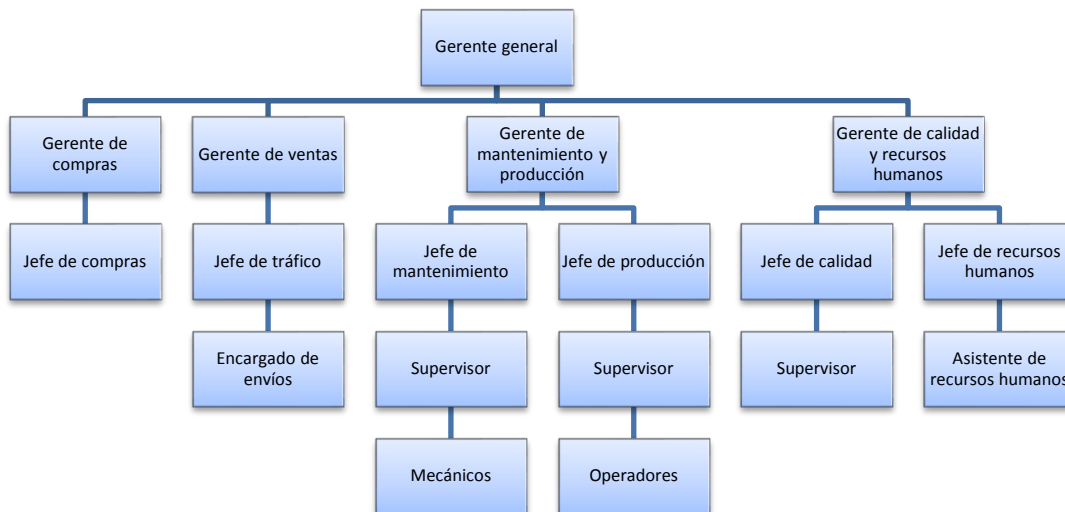
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada empleado conoce perfectamente sus tareas y tiene clara las metas de su puesto.</li><li>• Comunicación más directa.</li><li>• Cada área de trabajo está encargada de una tarea específica.</li><li>• Trabajo manual se separa del intelectual.</li><li>• Se obtiene la más alta eficiencia de cada persona.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conflictos en los campos de trabajo y responsabilidades en los puestos de trabajo.</li><li>• Competencia y rivalidad entre departamentos y especialidades.</li><li>• Tensiones en el área de trabajo afectando el clima laboral.</li><li>• Dificultar de localizar y fijar responsabilidades.</li></ul>

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, este tipo de estructura organizacional desarrolla los puestos y funciones de la empresa de una forma más directa y eficiente. Sin embargo, debido a esta interacción en el trabajo se puede generar tensiones en su desenvolvimiento, además de competencia y rivalidad en los diferentes departamentos en los que se dividió la empresa.

La estructura organizacional se muestra a continuación en la siguiente figura.

Figura 1. **Estructura organizacional de la empresa**



Fuente: Recursos Humanos de Rayovac Guatemala, S. A.

### **1.4.1. Proceso de producción**

Dentro de la planta, la línea de producción se distribuye en 5 departamentos según el proceso que lleva la pila, a continuación se hace un diagnóstico por medio del análisis FODA para visualizar las áreas que afectan el desempeño de la maquinaria y en qué condiciones se encuentra actualmente la empresa. Luego se describen los procesos en cada uno de los departamentos de producción:

#### **1.4.1.1. Análisis FODA**

Por medio de este análisis se puede comprender el estado de la empresa, sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. En la tabla II se despliegan los puntos para examinar la interacción entre las características particulares de la empresa y el entorno en el cual está compitiendo.



Tabla II. **FODA de Rayovac Guatemala, S. A.**

Factores Internos	<p><b>Fortalezas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema de medición para la eficiencia.</li> <li>2. Buena comunicación entre departamentos.</li> <li>3. Personal de trabajo con mucha experiencia.</li> <li>4. Optimización constante la maquinaria en planta.</li> </ol>	<p><b>Debilidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maquinaria obsoleta.</li> <li>2. Falta de repuestos.</li> <li>3. Dependencia entre departamentos (producción en línea).</li> <li>4. Falta de mantenimiento por carga de trabajo y personal reducido.</li> </ol>
Factores externos	<p><b>Oportunidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maquinaria en Colombia adaptable para mejoras en proceso de producción.</li> <li>2. Existen empresas con experiencia para dar capacitaciones.</li> </ol>	<p><b>FO (Maxi-Maxi)</b>  <b>Fortalecimiento del proceso aumentando la eficiencia.</b></p> <p><b>DO (Mini-Maxi)</b>  <b>Mejorar la maquinaria y aumentar el inventario de repuestos para mejores mantenimientos.</b></p>
<p><b>Amenazas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de la demanda de la pila.</li> <li>2. La innovación de la tecnología (teléfonos inteligentes, baterías recargables y otros).</li> </ol>	<p><b>FA (Maxi-Mini)</b>  <b>Buscar el proceso de un producto alternativo para la planta Rayovac Guatemala, S. A.</b></p>	<p><b>OA (Mini-Mini)</b>  <b>Revisión de la maquinaria de la planta de acuerdo a las necesidades productivas y tecnológicas.</b></p>

Fuente: elaboración propia.

#### **1.4.1.1.1. Estrategias para Rayovac Guatemala, S. A.**

En esta parte se presentan las estrategias necesarias que la empresa desarrolla para maximizar las fortalezas y oportunidades, y al mismo tiempo, minimizar las debilidades y amenazas.

- MAXI-MAXI (fortalezas y oportunidades)

Mejorar proceso de elaboración de pila por medio de la instalación de maquinaria importada y adaptación de mejoras en máquinas existentes.

- MAXI-MINI (fortalezas y amenazas)

Proponer y analizar productos alternativos a la pila para desarrollarlos en la planta.

- MINI-MAXI (debilidades y oportunidades)

Disminuir la falta de repuestos con las piezas y máquinas importadas.

Reorganizar el plan de mantenimiento para cumplir con reparaciones y cambios de respuestos.

- MINI-MINI (debilidades y amenazas)

Planificar y analizar mejoras buscando la automatización de la maquinaria.

#### **1.4.1.2. Mezclas**

Se coloca un compuesto químico que se elabora en este departamento, en la parte interna del vaso de la pila, consiste en una combinación de polvos con cierta cantidad específica de cada material, agua y solución, para el buen funcionamiento y desempeño.

En este departamento es donde se emplean más materiales para la elaboración del producto y se trabaja mediante una formulación, dependiendo del tipo de pila que se esté realizando D, C o AA.

En este departamento hay dos tipos de máquina que se emplean para poder realizar las operaciones respectivas (cilindros y abbie), a diferencia de otros departamentos, en este existe una combinación entre las funciones que desempeña la maquinaria y las funciones de los operadores.

Es el departamento menos automatizado en el que muchas operaciones son manuales por la forma en que se trabaja, ya que se tienen que pesar los materiales de forma exacta.

#### **1.4.1.3. Máquinas básicas**

Este departamento cuenta con las máquinas Rovacs'. Dentro de la planta, son las que elaboran la semipila, se refiere al producto listo para su funcionamiento (está activo y con carga eléctrica para trabajar en dispositivos electrónicos); sin embargo, las partes de la pila están expuestas y deben ser cubiertas en los siguientes procesos. Las Rovacs' se encargan de introducir una dosis de mezcla, previamente aislado con papel de almidón. Además, se encarga de agregarle un electrodo pequeño de carbón con el fin de hacer contacto y suministrar carga eléctrica. En conclusión, las máquinas básicas se encargan de darle vida a la pila.

Es importante saber que estas máquinas marcan el ritmo de producción de la planta. Además, en este departamento se mide la eficiencia de la planta.

Figura 2. **Máquina Rovac**



Fuente: Planta de producción Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 2 se encuentra una máquina Rovac, parte del Departamento de las Máquinas Básicas.

#### **1.4.1.4. Extrusión**

En este departamento se produce el vaso de zinc. Se inicia el proceso con un pequeño hexágono de zinc, al que denominan comúnmente ficha de zinc, siendo pulido a través de una máquina.

El material pulido es introducido a la prensa de extrusión, que calienta la ficha para facilitar el moldeado, y por medio de un dado y un émbolo, se forma el vaso, el cual lleva todos los ingredientes para realizar una pila. La capacidad de suministrar vasos de una prensa es de 175 vasos por minuto.

Este vaso al ser producido es cortado por una máquina llamada *trimmer*, donde se cortan los bordes de la parte superior de vaso para completarlo. Un *trimmer* tiene la capacidad de cortar 200 vasos por minuto. Ya finalizado el vaso, es medido en altura, profundidad y diámetro con instrumentos, y registrando los datos en computadora para ver su estado de calidad y no salir del estándar establecido.

Este departamento tiene 18 prensas y 15 *trimmer's*, tiene la característica que su maquinaria es automatizada, por lo que cada operador tiene 4 máquinas a su cargo.

Figura 3. **Departamento de Extrusión**



Fuente: Planta de producción Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 3 se presentan las dos máquinas encargadas de procesar el vaso de zinc para la pila: prensa (izquierda), *trimmer* (derecha).

#### 1.4.1.5. Ensamble

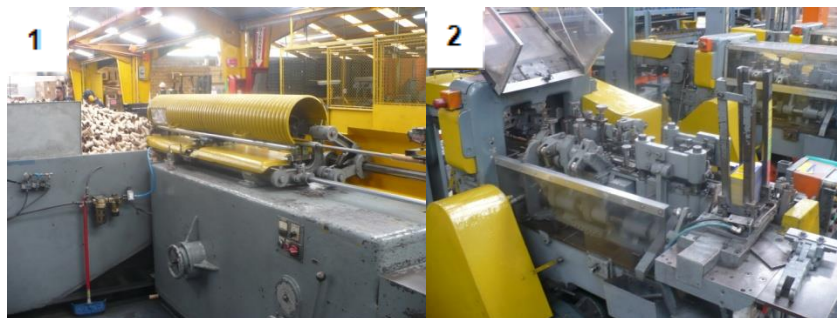
Estas áreas son delicadas en su trabajo, ya que son muy sensibles a diminutos cambios en la materia prima. Las máquinas encargadas de blindaje, convierten láminas de aluminio con la marca Rayovac en cilindros que se ensamblan para completar la pila e identificarla. Estas máquinas son llamadas *bodymakers*.

Se preparan también tubos de cartón por medio de las máquinas *winding*, estas enrollan el cartón hasta darle una forma de pequeño tubo de las dimensiones de la pila. Este tubo es útil para aislar el vaso de zinc con la lámina de blindaje y no activar la pila.

El blindaje, el tubo de cartón y la semipila son finalmente acoplados en la ensambladora. Esto es realizado por medio de la compresión de émbolos que giran continuamente sobre un cilindro.

Por último, en la pila ya ensamblada, es agregada una pequeña dosis de asfalto con el fin de aislar la batería con el ambiente. Así termina el proceso de ensamble de la pila Rayovac.

Figura 4. Departamento de Ensamble



Continuación de la figura 4



Fuente: Planta de producción Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura se puede apreciar la diversidad de máquinas parte del Departamento de Ensamble: 1. Windings, 2. *Bodymakers*, 3. Ensambladoras y 4. Asphaltadoras.

#### **1.4.1.6. Empaque**

El Departamento de Empaque se divide en 2 áreas:

- El área de Cerradora y Enbulkado;
- El área Desenbulkado y Empaque. El área de Cerradora se encarga de sellar las pilas en la superficie superior y de hacer prueba de voltaje y amperaje.

El área de Enbulkado realiza la actividad de llenar cajas vacías con baterías que sí pasaron la prueba de amperaje y voltaje. Las pilas, ya en cajas se colocan en el área de Envejecimiento hasta que sean aptas para su uso.

Pasado 2 o 3 días de envejecimiento, las pilas son extraídas de las cajas y guiadas a la transportadora que las destina al empaque.

Por último, las pilas son de nuevo probadas en amperaje y voltaje para comprobar su utilidad y calidad. Pasando esta prueba son destinadas a los distintos tipos de empaque, en el cual que se presentan las pilas en el mercado, finalizando el proceso.

Figura 5. **Departamento de Empaque**



Fuente: Planta de producción Rayovac Guatemala, S. A.

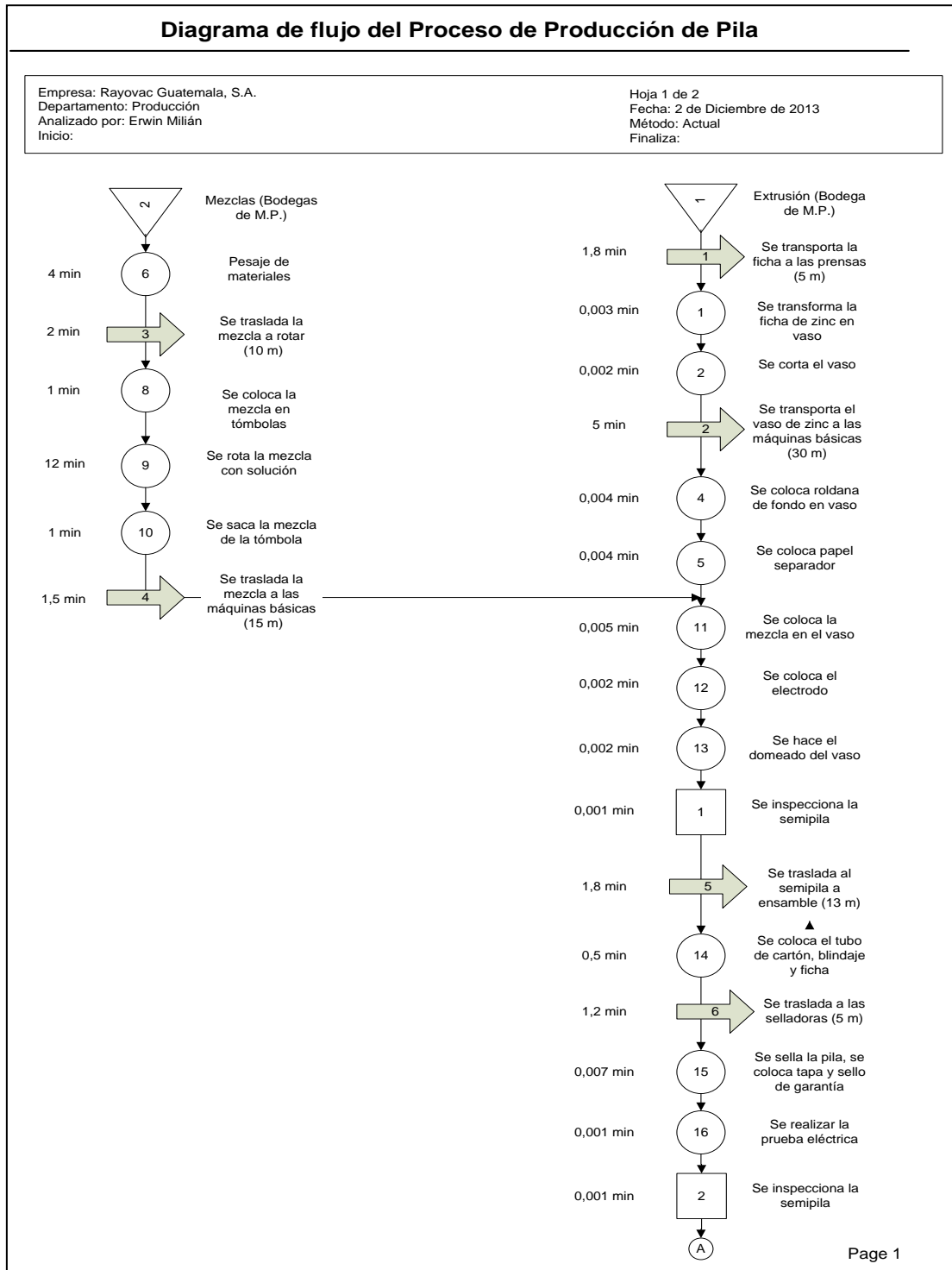
En la figura se encuentran las tres máquinas encargadas de empacar la pila en la planta: 1. Cerradora, 2. Probadora y 3. *Conflex*.

#### 1.4.1.7. **Diagrama de flujo de proceso de elaboración de la pila Rayovac**

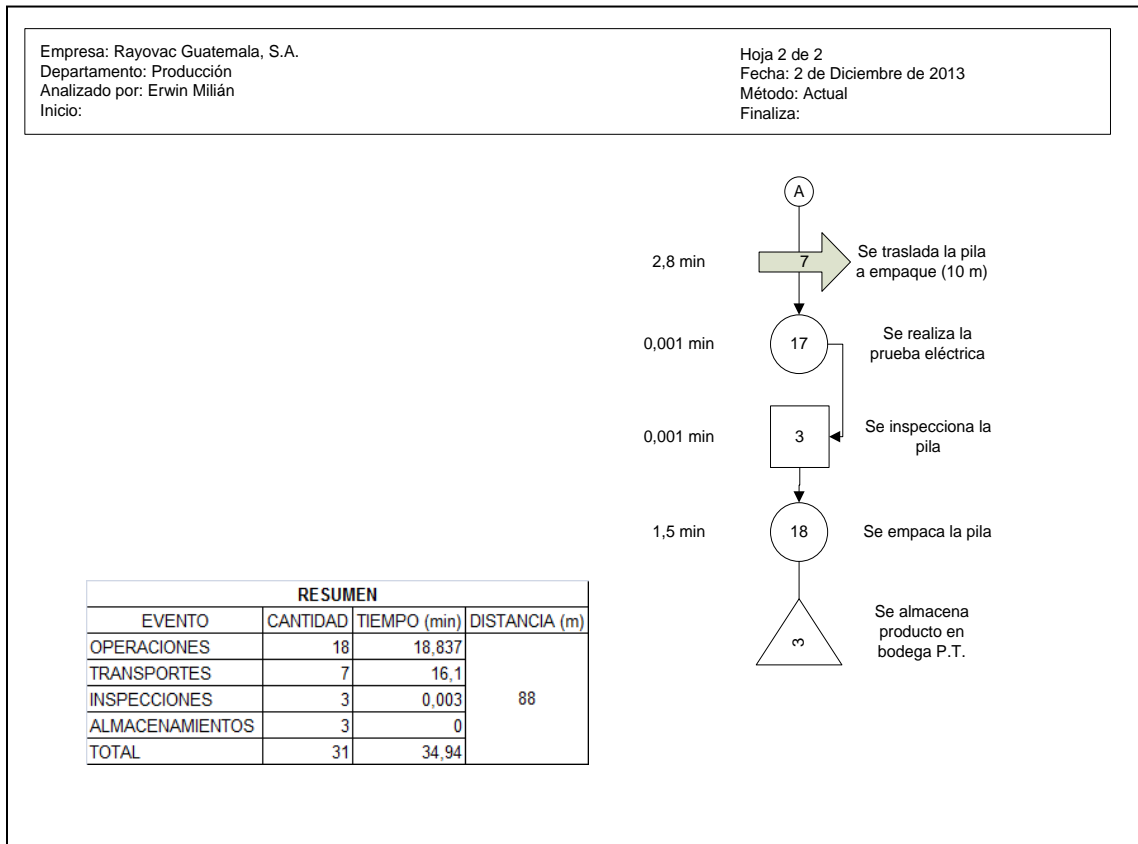
En la figura 6 se ilustra el proceso de elaboración de la pila Rayovac por medio de un diagrama de flujo, incluyendo tipos y tiempos de operación y distancia de transporte.



Figura 6. Diagrama de flujo proceso de producción de la pila



Continuación de la figura 6.



Fuente: elaboración propia.

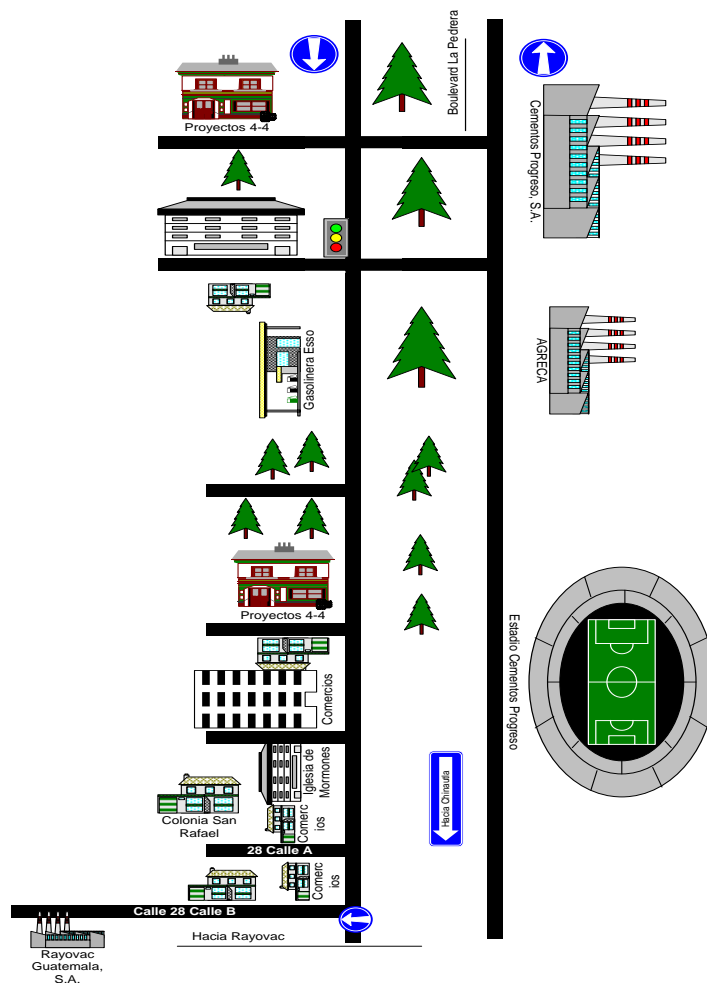
En este recuadro final, se puede apreciar la cantidad de operaciones que se realizaron para fabricar la pila y el tiempo que se toma en hacerlo. También se puede observar el proceso de producción en línea, por lo que si existe algún desperfecto mecánico, el flujo de la pila se disminuirá.

### 1.5. Ubicación

Rayovac Guatemala, S. A. se encuentra ubicada en la colonia Santa Isabel Jocotales, zona 6, Guatemala.

A continuación, se encuentra un mapa de localización de la planta Rayovac Guatemala, S. A. Aquí se podrá apreciar claramente cómo llegar a la dirección donde se encuentra la empresa.

Figura 7. Mapa de ubicación de la empresa



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El mapa describe la forma de llegar, atravesando el boulevard La Pedrera y cruzando en la última calle que muestra la imagen (28 calle "B").

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: MEJORA EN EL MANTENIMIENTO PARA EL DESEMPEÑO DE LA MAQUINARIA EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

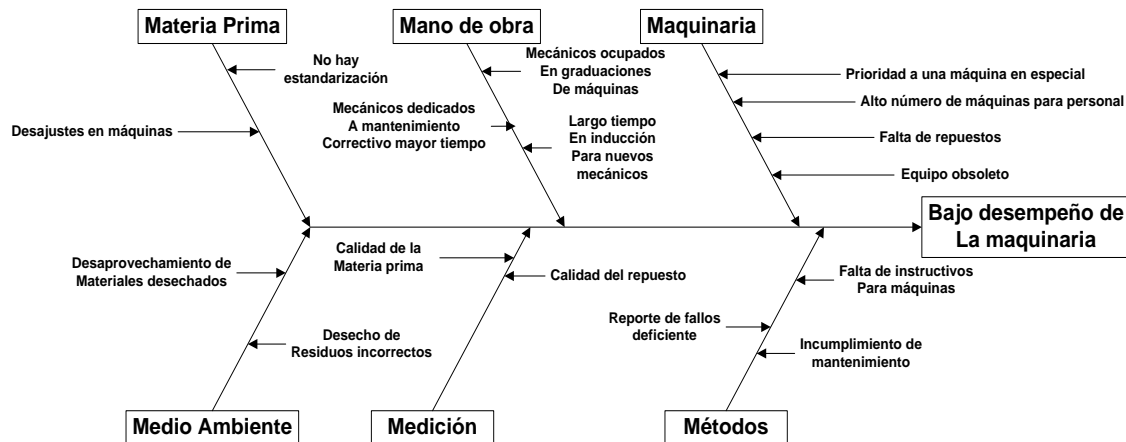
A continuación se muestra el estado en el cual se encuentra el Departamento de Mantenimiento en relación con la maquinaria de la planta por medio de una herramienta de análisis, que permita ver los puntos débiles, los cuales hay que tomar en cuenta a la hora de realizar el proyecto.

#### **2.1.1. Diagrama Ishikawa**

Se aplicó esta herramienta de diagnóstico para desplegar las diferentes causas que tiene el incumplimiento del área de Mantenimiento dentro de la planta.

En la figura 8 se muestran las causas por las que crean una baja productividad en la planta de Rayovac Guatemala, S. A. Esto afecta al proceso de pilas, la causa raíz del problema es el bajo desempeño de la maquinaria. A continuación se presenta el diagrama Ishikawa.

Figura 8. Diagrama Causa-Efecto de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

Estos problemas son ubicados por medio de un reporte verbal del operador al supervisor de mantenimiento, luego el supervisor se dirige a alguno del equipo de mecánicos para que realice la operación de dicho problema. Esta manera es simple y efectiva, sin embargo no se documentan las fallas surgidas, una técnica útil para encontrar el patrón de error que, en varias ocasiones en la planta ha surgido la misma falla, y así nunca eliminar la causa principal del problema.

### 2.1.2. Definición del problema

El problema analizado en la planta fue la baja productividad de las máquinas, existen muchas razones por la baja productividad de las máquinas en planta; sin embargo, no se sabe cuánto exactamente las afectan.

El equipo de mantenimiento es reducido para atender a las máquinas que necesitan su respectivo mantenimiento, por lo que frecuentemente fallan antes de lo previsto.

Muchas veces faltan repuestos esenciales para que las máquinas puedan seguir trabajando, por lo que se tiene que esperar hasta que el proveedor los suministre o sea creada por el taller de máquinas herramientas.

Los reportes de fallos son deficientes, por lo que las reparaciones no son eficaces, ya que no se conoce la causa raíz del problema que se ha presentado, la falta de medición de las fallas impide que las reparaciones y mantenimiento que se aplica a las máquinas sea deficiente, por este motivo no se puede tomar decisiones para combatir las deficiencias que efectúan una baja productividad.

Los reportes de fallas solamente se reportan oralmente sin documentarlos, un operador reportando la falla originada al supervisor, y este dando la información al mecánico. El diagnóstico de la falla es completamente empírico, contando con mecánicos de mucha experiencia que conocen profundamente la maquinaria de la planta.

En la actualidad, al presentar resultados mensuales del estado de la planta se tiene poca información del desempeño de las máquinas, y el mantenimiento que reciben cada una de ellas. Hay poca relación o ninguna con los resultados presentados en producción.

Surgen dudas del porqué de la baja producción que está teniendo cada una de las máquinas y cómo se reflejan en los reportes de producción.

## **2.2. Estudio de fallas mecánicas en la maquinaria de Rayovac Guatemala, S. A.**

Dentro de la planta se encuentra diversidad de máquinas que funcionan de diferentes maneras y con diferentes mecanismos, cada uno para completar, por procesos el producto final, la pila. A continuación se describen las diferentes máquinas y las fallas que sufren.

Para ello se desarrolló una investigación de campo observando el desempeño de la maquinaria en un tiempo determinado. Se recibió apoyo de mecánicos y supervisores para conocer a fondo el funcionamiento de cada una de las máquinas y sus fallas.

Las máquinas están divididas por estaciones, estas estaciones son útiles también para determinar y localizar las fallas con más facilidad, agilizando el proceso de reparación que necesita para reanudar la producción.

### **2.2.1. Máquinas Rovac**

Las máquinas Rovac o básicas funcionan por medio de mecanismos de levas para realizar las tareas necesarias para crear la semipila, las Rovacs' están divididas por estaciones, de esta manera se dividen las diferentes operaciones que realizan para crear la semipila. A continuación se muestran las diferentes estaciones que existen con sus respectivas fallas:

Tabla III. Fallas más comunes en Rovacs

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS							
METHOCEL		TAMPER MEZCLA		DOMEADO DE SEMIPILA		PROBLEMA ELÉCTRICO	
1	Sierra mal corte	12	Variando compactación	28	Altura de domeado	39	Falso rechazo voltaje
2	Variación de largo	13	Variando peso	29	Pila golpeada en domeado	40	Falso rechazo amperaje
3	Variación en el corte	14	Fallando sensor de bajas	30	Copa de fondo traba pila	41	Limpieza de sensores
4	Arremangado en barras	15	Mancha de mezcla	ROLDANA DE ASFALTO		42	Motor principal malo
5	Arremangado por roldana de fondo	16	Transportador mezcla fallando	31	Troquel mal corte	43	Problema en panel de control
6	Arremangado por molde	17	Fallando detector de mezcla	32	Roldana descentrada	OTROS	
7	No detecta sensor	18	Tornillo extractor quebrado	33	Fallando neumático	44	Pieza quebrada
ROLDANA FONDO		ROLDANA COMPRESIÓN		34	Resorte empujador trabado	45	Mantenimiento preventivo
8	Troquel mal corte	19	Roldana descentrada	35	Fallando sensor de sello	46	Falta de mezcla
9	Roldana volteada	20	Fallando jalador	GUÍAS		47	Cambio de mezcla
10	No detecta sensor	21	Problemas con sensor	36	Guías torcidas	48	Otros
11	Fallando jalador	22	Troquel mal corte	37	Golpeando semipila		
				ESTACIÓN DE CARBÓN		38	Trabando semipila
		23	Quebrando carbón				
		24	Carbón descentrado				
		25	Variando altura carbón				
		26	Fallando detector carbón				
		27	Motor de carbonera malo				

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se encuentran las 47 fallas más comunes que sufren las máquinas Rovac. Estas fueron vinculadas con un correlativo para identificarlas de manera más rápida. Cada grupo de fallas se encuentra junto a su estación para una mejor comprensión. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.



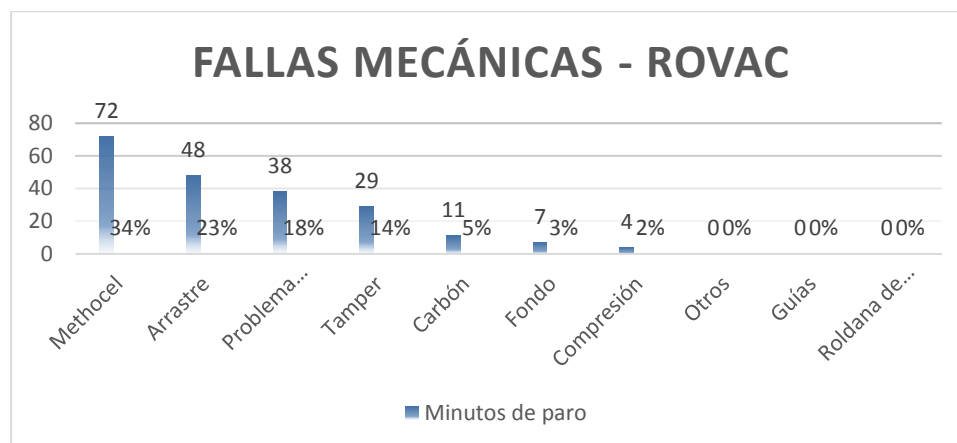
En la tabla IV se presenta una ilustración donde se puede visualizar en que estaciones existen más fallos de estas máquinas:

Tabla IV. **Tabla de datos paros mecánicos Rovac**

Estación	Minutos de paro	%
Methocel	72	34%
Arrastre	48	23%
Problema eléctrico	38	18%
Tamper	29	14%
Carbón	11	5%
Fondo	7	3%
Compresión	4	2%
Otros	0	0%
Guías	0	0%
Roldana de Fondo	0	0%
TOTAL	209	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Diagrama de barras para Rovac**



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se puede apreciar que las estaciones de Methocel, Arrastre y Problema Eléctricos influyen en la mayoría de paros mecánicos en Rovacs', acumulando hasta 158 minutos.

Figura 10. **Ejemplo de falla en Rovac**



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 10 se muestra la falla 36, guías torcidas. En esta imagen se observan las manos del mecánico ajustando las manivelas del mecanismo para lograr que el vaso de zinc se desplace correctamente sobre las guías.

### **2.2.2. *Bodymakers***

Las máquinas *bodymakers* son las que más fallas sufren en toda la planta. En la investigación de campo se pudo observar que muchas veces hay un mecánico pendiente de ellas, ya que estas sufren desajustes que afectan el formado del blindaje para el posterior ensamble de la pila.

Estas máquinas están divididas en las siguientes estaciones:

Tabla V. **Fallas más comunes en *bodymakers***

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS									
I. TRANSMISION		III. ALIMENTACION DE PLACA		V. FLEXER		VII. PLACA		IX. OTROS	
1	Brazo del movimiento principal	9	Cuchilla retenedora delantera	19	Faja del movimiento flexer	29	Traslape de placa	37	Pieza quebrada
2	Acarreadores	10	Cuchilla retenedora trasera	20	Engranajes del flexer	30	Placa golpeada	38	Mantenimiento preventivo
3	Faja del movimiento de motor principal	11	Ventosas de succión	VI. GUIAS		31	Mal Cierre	39	Abre el blindaje
4	Polea del moto reductor	IV. PROBLEMA ELECTRICO		21	Desgaste de Piezas	32	Uña de cierre	40	Pruebas de placa
5	<i>Manifold</i>	12	Panel principal	22	Desajuste de Guías	33	Barra acarreadora	41	Falta de placa
II. FAJA DE SALIDA		13	Pulsadores de mando	23	Rotura de Piezas	34	Martillo	42	Domeadora
6	Sprocket	14	Limpieza de sensores	24	Resortes en mal estado/quebrados	VIII. PILOTO Y EXPULSIÓN		43	Otros
7	Cadena	15	Contador de producción	25	Primer dobléz Izquierda	35	Piloto		
8	Faja de salida	16	Motor Principal	26	Primer dobléz Derecho	36	Copa de dobléz de fondo		
		17	Motor del <i>flexer</i>	27	Segundo dobléz Izquierda				
		18	Motor de faja de salida	28	Segundo dobléz Derecha				

Fuente: elaboración propia.

En esta máquina se presentan 42 fallas que se dan con más frecuencia. Las *bodymaker* son las máquinas que más paros mecánicos sufren en toda la planta. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

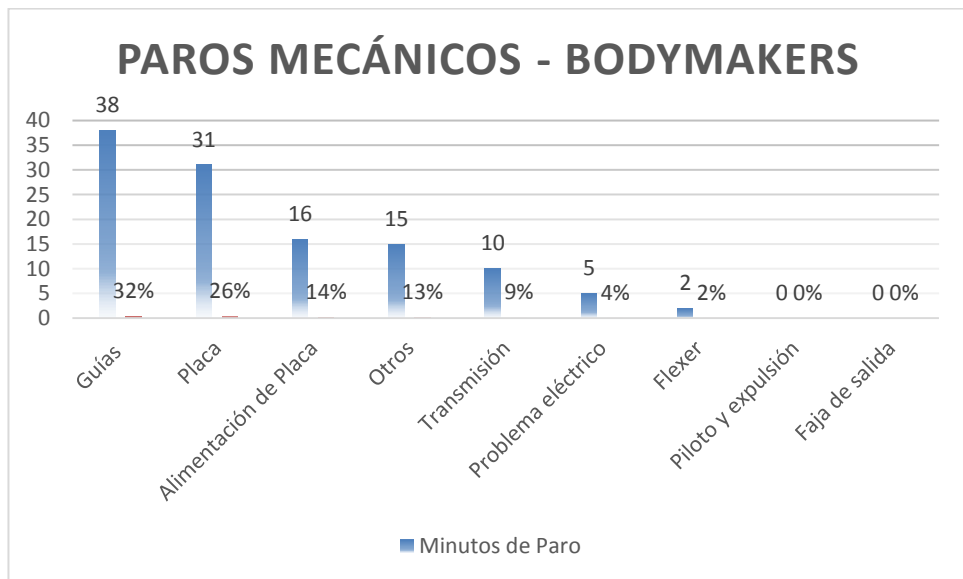
Seguidamente se puede apreciar las estaciones que se ven más afectadas por las fallas mecánicas en esta máquina:

Tabla VI. **Tabla de datos paros mecánicos *bodymakers***

Estación	Minutos de Paro	%
Guías	38	32%
Placa	31	26%
Alimentación de placa	16	14%
Otros	15	13%
Transmisión	10	9%
Problema eléctrico	5	4%
<i>Flexer</i>	2	2%
Piloto y expulsión	0	0%
Faja de salida	0	0%
TOTAL	117	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Diagrama de barras para *bodymaker***

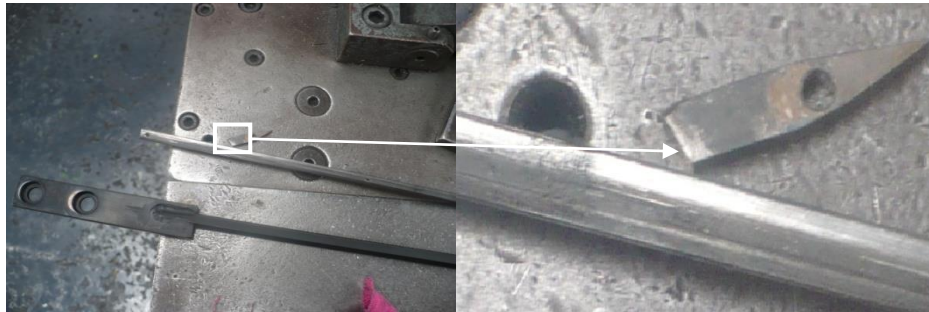


Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en las ilustraciones anteriores, el mayor problema es en la estación de guías. Estas sufren bastantes desajustes y desgaste, ya que las piezas no tienen repuestos.

Se le suma la estación de alimentación de placa y placa. A causa de la variación de la materia prima, estas dos estaciones sufren muchos desajustes. La lámina (materia prima) con la que se trabaja no es estandarizada, esta varía de grosor una con otra, y al pasar a través de la máquina se obstaculiza creando un paro mecánico.

Figura 12. **Ejemplo de falla en *bodymaker***



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En esta imagen se puede apreciar una cuña desgastada, parte de las guías. Esta cuña deteriorada causa un desajuste en las guías, falla 21. En la esquina señalada en el recuadro se puede apreciar desgaste en la cuña, deformándola y causando la falla descrita.

### 2.2.3. Ensambladoras

Es una de las máquinas que trabaja con mayor continuidad. Como todas las máquinas, esta sufre desgaste internamente en la parte de los émbolos en los que tienen que ser reemplazados cada cierto tiempo.

A continuación se muestran las estaciones en las que se divide una ensambladora de pila:

Tabla VII. **Fallas más comunes en ensambladora**

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS						
A. TÓMBOLA DE FICHAS		C. ENGARGOLADORADORA DE TUBO		D. ELEVADOR PILA		F. ELÉCTRICOS
1	Carril de ficha intransitable	8	Eje desajustado	13	Faja reventada/ desgastada	20 Ajuste o cambio de sensor
2	Disco alimentadora de ficha obstruida por suciedad	9	Cojinetes en mal estado	14	Candilones quebrados	21 Fallas en motor Principal
B. TAMBOR ENSAMBLADORA DE PILA		10	Pieza quebrada	15	Resortes en mal estado/quebrados en copas	22 Problema en panel de control
3	Eje desajustado	11	Embolos desgastados	16	Problemas con sensor	23 Fallas en motores secundarios (Fajas, reductor, Elevador)
4	Cojinetes en mal estado	12	Resortes en mal estado/quebrados en copas	E. CARRIL DE SALIDA		
5	Pieza quebrada			17	faja reventada/ desgastada	G. OTROS
6	Zapata en mal estado			18	Cojinetes en mal estado	24 Pieza quebrada
7	Máquina está deformando pila			19	Problemas con sensor	25 Mantenimiento preventivo
						26 Otros

Fuente: elaboración propia.

La ensambladora es una de las máquinas que menos desajustes sufren en toda la planta. En la tabla de fallas comunes de esta máquina, se puede apreciar que hay 25 fallas, siendo las más comunes. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

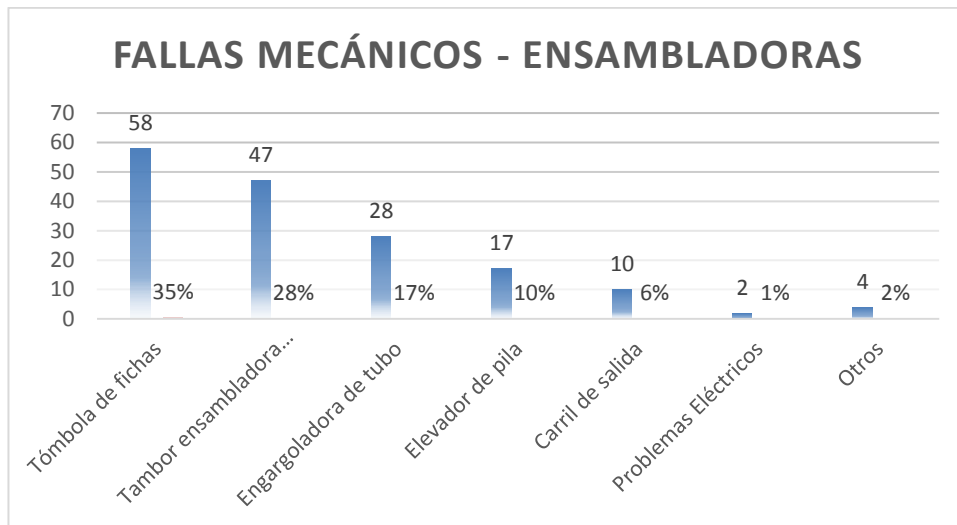
A continuación se presenta un diagrama de barras que ayuda a visualizar las estaciones de la máquina ensambladora que mayor tiempo de fallas sufre:

Tabla VIII. **Tabla de datos paros mecánicos ensambladora**

<b>Estación</b>	<b>Minutos de Paro</b>	<b>%</b>
Tómbola de fichas	58	35%
Tambor ensambladora de pila	47	28%
Engargoladora de tubo	28	17%
Elevador de pila	17	10%
Carril de salida	10	6%
Problemas eléctricos	2	1%
Otros	4	2%
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Diagrama de barras para ensambladora



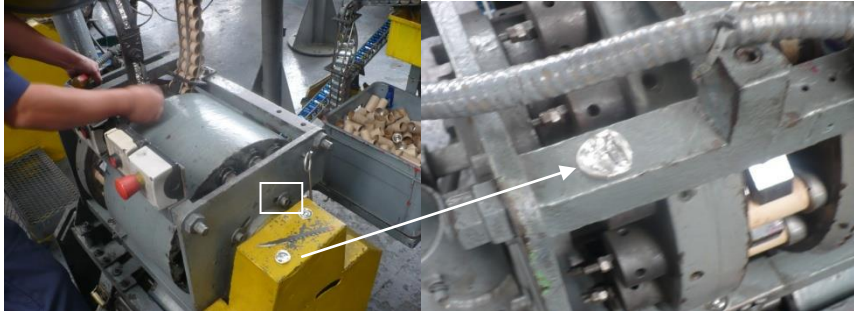
Fuente: elaboración propia.

La engargoladora de tubo es la estación que más afecta a la ensambladora, debido al desgaste de embolos en el mecanismo (falla 11). La tómbola de fichas se ve muy afectada por carril de ficha intransitable (falla 1) y disco alimentadora de la ficha obstruida por suciedad (falla 2).

En la figura 14 se ilustra una falla que sufre esta máquina en el momento de hacer su función haciendo que la máquina pare y afecte el flujo de pila en la línea de producción:



Figura 14. **Ejemplo de falla en ensambladoras**



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 14 se puede apreciar la falla 7, la máquina está aplastando deformando pila. La ficha que funciona que se ensambla en la parte inferior de la pila se ve deformada debido a desajustes en el tambor ensambladora de la pila.

#### **2.2.4. Asfaltadoras**

La materia prima es el mayor problema que genera al funcionamiento de las asfaltadoras, ya que se presentan dificultades cuando esta es de mala calidad, estudiando el funcionamiento y el mecanismo de las asfaltadoras se dividieron de la siguiente manera:

Tabla IX. **Fallas más comunes en asphaltadora**

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS							
A. TUBERÍAS		D. INYECTORES		F. ELÉCTRICOS		H. TANQUE DE ACEITE	
1	Fugas de asfalto	8	Desgaste de cilindros de inyectores	16	Paneles de control	23	Nivel de aceite abajo
2	Incrustación de asfalto	9	Fuga	17	Limpieza de sensores	I. SIFÓN	
3	Falla en llaves de paso	10	Escuadra quebrada	18	Fallas en motor transportadora de salida	24	Asfalto cristalizado
B. FLOTE		11	Tornillos quebrados	19	Fallas en motor de carriles de entrada a asphaltadora	J. OTROS	
4	Flote requiere cambio	12	Esparragos quebrados	20	Fallas con termocopla de asfalto	25	Pieza quebrada
C. SISTEMA NEUMÁTICO (AIRE COMPRIMIDO)		E. CARRIL A ASFALTADORA		21	Fallas con termocopla de aceite	26	Mantenimiento preventivo
5	Suciedad en unidad de mantenimiento	13	Sprocket en mal estado	22	Problema con sensor de nivel	27	Materia prima con mala calidad
6	Fugas de aire	14	Suciedad en cadenas de transmisión			28	Otros
7	Cambio de cilindros neumáticos	15	Guías de pilas desajustadas				
		G. TEMPERATURA					
		43	Manómetro descalibrado				
		44	Variación de temperatura en asphaltadora				

Fuente: elaboración propia.

En esta máquina se encontraron 27 fallas de tipo común en las diferentes estaciones que se presentan en la tabla anterior. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

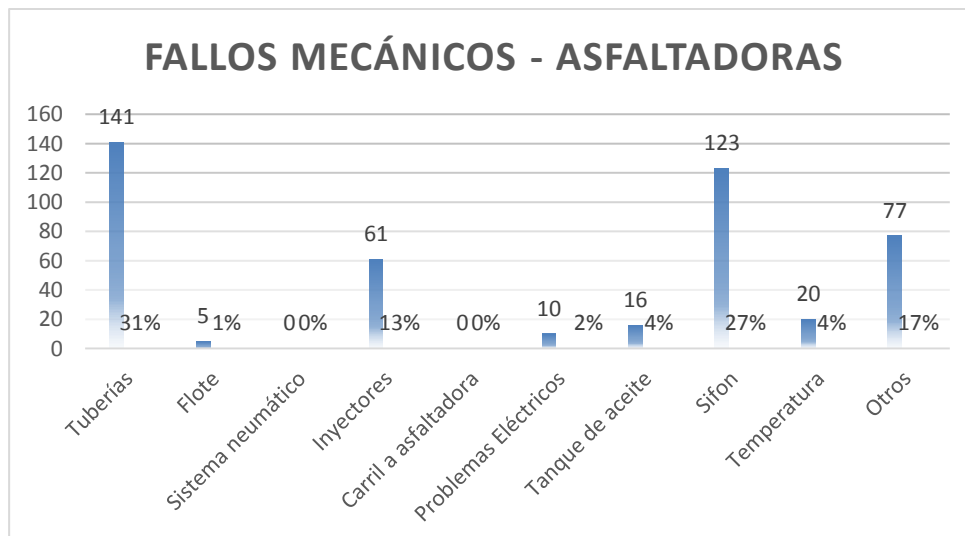
En la siguiente parte se muestra una ilustración en diagrama de barras que indica en qué estaciones se sufre el mayor tiempo de fallas:

Tabla X. **Tabla de datos paros mecánicos de asfaltadora**

Estación	Minutos de Paro	%
Tuberías	141	31%
Flote	5	1%
Sistema neumático	0	0%
Inyectores	61	13%
Carril a asfaltadora	0	0%
Problemas eléctricos	10	2%
Tanque de aceite	16	4%
Sifon	123	27%
Temperatura	20	4%
Otros	77	17%
TOTAL	453	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Diagrama de barras para asfaltadoras**



Fuente: elaboración propia.

Las tuberías sufren mayormente de incrustación de asfalto, ya que este se seca en dichos conductos y afecta la fluidez para inyectar la dosis necesaria a la pila.

Las fugas son otro problema que se presentan, ya que las tuberías han tenido bastante tiempo de uso, y el asfalto se filtra en accesorios de acople y en alguna sección afectando el funcionamiento de la máquina.

La estación sifón es muy afectada por la cristalización de asfalto, esto es generado por el problema anteriormente descrito, la materia prima. Los sifones son removidos para ser limpiados completamente y que pueda fluir bien el asfalto líquido.

Después de constante trabajo, los inyectores de la misma estación, tienden a taparse y no deja surtir las pilas de la dosis necesaria de asfalto.

A continuación en la figura 16 se muestra una falla de esta máquina:

Figura 16. **Ejemplo de falla en asfaltadora**



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 16 se presenta una fuga de asfalto (falla 1) en las tuberías. Debido a la fuga fue necesario colocar un balde que contiene el asfalto mientras reparan la falla.

### 2.2.5. Cerradoras

En esta etapa final del proceso de la pila, el problema con mayor presencia se presenta con el sello de garantía de la tapa. El sello no queda completamente instalado en la parte superior de la pila y se suelta fácilmente, exponiendo a la batería al contacto con cualquier cosa que pueda causar su descarga antes de ser usada.

A continuación se describen las fallas más comunes en estas máquinas:

Tabla XI. Fallas comunes en cerradoras

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS							
A. SISTEMA MILANO		C. SISTEMA DE CIERRE		E. SISTEMA DE SELLO		F. GUIRNALDA	
1	Cojinetes en mal estado	7	Resorte quebrado/ mal estado	15	Tenedor de sello quebrado	22	Desajuste en guirnalda
2	Faja reventada/ desgastada de motor	8	Fatiga en copa cerradora	16	Cuchillas sin filo/quebradas	23	Descentrado de zapata
3	Fajas de motor	9	Desajuste en portacopas	17	Resorte quebrado/ mal estado	24	Descentrado de punzón
4	Cojinetes en mal estado	10	Falla de ventosa de hule	18	Tornillos Quebrados	G. OTROS	
B. TÓMBOLA DE FICHA		D. ELÉCTRICOS		19	Tornillo para fijar cuchillas quebrado	25	Pieza quebrada
5	Carril de ficha intransitable	11	Paneles de control	20	Varilla Jalador de sello quebrada	26	Mantenimiento preventivo
6	Disco alimentadora de ficha obstruida por suciedad	12	Limpieza de sensores	21	Eje de jalador de sello quebrado	27	Materia prima mala calidad
		13	Motor principal			28	Otros
		14	Motor reductor				

Fuente: elaboración propia.

Son 27 fallas que se presentan con más frecuencia en las cerradoras, estas están agrupadas por estaciones. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

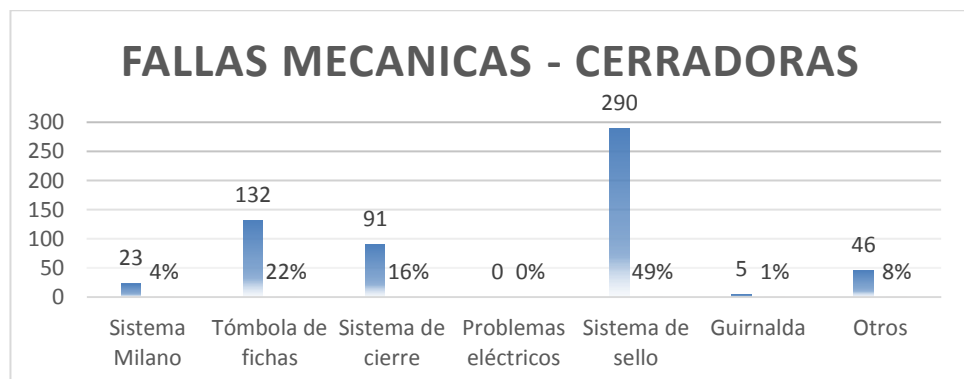
Algunas estaciones sufren más fallas, causando el paro de la máquina. En el siguiente diagrama de barras se detalla este comportamiento:

Tabla XII. **Tabla de datos paros mecánicos cerradora**

Estación	Minutos de Paro	%
Sistema Milano	23	4%
Tómbola de fichas	132	22%
Sistema de cierre	91	16%
Problemas eléctricos	0	0%
Sistema de sello	290	49%
Guirnalda	5	1%
Otros	46	8%
TOTAL	587	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Diagrama de barras cerradoras**



Fuente: elaboración propia.

Las fallas más comunes están incluidas en el sistema de sello, donde las cuchillas pueden estar sin filo o quebradas, además de otras piezas como: tornillos, jaladores y resortes en mal estado.

La tómbola de ficha se incluye también. Sufre obstaculizaciones a causa de la suciedad en el disco alimentador (falla 6) y carril de ficha intransitable (falla 5).

En la figura 18 se ejemplifica una falla que sufren las cerradoras:

Figura 18. **Ejemplo falla en cerradora**



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura anterior se puede observar un ejemplo de la falla por desajuste en portacopas (falla 9) causando deformación en la ficha. En el recuadro de contorno negro se muestra una de estas fichas.

### 2.2.6. Probadoras

Puede incluirse como parte final de la cerradora, ya que al terminar el proceso en esta última, las pilas directamente llegan a la probadora para evaluar el voltaje y el amperaje de las pilas, rechazando el producto que no llega a las cantidades estándar que requiere calidad.

En la tabla XIII se presentan las fallas de dichas máquinas:

Tabla XIII. **Tabla de fallas más comunes en probadoras**

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS							
A. MECANISMO DE PROBADORA		B. ELÉCTRICOS		C. GUIRNALDA		D. OTROS	
1	Disco de freno desgastado	4	Paneles de control	7	Desajuste en guirnalda	8	Cables reventados de puntas de contacto
2	Faja de polea reventada (motor)	5	Ajuste o cambio de sensores			9	Mantenimiento preventivo
3	Cojinetes en mal estado	6	Falla en motor			10	Otros

Fuente: elaboración propia.

Las probadoras no sufren de tantas fallas como otras máquinas, esta máquina cuenta solamente con 9. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

Seguidamente se puede apreciar un diagrama de barras mostrando las estaciones que más problemas sufren en dicha máquina:

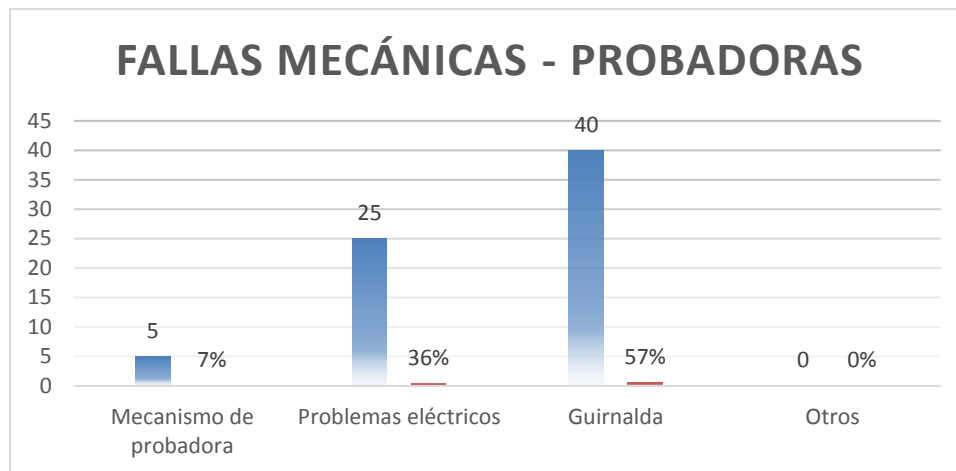


Tabla XIV. **Tabla de datos paros mecánicos de probadoras**

Estación	Minutos de Paro	%
Mecanismo de probadora	5	7%
Problemas eléctricos	25	36%
Guirnalda	40	57%
Otros	0	0%
TOTAL	70	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Diagrama de barras de probadoras**



Fuente: elaboración propia.

El problema que tiene mayor posibilidad de presentarse es el desajuste de la guirnalda, en su estación que impide el traslado de las pilas. Este problema genera mayormente los paros mecánicos en esta máquina. Al reducirlo o eliminarlo se puede contar con una máquina más eficiente que hará las pruebas de voltaje y amperaje a las pilas terminadas sin ningún problema.

En la figura 20 se muestra un ejemplo de una de las fallas que sufren las probadoras durante el proceso de producción:

Figura 20. **Ejemplo de falla en probadoras**



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura anterior se presenta una falla en ajuste o cambio de sensores (falla 5) de la estación: eléctricos. Al fallar los sensores, se inicia el falso rechazo de pila por amperaje y voltaje, retrasando la producción en línea de la planta. La figura 20 muestra un depósito con varias pilas rechazadas por esta falla.

### **2.2.7. *Conflex***

Proceso final en la parte del empaque sellando las bandejas con plástico. Las *Conflex* se encargan de cortar el suficiente material para cubrir toda la bandeja de pilas. En el siguiente apartado se presentan las fallas más comunes en esta máquina:

Tabla XV. **Fallas más comunes en *Conflex***

SECCIONES CON SUS RESPECTIVAS FALLAS MECÁNICAS							
SISTEMA NEUMÁTICO		SISTEMA DE CUCHILLAS		SISTEMA DESEÑOLLADOR		OTROS	
1	Fugas de aire	7	Acumulación de suciedad	11	Rodos desajustados	14	Pieza quebrada
ELÉCTRICOS		8	Cuchillas no cortan material	12	Perforador en mal estado	15	Mantenimiento preventivo
2	Problemas con panel de control	9	Colchón de cortadora deteriorado	13	Faja entrada/salida en mal estado	16	Materia prima mala calidad
3	Termocoplas quebradas	10	Lodera doblada			17	Otros
4	Cuchillas no calientan						
5	Resistencia quemada						
6	Motor en mal estado						

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XV se visualizan 16 fallas que se presentan comúnmente en esta máquina. Las *Conflexs'* son máquinas que tienden a trabajar continuamente, no sufren fallas. Se agregó la sección de otros, si es necesario describir alguna falla que no se encuentre en la tabla anterior.

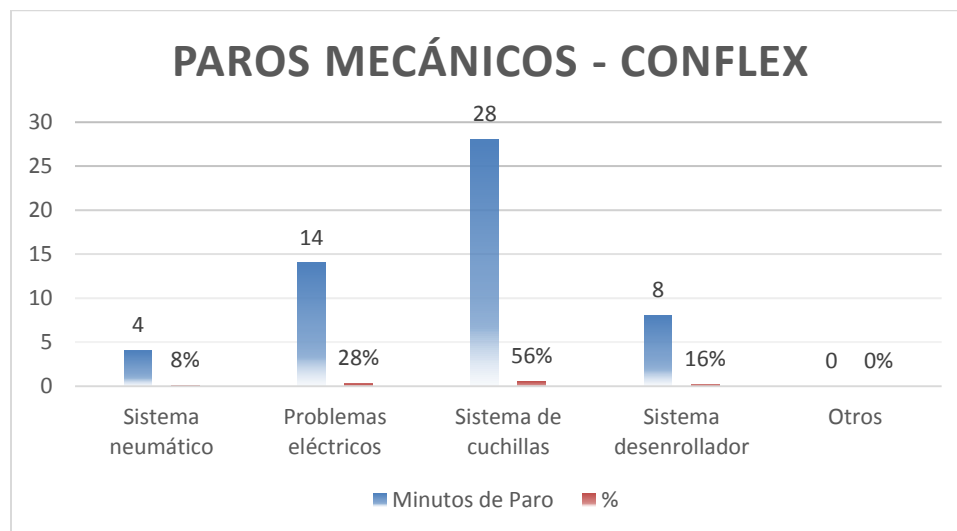
En la siguiente figura, se puede observar un diagrama de barras que incluye la distribución de fallas entre las estaciones de la *Conflex*:

Tabla XVI. **Tabla de datos paros mecánicos Conflex**

Estación	Minutos de Paro	%
Sistema neumático	4	8%
Problemas eléctricos	14	28%
Sistema de cuchillas	28	56%
Sistema desenrollador	8	16%
Otros	0	0%
TOTAL	50	100%

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Diagrama de barras de Conflex**



Fuente: elaboración propia.

El mayor problema que se presenta es el impedimento de corte de dicho material debido a acumulación de suciedad en las cuchillas (falla 7) o piezas en mal estado, que deben ser reajustadas o cambiadas para cumplir la función de corte (falla 8) en la estación sistema de cuchillas.

Los problemas eléctricos surgen porque las cuchillas no calientan (falla 4) e impide que estas corten bien el material de empaque.

En la siguiente figura se puede observar el ejemplo de una falla que sufre la máquina *Conflex*:

Figura 22. **Ejemplo de una falla en *Conflex***



Fuente: Planta Rayovac Guatemala, S. A.

La falla que se muestra en la figura 22 es la faja de entrada y salida en mal estado (falla 13) que impide que las cajas de pilas se trasladen en el proceso de empaque y corte de la máquina *Conflex*. La faja, en este caso debe ser sustituida.

### **2.3. Implementación de metodología para mejora del área de Mantenimiento**

En Rayovac Guatemala, S. A., como en muchas empresas, se busca la mejora continua de los procesos para obtener mejores resultados y entregar al cliente un producto con calidad.

Este es el caso del área de Mantenimiento. Anteriormente, las fallas mecánicas no se medían de ninguna manera. La información que se manejaba era de una forma empírica, los mecánicos solamente reportaban de forma verbal el diagnóstico del fallo, jamás se documentó información de fallas y reparaciones (solamente en las máquinas Rovac), sin embargo, la información no se completaba.

Se han dado muchos pasos para mejorar, sin embargo aún no se pueden medir las actividades de mantenimiento ni detectar las fallas que más afectan a la maquinaria. Por lo que se desarrolló un sistema de análisis para desempeño de maquinaria, donde pueda registrarse esta información necesaria, y así poder tener información concreta que pueda ayudar a mejorar el estado de la línea de producción.

### **2.3.1. Sistema de análisis para desempeño de maquinaria en Rayovac Guatemala, S. A.**

El propósito de este sistema es evaluar el estado y funcionamiento de la maquinaria dentro de la planta. Con la información extraída en el campo, se puede visualizar el tiempo de trabajo de cada máquina, el tiempo de reparación para restaurar la máquina afectada, qué falla es la que afecta con gravedad el funcionamiento de las máquinas y el tiempo de respuesta para reparar la máquina.

Con estos campos a medir, se puede lograr captar la información de una manera más comprensiva y sencilla para analizar problemas que surjan debido a las fallas que se presenten en la maquinaria y elaborar planes para eliminar o reducir al mínimo estos inconvenientes en el proceso de elaboración de la pila.

El sistema de análisis contiene una serie de indicadores alineados a las necesidades de información que necesita el equipo de mantenimiento: relación con los indicadores de producción, conocer el comportamiento de fallas, disponibilidad de máquinas y el tiempo de reparación de dichas fallas.

#### **2.3.1.1. Indicadores como herramienta de información para mantenimiento**

Como primer paso del proyecto, se realizó una investigación sobre indicadores para conocer más a fondo del tema, y analizar que indicadores o ideas se pudieran obtener. Un indicador se describe como una magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos en la ejecución de un proyecto, programa o actividad. Resultado cuantitativo de comparar dos variables.

Se investigó desde el término de indicador, en general hasta los indicadores de mantenimiento existentes.

Se sustrajeron 3 indicadores de mantenimiento de clase mundial, muy útiles para la medición de las actividades de mantenimiento que se realizan en la planta de Rayovac. Con ello se busca eliminar la deficiencia, la cual es el desconocimiento de información de fallas existentes en las máquinas, las reparaciones que desarrollan los mecánicos y la relación con los indicadores de producción. Estos fueron los siguientes:

### 2.3.1.1.1. Indicadores de mantenimiento de clase mundial

- Tiempo medio entre fallas (MTBF): indicador que permite marcar la frecuencia con que suceden las averías. Constituye una medición fundamental de la confiabilidad de un sistema. En la figura 23 se muestra la ecuación del indicador:

Ecuación de tiempo medio entre fallas:

$$MTBF = \frac{\textit{Cantidad de horas entre fallas}}{\textit{Cantidad de fallas}}$$

- Tiempo medio para reparación (MTTR): es el tiempo promedio para restaurar la función de maquinaria. Mide la efectividad en restituir la máquina en condiciones óptimas de operación, una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla. Útil para visualizar la mantenibilidad. En la siguiente figura se muestra la ecuación del indicador:

Ecuación de tiempo medio de reparación:

$$MTBR = \frac{\textit{Cantidad de horas de reparación}}{\textit{Cantidad de fallas}}$$

- Disponibilidad de maquinaria: probabilidad de un equipo o instalación, de estar en estado de funcionamiento en un período de tiempo determinado. En la siguiente figura se muestra la ecuación del indicador:



Disponibilidad de maquinaria:

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \\ &= \frac{\text{Tiempo medio entre fallas}}{\text{Tiempo medio entre fallas} + \text{Tiempo medio de reparación}} \end{aligned}$$

### 2.3.1.1.2. Indicadores creados por cuenta propia

Se agregaron unos indicadores creados por cuenta propia, los cuales tienen el fin de completar la información de las actividades de mantenimiento: cuánto tiempo se llevan en realizarla y qué falla es la que sufren más las máquinas.

- Tiempo de respuesta: en este indicador se muestra una ecuación que permite visualizar el tiempo de espera para que la máquina sea tratada para reparación; y el tiempo en el cual el mecánico elabora dicha función de mantenimiento. En la siguiente figura se muestra la ecuación del indicador:

Ecuación de tiempo de respuesta:

$$\text{Tiempo de respuesta} = \text{Hora}_{\text{inicio Restauración}} - \text{Hora}_{\text{inicio de paro}}$$

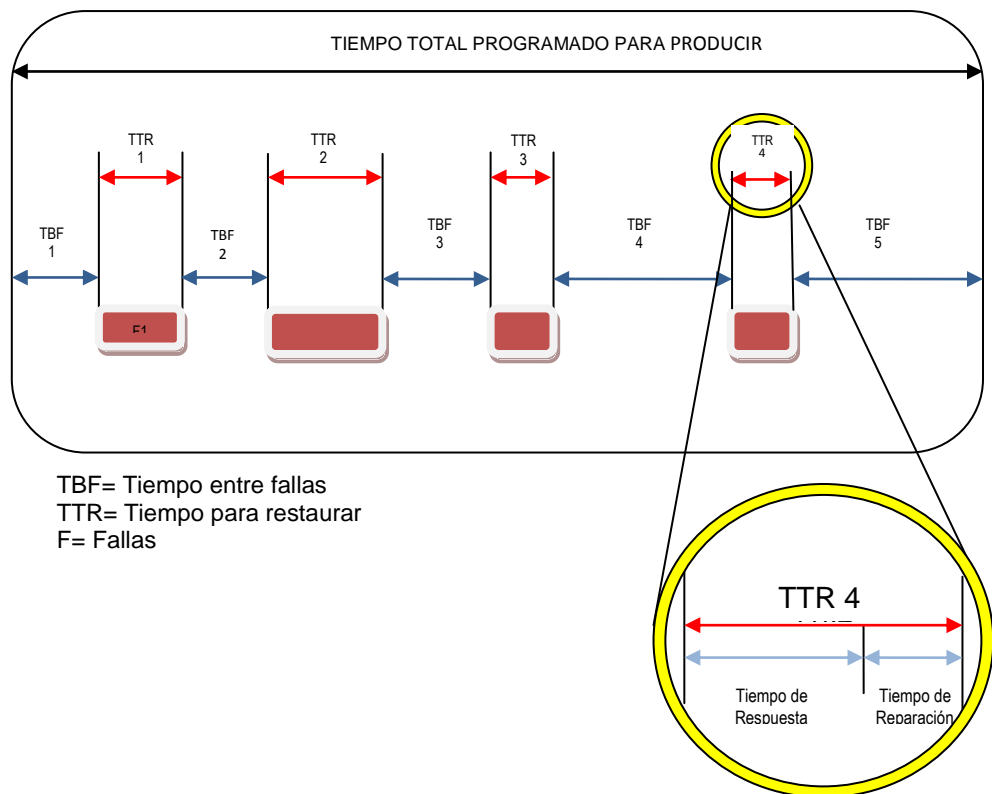
- Secciones de falla: este indicador permite ver qué máquina o sección de una máquina puede verse más afectada por fallas durante el tiempo de producción.

Ecuación de secciones de falla:

$$\text{Sección} = \frac{\text{Tiempo reparación sección maquina}}{\text{Tiempo total reparación en máquina}}$$

Con estos indicadores se quiere llegar a comprender el ciclo de la máquina durante su tiempo de trabajo. Conociendo las fallas, cuando la máquina sufre paros, las horas continuas de trabajo, obteniendo la disponibilidad de la máquina a través del tiempo. Con esta gráfica se puede entender de mejor manera lo que se captará con estos indicadores, parte del Sistema de Medición de Mantenimiento para el Desempeño de la Maquinaria.

Figura 23. **Línea de tiempo de trabajo de una máquina**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2007.

Esta figura representa el comportamiento de una máquina a lo largo de una jornada de trabajo, presentándose en esta ilustración cuatro fallas. TBF es el tiempo entre fallas, durante este tiempo la máquina trabaja sin ningún problema. TTR es el tiempo para reparar la máquina. Este se divide en tiempo de respuesta, cuánto tarda el mecánico en llegar a la máquina para ajustarla y el tiempo de reparación, cuánto se tarda en ajustar la máquina para regresarla a su función.

Esto se aplicó en toda la planta para llevar la información de todas las máquinas. A continuación se presenta la aplicación de este sistema en el Departamento de Máquinas Básicas (Rovac) haciendo un reporte de fallas en el formato, registrando toda la información necesaria y utilizarla para alimentar los indicadores del sistema:

Tabla XVII. **Registro de fallas de Rovac**

No.	Falla Diagnosticada	ID Mecánico	Inicio falla		Reparación			Tiempo (h)
			Fecha	Hora	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	
1	Pieza quebrada	1045	01/08/2013	10:20	10:25	01/08/2013	12:48	02:23:00
2	Fallo de jalador	1045	01/08/2013	13:00	13:10	01/08/2013	15:00	01:50:00

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se digitó toda la información necesaria para hacer funcionar el sistema de análisis. Se desarrolló un período de observación de toda la jornada de trabajo para ver el comportamiento de Rovac 7 y el grado de utilidad del formato creado.

A lo largo de la observación, se registraron las fallas que se presentaron con fecha y hora de inicio y fin, el tiempo de reparación y cuál falla se presentó.

### **2.3.2. Implementación de formato para reporte de fallas mecánicas en maquinaria**

Con la investigación de campo que se realizó en la planta en cada una de las máquinas, se creó para cada una de ellas un formato para reportar de fallas.

Este consiste en una tabla donde se ingresan datos de la falla surgida en la máquina afectada. En ella, se incluyen los campos: tiempo de paro, incluyendo fecha y hora, tarjeta de operador y mecánico (personas involucradas en el reporte de fallas y reparación), la hora a la cual se realizará la reparación y el final de ella.

Existe un campo adicional donde se debe anotar la falla correspondiente al paro de la máquina, que fueron descritas en el capítulo anterior *Estudio de fallas mecánicas en la maquinaria de Rayovac Guatemala, S. A.*

Debajo de la tabla de reporte se encuentra una tabla de referencia, la cual describe las fallas más comunes que sufre cada máquina (esta tabla varía según el tipo de máquina que sea por los diferentes mecanismos y funciones que desempeña). Con ella, el personal puede identificar fácilmente la falla que se presenta y solamente coloca el número correlativo de esta.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo de un formato de reporte de fallas para las prensas en el Departamento de Extrusión:



El operador reporta la falla en el momento que ocurre. Anota la fecha de falla, el problema reportado (coloca el número correlativo de la falla originada), su número de tarjeta y la hora de paro de la máquina. Por otro lado, el mecánico designado debe ingresar datos en: tarjeta mecánico, falla diagnosticada, hora de inicio y final de la reparación de la máquina.

Con estos campos completos puede obtener resultados en el sistema de medición para desempeño de la maquinaria por medio de los indicadores que se describieron en el capítulo: indicadores como herramienta de información para mantenimiento.

#### **2.4. Resultados esperados de la mejora en mantenimiento para medición y evaluación del desempeño de la maquinaria**

Al realizar las primeras pruebas y ejecutar el programa de forma manual, en el Departamento de Producción, se pudo concretar que el sistema está alineado y cumple con las expectativas de las necesidades de Rayovac Guatemala, S. A. y con los objetivos propuestos.

Al analizar cada uno de los indicadores implementados se puede entender:

- En el MTBF (tiempo medio entre fallas) mientras la cantidad de horas sea mayor se podrá concluir que se tiene un buen resultado, ya que el tiempo de fallas es mínimo. (Para mejor ilustración ver figura línea de tiempo de trabajo de una máquina).

- En el MTTR (tiempo medio entre reparaciones) sucede lo contrario al anterior indicador. Cuando la cantidad sea mínima en este se entiende que la máquina ha sufrido pocos fallos y reparaciones, trabajando sin parar. (Para mejor ilustración ver figura línea de tiempo de trabajo de una máquina).
- Con la disponibilidad, se puede concluir conjuntamente lo de los 2 indicadores (MTBF Y MTTR) anteriores y determinar cuánto tiempo estuvo trabajando la máquina a lo largo de un tiempo determinado de trabajo.
- Con los paros, se puede medir la capacidad de respuesta del equipo de ingeniería y mantenimiento para reparar la falla sufrida.
- Por último, con la sección de falla se busca determinar cuál es la falla que más afecta a cada máquina individual y colectivamente. Y así, combatirla de manera más rápida ya que fue detectada.

Los resultados anteriores se pueden reflejar en el siguiente ejercicio que, se impartió en la máquina Rovac 7, utilizando el sistema de análisis para desempeño de maquinaria:

Tabla XVIII. **Sistema de análisis para desempeño de maquinaria en Rovac 7**

Fallas	MTBF	MTBR	Tiempo Resp.	Sección de Falla	Disponibilidad
1	2.265	2.09	5 min	55.25%	0.520092
2			10 min	44.74%	

Fuente: elaboración propia.

En este recuadro se presentan los indicadores del sistema de análisis para desempeño de maquinaria de la Rovac 7 de forma manual con los datos ingresados, basándose en la información de la tabla III registro de fallas de la máquina Rovac ilustrada anteriormente.

- Primero el MTBF, tiempo medio entre fallas indica que durante esa jornada hubo 2,265 horas de trabajo entre las dos fallas que se presentaron en la jornada.

Debido a que la máquina paró por fallas 4,47 horas en total a causa de dos fallas y la jornada de trabajo es de 9 horas, la máquina tuvo 4,53 horas de trabajo entre fallas.

Ecuación de MTBF para análisis:

$$MTBF = \frac{\text{Cantidad de horas entre fallas}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{4,53}{2} = 2,265 \text{ horas}$$

Segundo, MTTR, tiempo medio para reparación nos indica un 2,235, este es el tiempo medio en horas que tardó la reparación de dichas fallas.

- La máquina necesitó de 4,47 horas para ser reparada y seguir trabajando a causa de las dos fallas que surgieron durante esa jornada.

Ecuación de MTTR para análisis:

$$MTTR = \frac{\text{Cantidad de horas de reparación}}{\text{Cantidad de fallas}} = \frac{4,47}{2} = 2,235 \text{ horas}$$



- El tiempo de respuesta del mecánico la primera vez, fue de 5 minutos mientras que en la segunda ocasión fue 10 minutos.

La hora de inicio de la falla por pieza quebrada fue a las 10:20 horas y la hora de inicio de reparación fue a las 10:25 horas.

Ecuación de tiempo de respuesta de falla 1 para análisis:

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo de respuesta} &= \textit{Hora}_{\textit{inicio Restauración}} - \textit{Hora}_{\textit{inicio de paro}} \\ &= 10:25 - 10:20 = 5 \textit{ mins} \end{aligned}$$

La hora de inicio de la falla en el jalador fue a la 13:00 horas y la hora de inicio de reparación fue a la 1:10 horas.

Ecuación de tiempo de respuesta de falla 2 para análisis:

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo de respuesta} &= \textit{Hora}_{\textit{inicio Restauración}} - \textit{Hora}_{\textit{inicio de paro}} \\ &= 1:10 - 1:00 = 10 \textit{ mins} \end{aligned}$$

- La sección de falla con la pieza quebrada abarcó 55,25 por ciento del tiempo de reparación por un 44,75 por ciento de la segunda falla abarcando mayor tiempo la primera.

La primera falla tuvo una duración de 2,47 horas:

Ecuación sección de falla 1 para análisis:

$$\textit{Sección de falla} = \frac{\textit{Tiempo de falla}}{\textit{Tiempo total de fallas}} = \frac{2,47 \textit{ horas}}{4,47 \textit{ horas}} = 55,25\%$$

La segunda falla duró 2 horas:

Ecuación sección de falla 2 para análisis:

$$\text{Sección de falla} = \frac{\text{Tiempo de falla}}{\text{Tiempo total de fallas}} = \frac{2 \text{ horas}}{4,47 \text{ horas}} = 44,74\%$$

- Con los datos que se obtuvieron del MTBF Y MTTR se tiene la disponibilidad con la que se contó para producir semipila con la Rovac 7.

Ecuación de disponibilidad para análisis:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{2.265}{2.265 + 2.235} = 50,33\%$$

Esto ayuda a concluir que la Rovac 7 solamente pudo estar disponible aproximadamente la mitad de la jornada para la producción de semipilas.

El sistema de medición se instaló en el programa de manufactura OMNIS 7. Por medio de un reporte, se podrán visualizar los indicadores propuestos e implementados, los cuales son obtenidos de la recopilación de información de campo dentro de la planta.

En la figura 25, se muestra la ventana del programa OMNIS 7 para ingresar las fallas que fueron reportadas en el formato:

Figura 25. Registro de fallas en programa OMNIS 7

Fecha	Tarjeta Operador	Tarjeta Mecánico	Problema Reportado	Horario de la Máquina que paro	Inicia Rep.	Final Rep.	Comentarios Mecánico

Fuente: Departamento TI, Rayovac Guatemala, S. A.

En esta figura se presenta la ventana de registro de fallas del programa OMNIS 7. En ella se ingresan las fallas que fueron anotadas en el formato de reporte de fallas que está dispuesto para cada máquina existente en la planta.

El digitador ingresa al departamento y máquina del cual proviene la falla, y luego, se prosigue a completar la información con los campos necesarios. Estos campos fueron descritos anteriormente en el capítulo: *Estudio de fallas de la maquinaria de Rayovac Guatemala, S. A.*

## **2.5. Costos de la implementación**

En la tabla XIX que se presentará a continuación indica todos los recursos que tuvieron utilidad para la implementación del proyecto.

Los recursos tipo humano, describe a un investigador y un asesor/encargado, el primero es el encargado de realizar el proyecto con el fin de realizar la mejora en el área de Mantenimiento de la empresa Rayovac Guatemala, S. A. El asesor/encargado es la persona que guía en el desarrollo del proyecto al investigador. Además, es el encargado en calificar el trabajo del investigador a través de los 3 meses de EPS.

Los recursos de tipo material detalla las herramientas y elementos para realizar la investigación y hacer los apuntes necesarios que el investigador necesite. El equipo de computación fue muy útil para documentar el progreso del proyecto y presentárselo al asesor/encargado y al equipo de ingeniería. Además, por medio de ello se crearon los formatos y programas necesarios para completar el sistema de análisis para el desempeño de la maquinaria.

El equipo de seguridad forma parte de los materiales que eran indispensables para desarrollar la investigación y proteger al investigador de los químicos con los cuales se trabajan en el proceso de la pila y los ruidos que producen las máquinas al momento de trabajar.

Tabla XIX. **Tabla de costos de la implementación de proyecto**

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>Humano</b>	Investigador	1	Q0,00	Q0,00
	Asesor/encargado	1	Q0,00	Q0,00
<b>Subtotal</b>				<b>Q0,00</b>
<b>Material</b>	Resma papel	1	Q0,00	Q0,00
	Impresiones	100	Q0,00	Q0,00
	Bolígrafos	1	Q0,00	Q0,00
	Libreta	1	Q0,00	Q0,00
	Salón de reunión	1	Q0,00	Q0,00
	Proyector	1	Q0,00	Q0,00
	Equipo de computación	1	Q0,00	Q0,00
	Equipo de seguridad:			
	• Lentes protectores	1	Q0,00	Q0,00
• Tapones auditivos	1	Q0,00	Q0,00	
<b>Subtotal</b>				<b>Q0,00</b>
<b>Financiero</b>	Recurso humano			Q0,00
	Recurso material			Q0,00
<b>TOTAL COSTOS DE PROYECTO</b>				<b>Q0,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Todos estos recursos que fueron utilizados para la investigación e implementación del proyecto, tuvieron un costo de Q 0,00. La empresa Rayovac Guatemala, S. A. brindó todos estos recursos para apoyo del investigador y que se pudiera ejecutar sin ningún problema.

### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO POR MEDIO DE LA REUTILIZACIÓN DE PIEZAS EN RAYOVAC GUATEMALA, S. A.**

#### **3.1. Diagnóstico de la situación actual**

Para el mantenimiento preventivo de la maquinaria de Rayovac Guatemala, S. A. se requieren muchas piezas para repuestos que sirvan para reemplazar las que han culminado su tiempo de vida.

Actualmente, la empresa debe comprar materiales especiales formados por aleaciones metálicas que tienen altos precios en el mercado y representan un alto costo para la empresa. Estos materiales, muchas veces son importados, por lo que el tiempo de entrega es prolongado y no cuentan con el material para crear una pieza necesaria para alguna máquina determinada.

A continuación se presenta un FODA, analizando la propuesta de ahorro energético para la empresa:

Tabla XX. FODA analizando reutilización de piezas

<p style="text-align: center;">Factores Internos</p> <p style="text-align: center;">Factores externos</p>	<p style="text-align: center;"><b>Fortalezas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taller de máquinas herramientas para crear nuevas piezas.</li> <li>2. Planos de diseños de las piezas utilizadas como repuestos.</li> <li>3. Personal de trabajo con mucha experiencia.</li> <li>4. Reducción de presupuesto en compra de materiales para fabricación.</li> <li>5. Reducción en tiempo de entrega de repuestos a mantenimiento.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Debilidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fatiga y desgaste que pueda presentar las piezas a reutilizar.</li> <li>2. Reducida fabricación de repuestos por carga de trabajo y reducido personal.</li> <li>3. Contaminación que presente la pieza a reutilizar debido al contacto con la mezcla química de la pila.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diversidad de materiales en el mercado que pueden aprovecharse para la maquinación de piezas.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>FO (Maxi-Maxi)</b> <b>Implementar nuevos materiales para el desarrollo de piezas como repuesto.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>DO (Mini-Maxi)</b> <b>Efectuar un análisis para el material oferta según especificaciones de repuestos y estado.</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Amenazas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sobrevaloración de precio de compra de materiales maquinación de piezas.</li> <li>2. Materiales en el mercado que no llenan requisitos necesarios.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>FA (Maxi-Mini)</b> <b>Obtener el mejor precio de compra en el mercado para los materiales correctos para proyecto.</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>OA (Mini-Mini)</b> <b>Realizar un análisis para elegir los materiales ideales para proyecto.</b></p>

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Estrategias para propuesta de ahorro energético

Con base en el análisis presentado en la tabla XX se presentan estrategias que tienen el fin, que el plan de reutilización de piezas sea efectivo para ahorrar energía, como parte de Producción más Limpia.

- MAXI-MAXI (fortalezas y oportunidades)

Buscar y analizar diferentes materiales en el mercado que cumplan con las especificaciones para repuesto.

- MAXI-MINI (fortalezas y amenazas)

Encontrar el mejor precio en el mercado para la maquinación de piezas.

Realizar pruebas mecánicas sobre estos materiales en el taller de máquinas herramientas.

- MINI-MAXI (debilidades y oportunidades)

Analizar el estado físico y mecánico de los materiales en oferta omitiendo los que tengan impurezas.

- MINI-MINI (debilidades y amenazas)

Encontrar y analizar los mejores materiales (precio-calidad-estado) para garantizar el buen funcionamiento de los repuestos en las máquinas.

La propuesta presenta una gran oportunidad para ahorrar energía en el desarrollo de repuestos para la maquinaria de la planta y disminuir presupuesto a la hora de comprar materiales para crear nuevas piezas.



### **3.1.2. Reutilización de piezas**

En las actividades de mantenimiento de preventivo que se ejecutan en Rayovac Guatemala, S. A. se tiene la gran oportunidad de proponerse un programa de reutilización de piezas, aprovechando el material de las piezas que han sido cambiadas y son consideradas chatarra.

Al contar con un taller de máquinas herramientas para desarrollar nuevas piezas a base de materia prima como: metales, plásticos, cerámica, y otros. Se pueden tomar piezas previamente analizadas para una nueva utilidad en las máquinas y siendo modificadas para ser una nueva pieza.

Se investigó en la bodega del taller máquinas herramientas y en los talleres de Mantenimiento dentro de la planta varias que fueron utilizadas y ahora son chatarra. Estas piezas fueron identificadas por medio de los nombres con los que fueron denominados y sus planos respectivos.

Dicha chatarra tiene potencial para convertirse en nuevas piezas por medio del maquinado en las máquinas herramientas del taller, aprovechando el mismo material y dándoles una distinta función.

### **3.1.3. Piezas ideales para la propuesta**

La lista de piezas para repuestos es muy larga para ser analizada completamente, se le dio importancia a las piezas que tiene un costo mayor, por el tipo de material que se utiliza en ellas. Los materiales fueron stellite y bronce.

El stellite es una aleación de cobalto-cromo que consiste en un complejo de carburos en una matriz de aleación. El stellite es resistente al desgaste, corrosión y rozamiento, estas propiedades se mantienen incluso a altas temperaturas. Este material se utiliza en aplicaciones de la industria, ya que tiene excelente resistencia en degradaciones mecánicas y químicas, en amplios rangos de temperatura y mantiene su dureza hasta los 500 grados Celsius. Es un material resistente también al impacto y a la cavitación.

Tabla XXI. **Composición química del stellite**

Elementos	Contenido
Cobalto	57%
Cromo	28% - 32%
Tungsteno	11% - 13%
Carbón	2% - 3%
Silicón	1,20%
Hierro	1%
Níquel	1%
Otros	1.50%

Fuente: *Azom.com*, Enciclopedia Virtual de Materiales. Consulta: 30 de enero de 2014.

La composición química del stellite indica que los elementos que más sobresalen en la composición son cobalto y cromo, gracias a ello le da una elevada resistencia al desgaste y dureza. Además ofrece alta resistencia a la corrosión.

Tabla XXII. **Propiedades mecánicas del stellite**

Propiedades	Cantidad
Densidad	8,69 g/cm <sup>3</sup>
Dureza, Rockwell C	50-58
Esfuerzo de tensión	1.195 Mpa
Esfuerzo de fluencia	1.050 Mpa
Módulo de elasticidad	230 Gpa
Elongación al quebrarse	<1%

Fuente: *Azom.com*, Enciclopedia Virtual de Materiales. Consulta: 30 de enero de 2014.

Las propiedades mecánicas confirman un material de alta dureza (hasta 58 Rockwell C), alto esfuerzo de tensión y de fluencia, siendo una pieza que difícilmente se deforma elásticamente.

Por otro lado, el bronce es una aleación de cobre y estaño que es muy utilizado para la fabricación de piezas sometidas a fricción. Esta aleación es conocida también por tener alta resistencia a la corrosión.

Tabla XXIII. **Composición química del bronce**

Elementos	Contenido
Cobalto	57%
Cobre	86% - 89%
Estaño	4% - 6%
Plomo	1% - 2,5%
Zinc	0,75%
Níquel	1%
Fósforo	0,25%
Hierro	0,15%
Aluminio	0,5%

Fuente: *Azom.com*, Enciclopedia Virtual de Materiales. Consulta: 30 de enero de 2014.

El mayor porcentaje en la aleación que se presenta es con el cobre y el estaño. Por ello obtiene una buena resistencia a la corrosión y a la oxidación. Además, brinda gran resistencia a la fricción.

Tabla XXIV. **Propiedades mecánicas del bronce**

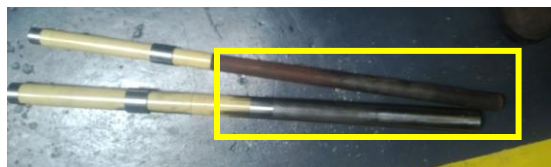
Propiedades	Cantidad
Densidad	8,90 g/cm <sup>3</sup>
Dureza Brinell	70-200
Esfuerzo de tensión	300 a 900 Mpa
Esfuerzo de fluencia	230 a 490 Mpa
Módulo de elasticidad	80 a 115 Gpa
Elongación al quebrarse	<65%

Fuente: *Azom.com*, Enciclopedia Virtual de Materiales. Consulta: 30 de enero de 2014.

La elongación que presenta explica la excelente maleabilidad a la hora de maquinar una pieza con este material. Este material no es tan duro ni resistente como el stellite.

Muchas piezas son realizadas con estos materiales para las máquinas Rovac, debido a que las piezas están expuestas a mezclas químicas internas en la pila y a alta fricción debido al contacto con otras piezas del mecanismo de las Rovac's.

Figura 26. **Martillos de Rovac contaminados por mezcla química**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 26 se muestran dos martillos de las máquinas Rovac que ayudan a compactar la mezcla dentro de un depósito de dicha máquina. En el recuadro se puede observar la corrosión que han recibido estas piezas debido a la exposición con la mezcla química, dejando la pieza inútil para seguir trabajando.

Al maquinar el stellite se requiere de mucho tiempo de trabajo, ya que es un material duro, causando que el tiempo de realización de una pieza pueda ser prolongado, además este material es importado desde Canadá, por lo que muchas veces el proceso de envío es prolongado y causa falta de piezas en la bodega.

El stellite y el bronce son aleaciones que tienen un alto precio en el mercado. Por medio de la propuesta de reutilización de piezas se puede disminuir en costos de compra de dichos materiales.

### **3.2. Piezas propuestas para reutilización**

Las piezas escogidas para la propuesta fueron basadas en los materiales con los que estaban maquinados: stellite y bronce. Existe variedad de piezas que componen a la Rovac que fueron construidas con dichas aleaciones. A continuación se detallan 10 de ellas, además de indicar de que pieza a que pieza será maquinada.

Cada una de las nuevas piezas a crear, aprovechan el material de las piezas a reutilizar donde se reduce energía, tiempo y costos en crear cada una de las mismas.

Por medio del instrumento de medición llamado *vernier* se examinaron las dimensiones de cada pieza (reutilizable y nueva) para analizar si el proceso de maquinado es viable y cumple con las especificaciones de la nueva pieza a crear.

### 3.2.1. Boquilla para mezcla 2D a anillo de stellite para extractor 2D

La boquilla para mezcla es utilizada en las Rovac para fabricar la pila tamaño D. Se tiene la oportunidad de aprovechar la base del molde de *tamper* y crear un anillo para extractor 2D. A continuación se presentan las especificaciones de cada una de las piezas a tratar:

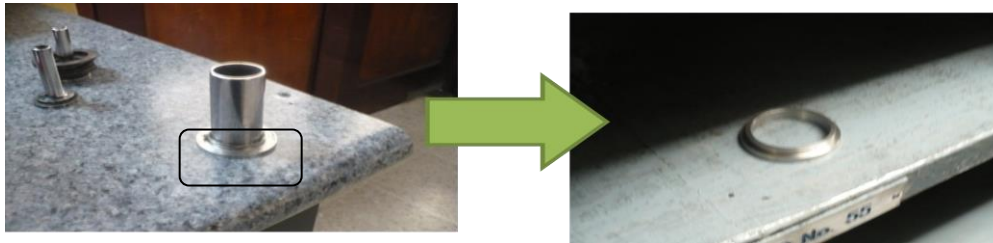
Tabla XXV. **Especificaciones de boquilla para mezcla 2D y anillo para extractor 2D**

Boquilla para mezcla 2D	Anillo de para extractor 2D
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,749"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,95"</li> <li>• Altura de la base: 0,25"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 1,408"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 1,106"</li> <li>• Altura del anillo: 0,25"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Las dimensiones de la base del molde son mayores, dando oportunidad de un buen maquinado del nuevo anillo, dejando la pieza a la medida que dictan las especificaciones. Todas las bases de las boquillas que vayan a la chatarra pueden ser de utilidad para crear anillos necesarios para extraer la mezcla y colocarla en semipilas.

Figura 27. **Boquilla para mezcla 2D a anillo de stellite para extractor 2D**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

La sección marcada con un recuadro de color negro indica la base de la boquilla para mezcla 2D donde se puede obtener dicho anillo para extractor 2D.

### 3.2.2. **Descanso de vaso en compactado a espaciadores grandes**

El descanso de vaso ayuda a apoyar temporalmente a cada vaso de zinc, que va a transformarse en semipila. Aprovechando las dimensiones del descanso de vaso se puede crear un espaciador grande, utilizado también en máquinas Rovac. A continuación se presentan las especificaciones:

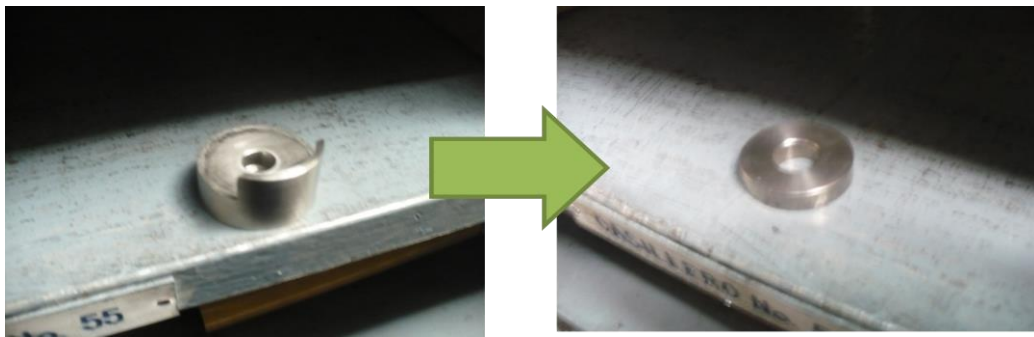
Tabla XXVI. **Especificaciones de descanso de vaso y espaciadores grandes**

Descanso de vaso	Espaciadores grandes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,355"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,25"</li> <li>• Profundidad de la pieza: 0.48"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: acero inoxidable /stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 1,25"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,50"</li> <li>• Altura del anillo: 0,312"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Con las dimensiones anteriores descritas en las especificaciones se puede crear sin ningún problema un espaciador grande. El diámetro exterior del vaso puede reducirse a los 1,25 pulgadas necesarios para el del espaciador, así como el diámetro interior puede aumentarse hasta los 0,50 pulgadas necesarios. La altura puede reducirse a 0,312 pulgadas. El espaciador grande estaría elaborado de stellite, un material más duro y resistente que el acero inoxidable.

Figura 28. **Descanso de vaso en compactado a espaciadores grandes**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En estas imágenes se puede apreciar cada una de las piezas. La primera, de izquierda a derecha, es el descanso de pila, la cual será procesada para transformarla en un espaciador grande.

### **3.2.3. Descanso de vaso en compactado a espaciadores pequeños**

Se tiene la oportunidad de aprovechar el descanso de pila para espaciadores pequeños, así como se propone como los espaciadores grandes, se puede realizar la misma actividad con los espaciadores pequeños.



Solamente es de reducir más las dimensiones externas. El diámetro interior es el mismo. A continuación se presentan las especificaciones de dichas piezas:

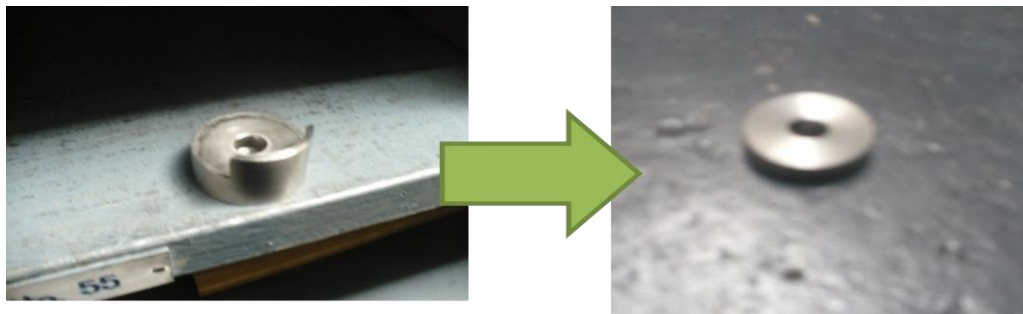
Tabla XXVII. **Especificaciones de descanso de vaso y espaciadores pequeños**

Descanso de vaso	Espaciadores pequeños
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,355"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,25"</li> <li>• Profundidad de la pieza: 0,48"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: acero inoxidable /stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 0,75"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,25"</li> <li>• Altura del anillo: 0,25"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Los espaciadores pequeños son hechos de acero inoxidable, el stellite que se obtendrá del descanso de vaso permite que el nuevo espaciador pequeño sea una pieza de mayor calidad, porque tendrá mayor resistencia a la corrosión y al desgaste al que está expuesto.

Figura 29. **Descanso de vaso en compactado a espaciadores pequeños**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En estas imágenes se puede apreciar cada una de las piezas. La primera, de izquierda a derecha, es el descanso de pila, la cual será procesada para transformarla en un espaciador pequeño.

### 3.2.4. Buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada x 1 pulgada

Este buje ayuda a sostener el empujador para insertar una roldana de cartón hasta el fondo del vaso de zinc, que permite aislar la mezcla química directamente del vaso. Se tiene la oportunidad de aprovechar el buje empujador de bronce para transformarlo al buje con dimensiones de 1 pulgada x 1 pulgada. Simplemente, hay que ajustar los diámetros internos y externos, además de reducirlo a la altura establecida por los planos

Tabla XXVIII. **Especificaciones de buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada x 1 pulgada**

Buje de empujador de fondo	Buje de 1 pulgada x1 pulgada
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: bronce.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,058"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,625"</li> <li>• Profundidad de la pieza: 2"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: bronce.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 1"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,75"</li> <li>• Altura del anillo: 1"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

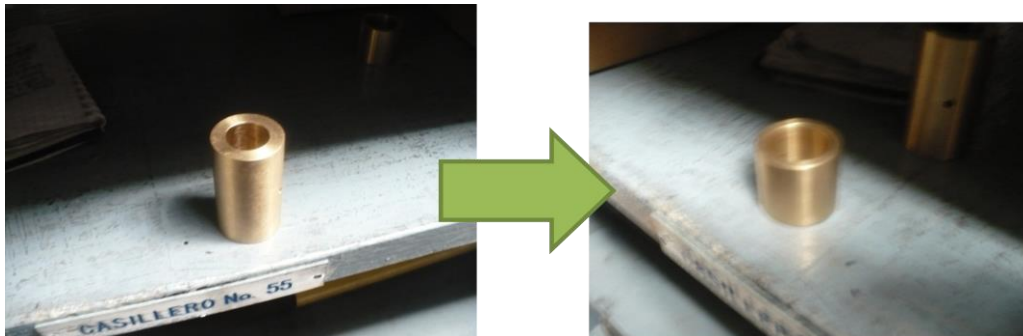
Al medirse los bujes de empujador de fondo ya utilizados en máquina, su diámetro interior aumentaba considerablemente en las 3 mediciones que se hicieron:

- 0,71 pulgadas
- 0,695 pulgadas
- 0,699 pulgadas

Al compararlos, con el diámetro con el buje 1 pulgada x 1 pulgada, aún se cuenta con varias milésimas para maquinar correctamente el interior de dicha pieza.

Debido a la altura del buje empujador de fondo se pueden obtener 2 bujes de 1 pulgada x 1 pulgada sin ningún desgaste, ya que el desgaste solo se sufre en el interior de la pieza.

Figura 30. **Buje de empujador de fondo a buje de 1 pulgada x 1 pulgada**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En la primera imagen, de izquierda a derecha, se sitúa el buje de empujador mientras que en la segunda foto está el buje de 1 pulgada x 1 pulgada.

### 3.2.5. Buje de empujador de fondo a buje para barra extractora

Al igual que el buje de 1 pulgada x 1 pulgada, se tiene la oportunidad de aprovechar el buje empujador de bronce para transformarlo en un buje para barra extractora.

En la siguiente tabla se describirán las especificaciones de estas dos piezas propuestas:

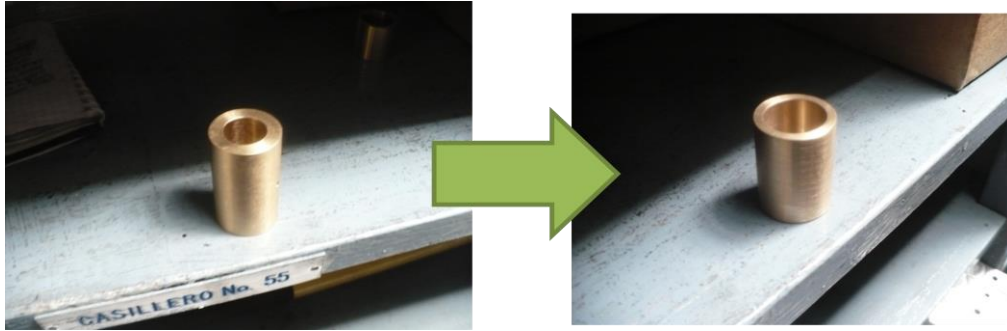
Tabla XXIX. **Especificaciones de buje de empujador de fondo a buje para extractora**

Buje de empujador de fondo	Buje para barra extractora
<ul style="list-style-type: none"><li>• Material con el que fue maquinado: bronce.</li><li>• Diámetro exterior de la base: 1,058"</li><li>• Diámetro interior de la base: 0,625"</li><li>• Profundidad de la pieza: 2"</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material con el que fue maquinado: bronce.</li><li>• Diámetro exterior del anillo: 1"</li><li>• Diámetro interior del anillo: 0,75"</li><li>• Altura del anillo: 1,5"</li></ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

El buje para barra extractor tiene el mismo diámetro interno y externo del buje de 1 pulgada x 1 pulgada, cambiando nada más la altura del mismo. El material solo se puede aprovechar para una pieza debido a la altura.

Figura 31. **Buje de empujador de fondo a buje para barra extractora**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En la primera imagen, de izquierda a derecha, se sitúa el buje de empujador mientras que en la segunda foto está el buje para extractora.

### **3.2.6. Boquilla para mezcla 1C a anillo para extractor de pila 1C**

Como en la línea de producción 2D, existe una línea de producción (1C) para fabricar la pila tipo C. La base de la boquilla 1C no es afectada por desgaste ni corrosión, por lo que puede ser utilizada sin ningún problema para crear un anillo para extractor 1C. Las especificaciones a continuación muestran las dimensiones de cada pieza:

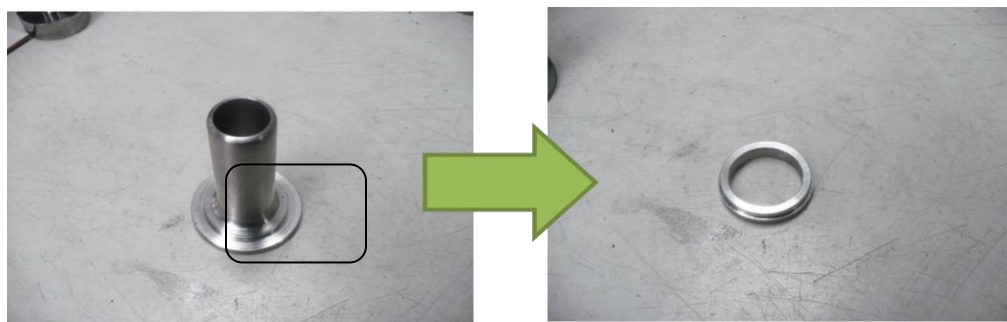
Tabla XXX. **Especificaciones de boquilla para mezcla 1C y anillo para extractor 1C**

Boquilla para mezcla 1C	Anillo para extractor 1C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,624"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,748"</li> <li>• Altura de la base: 0,25"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 1,255"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,8435"</li> <li>• Altura del anillo: 0,25"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

. Las dimensiones de la base del molde son mayores, dando oportunidad de un buen maquinado del nuevo anillo, dejando la pieza a la medida que dictan las especificaciones. Todas las bases de las boquillas que vayan a la chatarra pueden ser de utilidad para crear anillos necesarios para extraer la mezcla y colocarla en semipilas.

Figura 32. **Boquilla para mezcla 1C a anillo para extractor de pila 1C**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

La base no sufre ningún deterioro en las boquillas para mezcla, por eso se ha propuesto para reutilización de varias piezas. En el recuadro de contorno negro se aprecia la base de la boquilla en la foto izquierda, la cual puede maquinarse para crear un anillo.

### 3.2.7. Compactadora de vaso 1C a cono reductor

En la copa dobladora de vaso se tiene la oportunidad de aprovechar la sección con menor diámetro para crear el cono reductor ambas de la línea 1C. Las paredes de esta sección son más gruesas, por lo que se puede hacer la disminución del diámetro interior, tomando en cuenta la pendiente de 2 grados con la que cuenta el cono reductor.

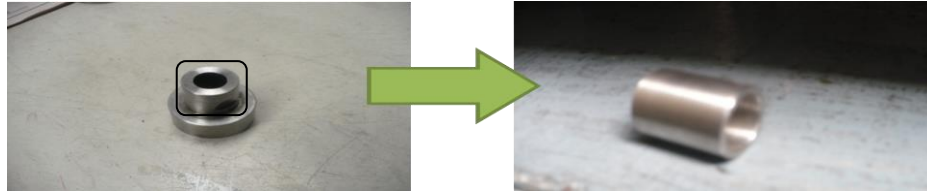
Tabla XXXI. **Especificaciones de compactadora de vaso 1C y cono reductor 1C**

Compactadora de vaso 1C	Cono reductor 1C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del cuerpo: 0,69"</li> <li>• Diámetro interior del cuerpo: 0,437"</li> <li>• Altura de la base: 0,75"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 0,625"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,48"</li> <li>• Altura del anillo: 0,75"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Las dimensiones de la compactadora de vaso especificadas en la tabla XXXI dan bastante margen para maquinar un cono reductor con correctas dimensiones. Se tomó este diámetro interior para el cono reductor, ya que es diámetro más pequeño de ambos lados de la pieza y es la referencia para analizar si se puede crear la pieza o no.

Figura 33. **Compactadora de vaso 1C a cono reductor**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

El recuadro anterior de contorno negro indica la sección superior de la copa dobladora, donde se puede obtener un cono reductor.

### 3.2.8. **Copa compactadora de vaso 1C a anillo extractor para pila 1C**

Aprovechando toda la pieza compactadora de vaso 1C, la base puede ser reutilizada para procesar un anillo extractor de pila para 1LP. La parte a reutilizar es la base de la copa compactadora. Para crear un nuevo anillo extractor hay que ajustar los diámetros internos y externos, y reducirlo a la altura establecida por los planos.

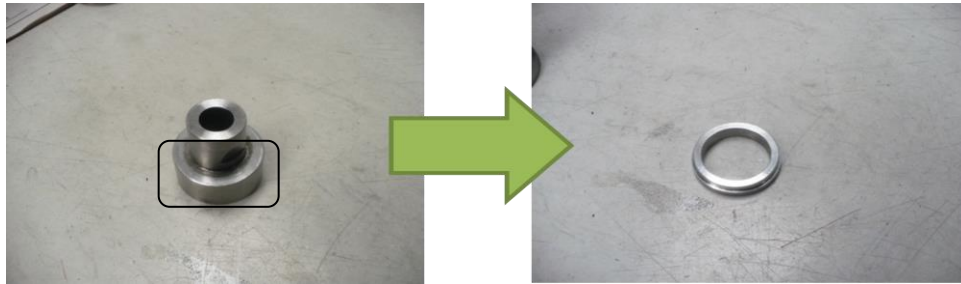
Tabla XXXII. **Especificaciones de boquilla para mezcla 1C y anillo para extractor 1C**

Boquilla para mezcla 1C	Anillo para extractor de pila 1C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior de la base: 1,25"</li> <li>• Diámetro interior de la base: 0,748"</li> <li>• Altura de la base: 0,25"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material con el que fue maquinado: stellite.</li> <li>• Diámetro exterior del anillo: 0,625"</li> <li>• Diámetro interior del anillo: 0,48"</li> <li>• Altura del anillo: 0,75"</li> </ul>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.



Figura 34. **Copa compactadora de vaso 1C a anillo extractor para pila 1C**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

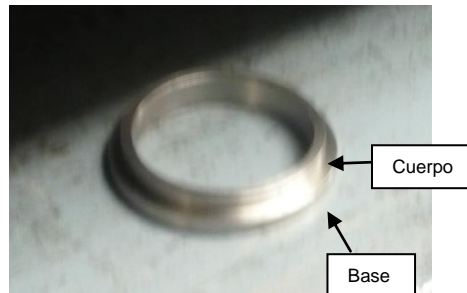
El recuadro de contorno negro secciona la parte a aprovechar para la reutilización.

### **3.2.9. Análisis a tomar para la reutilización de piezas**

Las piezas analizadas para esta propuesta fueron comparadas con las de los diseños originales, con los que cuenta el Departamento de Ingeniería para respetar las dimensiones de cada pieza. Los planos de diseño son confidenciales de Rayovac Guatemala, S. A. por lo que solo se pudo contar con las medidas expuestas en las tablas de cada pieza expuesta en el capítulo: piezas propuestas para reutilización. Además, se estudiaron las piezas a reutilizar y el estado en que se presentaban (desgaste y corrosión) para poder tomarlas en cuenta para su aplicación en una nueva pieza.

Debido al tamaño de las piezas, se utilizó la herramienta de medición, *vernier*, para examinar las diminutas dimensiones de cada una de las piezas a reutilizar y nuevas para que cuando las primeras sean maquinadas, tengan el suficiente material para convertirse en las nuevas piezas respetando los diseños y dimensiones originales funcionando eficientemente en las máquinas.

Figura 35. **Ejemplo de repuesto a medir**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En la figura 35 se presenta una pieza pequeña llamada anillo para extractor 2D que con una herramienta de medición ordinaria no puede obtenerse medidas exactas. Por otro lado, el *vernier* presentó las siguientes medidas:

Tabla XXXIII. **Dimensiones de ejemplo a medir**

<b>Parte</b>	<b>Dimensión (pulgadas)</b>
Diámetro interior	1
Diámetro exterior de cuerpo	1,0625
Diámetro exterior de base	1,625
Altura de cuerpo	0,1875
Altura de la base	0,125

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Se preparó un formato para reportar las piezas a reutilizar siguiendo el siguiente procedimiento:

Este formato busca coleccionar la información esencial de las piezas que van a reutilizarse, se incluye material de la pieza y a qué pieza será convertida.

Con esto se busca un lugar exclusivo donde se coleccionen estas piezas e identificarlas por un código (número, letra o mezcla de ambos) para reconocer la pieza con su información detallada.

Tabla XXXIV. **Ejemplo de formato de reporte para reutilización de piezas**

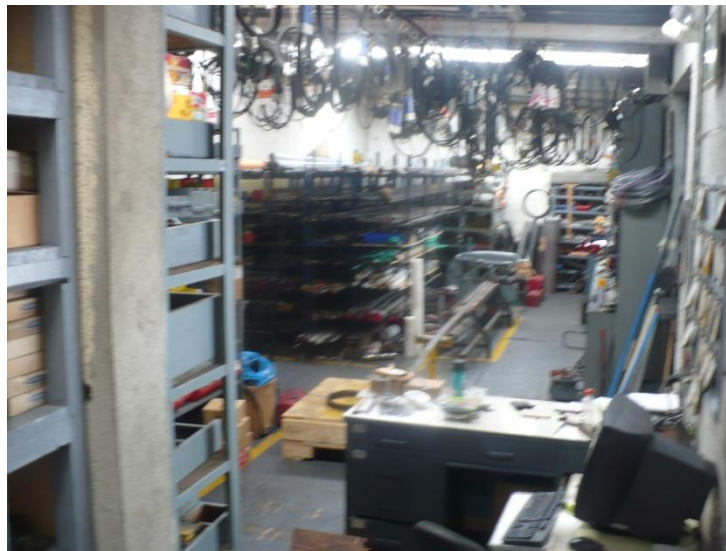
Rayovac Guatemala, S. A. Departamento de Ingeniería Departamento de Mantenimiento							
Piezas Mecánicas a Reutilizar							
No	Código de Pieza	Descripción Pieza	Material	Estado	Reutilización		Pieza a Crear
					SI	NO	
1	RO2159		Acero inox	Aceptable	x		RO2162
2	RO2225		cold rolled	Presenta fisura		x	RO2064

Fuente: elaboración propia.

La tabla propuesta reúne los datos que consideran si una pieza puede reutilizarse o no. Los datos insertados son parte de un ejemplo de cómo podría llenarse el formato. Los códigos utilizados son propios de Rayovac, de esta manera denominan a cada uno de los repuestos que utilizan para las máquinas de la planta.

Este lugar para coleccionar las piezas podría ser ubicado en la bodega de repuestos del taller de máquinas herramientas, ya que este es el lugar donde almacenan muchas herramientas, materiales de trabajo, repuestos de las Rovac, y otros.

Figura 36. **Bodega de repuestos del taller de máquinas herramientas**



Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

En la foto se observa la bodega de repuestos. En este lugar puede ubicarse un lugar especial para recolectar las piezas a reutilizar. Es importante identificar las piezas y basarse en el listado de piezas a implementar para saber cómo trabajar sobre la pieza a reutilizar.

La pieza que ha sido identificada por un código determinado se buscará en la lista. Con ella se podrá descifrar a que pieza puede transformarse, material de la que está hecha y si su estado es correcto para reutilizarla. Este listado puede estar junto a la estación para ubicar las piezas rápidamente.

Para que la propuesta funcione se debe dar a conocer a todo el personal involucrado, para que ellos estén conscientes de las piezas que hay que guardar, y así poderlas transformar por medio de las máquinas herramientas y los planos de diseño en una nueva pieza a utilizar.

### 3.3. Ahorro de costos en la propuesta

Por medio de Sistemas, Aplicaciones y Productos (SAP), un software que da soporte a las funciones esenciales de los procesos y operaciones de la empresa, se investigaron las piezas anteriormente propuestas y sus movimientos en los 3 meses que se desarrolló el EPS (junio, julio y agosto). En la siguiente tabla se presenta la cantidad de piezas en este lapso de tiempo y sus precios denominados por el software SAP.

Tabla XXXV. **Ahorro de costos en la propuesta de reutilización de piezas**

Descripción Pieza	Precio Unitario	Cantidad de piezas utilizadas	Precio Total
Cabeza de camisa de carbón	Q28,07	5 unidades	Q140,35
Anillo de stellite para extractor 2D	Q67,94	26 Unidades	Q1766,44
Espaciadores grandes	Q44,64	21 Unidades	Q937,44
Espaciadores pequeños	Q26,79		
Buje de ¾" X 1" X 1"	Q86,20	25 Unidades	Q2155,00
Buje para barra extractora	Q84,82	24 Unidades	Q2035,68
Anillo para extractor de pila 1C	Q100,74	3 Unidades	Q302,22
Cono reductor	Q161,05	0 Unidades	
Roldana formadora de sello	Q30,78	0 Unidades	
Anillo para extractor de pila 1C	Q120,89	3 Unidades	Q362,67
<b>TOTAL</b>			<b>Q7699,80</b>

Fuente: taller de máquinas herramientas, Rayovac Guatemala, S. A.

Con la tabla de análisis anterior se puede concluir que realizando la reutilización de piezas descritas anteriormente, la empresa en el área de Mantenimiento, se puede ahorrar Q7 699,80 en elaborar dichos repuestos nuevos en un lapso de 3 meses de trabajo.

El precio total es un valor estimado, ya que varias piezas propuestas son elaboradas en el taller máquinas herramientas, por lo que se tomó el precio equivalente según la materia prima de las que fueron extraídas.



## **4. FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO**

### **4.1. Diagnóstico de necesidades**

Es necesario compartir la información del proyecto que se realizó en el en Rayovac Guatemala, S. A. para dar a conocer los nuevos procedimientos a implementar en *La mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria en Rayovac Guatemala, S. A. y Propuesta de ahorro energético por medio de la reutilización de piezas en Rayovac Guatemala, S. A.* A continuación se describe el diagnóstico para las dos fases realizadas en el proyecto de EPS:

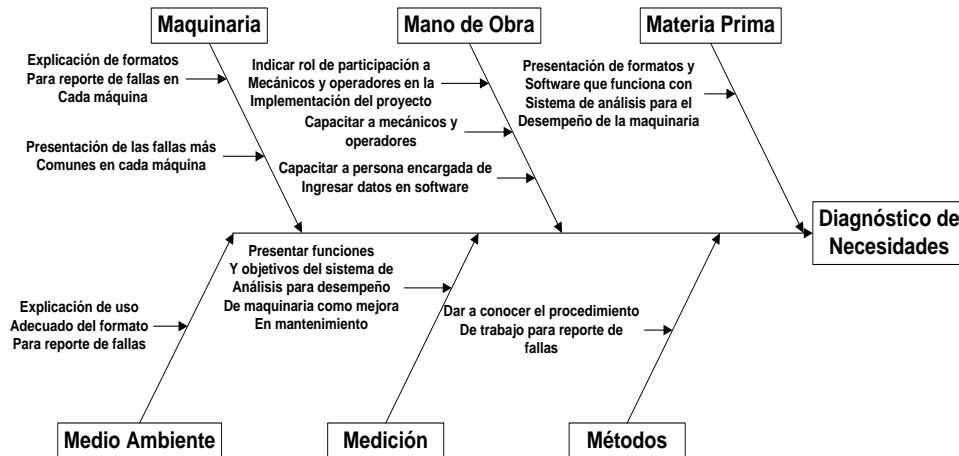
#### **4.1.1. Mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria**

A consecuencia de la implementación de la mejora en mantenimiento con el sistema de medición de desempeño de la maquinaria, es necesario realizar un plan de capacitación para explicar el funcionamiento de este sistema y de los formatos de falla de cada máquina al equipo de ingeniería, supervisores, mecánicos y operadores.

Se incluye un diagrama Ishikawa que ayuda a ilustrar el diagnóstico de las necesidades para la capacitación:



Figura 37. **Diagrama Ishikawa para mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria**



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se explica los puntos que se necesitan impartir para cumplir las necesidades de la capacitación para el recurso humano.

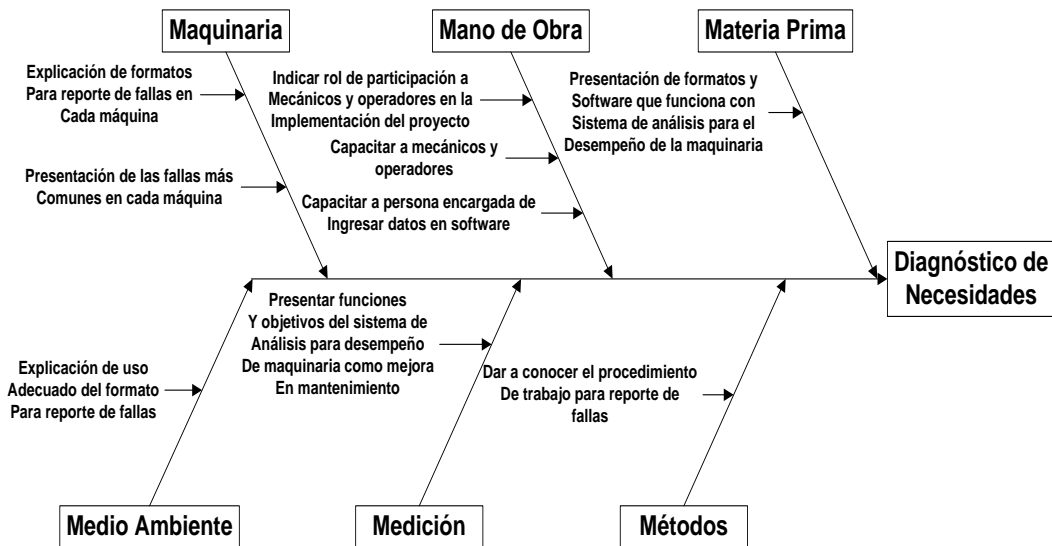
Capacitando correctamente al personal necesitado, se podrá completar con los datos correctos, el reporte de fallas anotando las fechas y horas necesarias. Además, comprenderán las fallas descritas que aparecen comúnmente en las diferentes máquinas de cada departamento para anotarlas sencillamente con un número correlativo.

Existe una persona que traslada toda esta información recopilada en los formatos al sistema en red, a través de una computadora. La persona fue capacitada explicándole los puntos e información que debe digitar y cómo debe hacerlo para formar un reporte correcto del desempeño de la maquinaria.

#### 4.1.2. Propuesta de reutilización de piezas

Se creó un informe y una presentación para explicar la propuesta donde se incluyó el método para recolectar las piezas y llevar control sobre ellas, para ilustrar las necesidades diagnosticadas para la propuesta de reutilización de piezas se incluye un diagrama Ishikawa, el cual se presenta a continuación:

Figura 38. Diagrama Ishikawa para propuesta de reutilización de piezas



Fuente: elaboración propia.

En este diagrama se pueden observar los diferentes puntos para solventar las necesidades que equivalen a una capacitación completa. De esta forma, se podrán dar los puntos correctos para la propuesta y evaluar su beneficio para la empresa.

Parte de la capacitación incluyó la presentación de las piezas que pueden reutilizarse y a qué nueva pieza puede ser transformada ilustrándose cada una de ellas con fotos y diseños que existen en archivo en el taller máquinas herramientas.

## **4.2. Plan de capacitación**

La capacitación es un proceso educacional que es parte de las estrategias de una empresa para que el personal aprenda o desarrolle conocimientos y habilidades específicas relativas al trabajo. Seguidamente se describe el plan de acción para el proyecto:

### **4.2.1. Mejora en el mantenimiento para el desempeño de la maquinaria**

El plan de capacitación es una herramienta para ordenar de mejor manera las sesiones que dan a conocer el proyecto en sus dos fases, reuniendo así los siguientes puntos a explicar:

- Justificación

Es importante que el personal implicado en las actividades de mantenimiento conozca el proyecto: *Mejora en el Mantenimiento para el Desempeño de la Maquinaria*.

Mecánicos, supervisores y operadores están involucrados en el proyecto, ya que ellos serán los agentes que reportarán las fallas que afecten a las máquinas durante la jornada de labores.

Al ser capacitados tendrán el suficiente conocimiento de las herramientas y procedimientos a la hora de reportar alguna falla, y que el sistema de análisis para el desempeño de la maquinaria trabaje con los datos correctos y funcione correctamente.

- Alcance

El presente plan de capacitación es de aplicación para los operadores que manejan las máquinas, mecánicos encargados de reparaciones y supervisores de mantenimiento.

- Objetivos

El plan de capacitación reúne los siguientes objetivos para su desarrollo:

- Generales

Preparar al personal involucrado para la ejecución eficiente de la generación de reportes de fallas.

- Específicos

- Proporcionar la información de las fallas que se presentan con mayor frecuencia en las máquinas.
- Dar a conocer los formatos de fallas implementados para cada una de las máquinas incluidas en la planta.

- Apoyar al personal involucrado en la correcta ejecución del procedimiento implementado de la mejora en mantenimiento.
- Estrategias

Las estrategias para este plan de capacitación son:

- Presentaciones que incluyan: de qué trata el proyecto, sus objetivos y el procedimiento de trabajo.
- Seguimiento del procedimiento de trabajo al momento del reporte de una falla.
- Apoyo al personal involucrado en la ejecución del reporte de fallas y resolución de dudas.
- Recursos

Los recursos necesarios para ejecutar el plan de capacitación son:

- Humanos

El plan de capacitación será impartido por mi persona siendo el expositor y el facilitador del proyecto a implementar. El jefe de mantenimiento y supervisor de mantenimiento apoyarán en la convocatoria de las personas involucradas, además del seguimiento del proyecto a la hora de su ejecución.

- Materiales

Los recursos materiales se dividen en:

- Infraestructura

Las actividades de capacitación se realizarán en los talleres de mantenimiento donde se realizan las reparaciones de las máquinas de la planta.

- Mobiliario y equipo

Está conformado por el equipo de cómputo con el que se cuenta en cada una de los talleres de mantenimiento de la planta.

- Documentos

Los documentos que se utilizarán para ilustrar la capacitación son los formatos de las fallas de cada una de las máquinas existentes en la planta.

#### **4.2.1.1. Cronograma**

En el siguiente apartado se muestra el cronograma que se utilizó para impartir el plan de capacitación durante agosto, con el detalle de las actividades a desarrollar:

Tabla XXXVI. **Cronograma de capacitación de mejora en el mantenimiento para desempeño de maquinaria**

ACTIVIDADES A DESARROLLAR	DÍAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presentación: Sistema de Analisis para Desempeño de Maquinaria.										
Seguimiento: Revisión de la correcta ejecución del reporte de fallas.										
Apoyo: Resolución de dudas y auxiliar al personal involucrado en la realización del reporte de fallas.										

Fuente: elaboración propia.

Los primeros tres días se programó la presentación del nuevo método de trabajo con el sistema de análisis para desempeño de maquinaria, explicando en qué consiste, cuál es su propósito y cómo va a funcionar a la hora de reportar una falla.

El seguimiento y apoyo se realizó en los siguientes días planificados. Estos se hicieron conjuntamente porque al revisar el procedimiento de reporte, se resolvían dudas y se auxiliaba a la persona involucrada a la correcta ejecución del mismo.

#### **4.2.2. Propuesta de reutilización de piezas**

El plan de capacitación para esta propuesta se explica a continuación con los siguientes puntos:

- Justificación

El principal aporte para esta capacitación es dar a conocer la propuesta de reutilización de piezas para el Departamento de Mantenimiento.

Esta propuesta busca el ahorro energético, basado en las Buenas Prácticas de Manufactura, de los recursos de la empresa, reduciendo el consumo de nuevas piezas metálicas, a través de la reutilización de piezas que son consideradas chatarra.

El equipo de ingeniería podrá conocer el procedimiento para realizar la reutilización de las piezas seleccionadas en la propuesta y analizar si es viable o no para el desarrollo de repuestos en el Departamento de Mantenimiento de la empresa.

- Alcance

La propuesta es de aplicación para los mecánicos encargados del Departamento de las Máquinas Básicas y del taller de máquinas herramientas.

- Objetivos

El plan de capacitación presenta los siguientes objetivos para su alcance:

- General

Compartir la propuesta de reutilización de piezas al personal involucrado.



- Específicos
  - Presentar las piezas propuestas a reutilizar con sus respectivas especificaciones y las piezas nuevas a las que se pueden transformar.
  - Demostrar el procedimiento propuesto para la recolección de piezas a reutilizar en el departamento de máquinas básicas.
  - Dar a conocer el ahorro en costos que tendría adoptar la propuesta de reutilización de piezas.
- Estrategias

Las estrategias para este plan de capacitación son:

- Presentaciones que incluyan: el propósito de la propuesta y sus objetivos, las piezas a reutilizar y las nuevas piezas a las que se transformarían.
  - Demostrar físicamente las piezas a reutilizar recolectadas de la chatarra y las nuevas piezas a las que se maquinarían para mejor ilustración.
- Recursos

Los recursos necesarios para ejecutar el plan de capacitación son:

- Humanos

El plan de capacitación será impartido por mi persona, siendo el expositor y el facilitador del proyecto propuesto.

- Materiales

Los recursos materiales se dividen en:

- Infraestructura

Las actividades de capacitación se realizarán en el taller de máquinas herramientas.

- Mobiliario y equipo

Está conformado por el equipo de cómputo con el que se cuenta la oficina del taller de máquinas herramientas. Las piezas propuestas serán incluidas físicamente para una mejor ilustración.

#### **4.2.2.1. Cronograma**

En el siguiente apartado se muestra el cronograma que se utilizó para impartir el plan de capacitación durante el mes de agosto, este cuenta con las actividades desarrolladas:

Tabla XXXVII. **Cronograma de capacitación para propuesta de reutilización de piezas**

ACTIVIDADES A DESARROLLAR	DÍAS	
	1	2
Presentación: Propuesta de reutilización de piezas.		
Demostración: Piezas a reutilizar y piezas nuevas en las que se transformarán, demostración física.		

Fuente: elaboración propia.

La primera actividad a desarrollar fue la presentación de la propuesta de reutilización de piezas, incluyendo el procedimiento de recolección y las especificaciones de cada una de las piezas propuestas, con fotos y diseños.

La segunda actividad a desarrollar consistió en la demostración de las piezas a reutilizar y las piezas en las que se transformarán de manera física para una mejor ilustración de la propuesta a tratar.

Luego de terminar la investigación y completar la propuesta de la reutilización de piezas, se elaboró un informe final y una presentación para ilustrar de la mejor forma.

#### **4.3. Costos de la capacitación**

La capacitación no tuvo ningún costo. Todas las presentaciones se realizaron de forma digital, apoyándose en los sistemas de cómputo que se encuentran alrededor de todas las instalaciones de la planta.

Con el permiso del jefe y supervisores de mantenimiento, se utilizaron las computadoras para dar las capacitaciones a los mecánicos y operadores, según departamento.



## CONCLUSIONES

1. El sistema de análisis para desempeño de maquinaria está conformado por 5 indicadores que explican el tiempo de trabajo y paro de las máquinas, la falla que más les está afectando y la duración de reparación. Esto para dar un panorama completo del estado de la maquinaria.
2. Como parte del plan de mantenimiento, se crearon formatos para reporte de fallas diseñados para recopilar la información necesaria para el sistema de análisis de desempeño de maquinaria. El formato incluye: falla causante de paro, fecha y hora de paro, hora de inicio y final de reparación. El formato se hizo de la forma más clara y sencilla para que operarios y mecánicos no tengan problemas al completar reportes.
3. Los indicadores incluidos en el sistema de análisis de desempeño de maquinaria dan un panorama completo de las fallas y paros de las máquinas. En el sistema se encuentra incluidos 3 indicadores de mantenimiento de clase mundial y 2 creados por cuenta propia. Con ellos se tiene la capacidad de interpretar fácilmente la información, comprendiendo el estado de la máquina. Los resultados de los indicadores pueden leerse en horas y/o minutos, la disponibilidad se muestra en porcentaje.

4. La cantidad de indicadores incluida fue 5. Este es un número ideal, ya que contar con muchos indicadores causaría confusión con la información y resultados. Estos indicadores están alineados con los objetivos de la realización del proyecto y con las necesidades que tiene Rayovac para contar con la información real y correcta.
5. Se propuso un plan de reutilización de piezas para reducir los residuos, luego de realizadas las actividades de mantenimiento. La propuesta sigue la línea de Producción más Limpia, donde se puede incluir el ahorro de energía y de costos con las piezas que se incluyeron para que puedan ser recicladas. Además, la propuesta ayuda en la disponibilidad de repuestos.
6. Con el apoyo del jefe de mantenimiento, se hicieron convocatorias para reunir al equipo de mecánicos y operadores de cada departamento para capacitarles sobre el sistema de análisis para desempeño de la maquinaria. Se les explicó la forma correcta de completar el formato de fallas a la hora de un paro. Se le dio seguimiento para apoyarlos y resolver dudas a la hora de reportar. El sistema fue presentado al equipo de ingeniería por fases para completar los objetivos y despejar todas las deficiencias que se fueron dando en el desarrollo del proyecto.
7. La propuesta fue presentada al jefe de taller de máquinas herramientas donde se explicó el método a seguir para la recolección de piezas a reutilizar. Con esto, se presentaron 10 piezas que pueden ser reutilizadas y transformadas a nuevas piezas respetando el material y diseño original para que funcionen correctamente en las máquinas. Se contempló el desgaste que sufren estas piezas usadas a la hora de crear una nueva.

## RECOMENDACIONES

1. El sistema de análisis de desempeño de maquinaria es funcional con 5 indicadores. Sin embargo, se pueden incluir o extraer algún indicador según las nuevas necesidades u objetivos que tenga el equipo de ingeniería.
2. Los formatos de reporte de fallas están sujetos a cambios. En el formato actual se cuenta con las fallas más comunes que tiene cada máquina en la línea de producción. Sin embargo, a través del tiempo alguna otra falla puede volverse común y debe ser incluida en este formato para una mejor recopilación de información. Puede suceder, caso contrario, que una de las fallas incluidas ya no sea común, debido a que se le encontró solución en mantenimiento y debe ser sustraída del formato.
3. Los resultados obtenidos del sistema de análisis de desempeño de maquinaria, debe interpretarse de la manera más clara. Si es necesaria cambiar la magnitud del resultado (ejemplo: hora a minuto), puede cambiarse sin ningún problema. Solamente hay que realizar las conversiones necesarias para obtener lo deseado.
4. La cantidad de indicadores puede ir sujeta a la cantidad de objetivos que tiene una persona o equipo. A través de la experiencia y del desarrollo de este sistema, se puede reevaluar y analizar si es necesario incluir otro indicador o eliminar alguno con el fin de contar con la información suficiente y clara para los reportes de mantenimiento.



5. En la parte de piezas, existe un gran potencial en muchas de ellas de poder reutilizarse. En el plan pueden incluirse otras piezas para seguir con la Producción más Limpia en la empresa.
6. Se observó que muchas veces los mecánicos u operadores no completaban correctamente los campos del formato de reporte de fallas. Por lo tanto, es necesario darles retroalimentación cuando surjan problemas con los datos obtenidos.
7. El jefe de taller, luego de la presentación, puede interpretar cuáles piezas son viables de reutilizar y cuáles no debido a los temas de maquinado y fatiga de las piezas. El método de recolección busca la forma más fácil y ordenada de juntar dichas piezas, sin embargo, puede modificarse si es necesario.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo: medición del trabajo*. 2a. ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 1998. p. 218 ISBN: 9789701016985.
2. IZAGUIRRE ROSALES, Edgardo. *Estudio, análisis y propuesta para reducir el desperdicio de pilas zinc carbón en Rayovac Spectrum Brands*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. p. 102.
3. Manual de indicadores de mantenimiento. [en línea] <http://es.scribd.com/doc/36811154/Manual-de-Indicadores-Mantenimiento>. [Consulta: 29 de mayo 2013].
4. MONROY, Fredy. *Manual de montaje y mantenimiento de equipo*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería, 2003. p. 38.
5. NIEBEL, Benjamin. *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. Ibarra, Teresa del Carmen (revisión técnica); Cordero, Carlos Roberto (trad.). 11a ed. México: Alfaomega, 2004. p. 745 ISBN: 9701509935.
6. Recomendación para los residuos. Programa de las mejores prácticas ambientales. España: IHOBE. Octubre 1999. p. 42.























