



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

**DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC  
GUATEMALA, S.A.**

**Gustavo Obdulio Taylor**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, febrero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC  
GUATEMALA, S.A**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**Gustavo Obdulio Taylor**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
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:

### **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 15 de marzo de 2019.

**Gustavo Obdulio Taylor**



Guatemala, 20 de noviembre de 2019  
REF.EPS.DOC.813.11.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

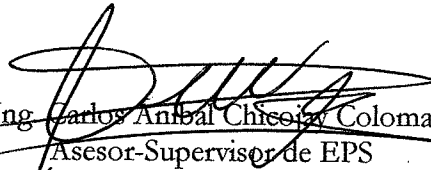
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Gustavo Obdulio Taylor** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201503541, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE 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"

  
Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra





Guatemala, 20 de noviembre de 2019  
REF.EPS.D.426.11.19

Ing. Roberto Guzmán Ortíz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán Ortíz:

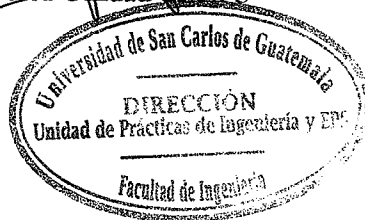
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Gustavo Obdulio Taylor** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor 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. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS



OAH/ra



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.300.2019

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC GUATEMALA S.A.** del estudiante **Gustavo Obdulio Taylor**, CUI **2568829830101**, Reg. Académico **201503541** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

**"Id y Enseñad a Todos"**

Ing. Julio César Campos Paiz  
Coordinador Área de Diseño



MA Ing. Julio César Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701

Guatemala, noviembre 2019  
/aej



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.060.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC GUATEMALA S.A.** del estudiante **Gustavo Obdulio Taylor**, CUI **2568829830101**, Reg. Académico **201503541** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero 2020

/aej



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref.DTG.081.2020

La Decana 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, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN ORDENADOR DE BANDEJAS DE PILAS 2D ZINC-CARBÓN EN EL DEPARTAMENTO DE EMPAQUE EN RAYOVAC GUATEMALA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Obdulio Taylor** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, febrero de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por acompañarme desde antes del comienzo de mi carrera, y agradezco por estar aquí el día de hoy y por la sabiduría que obtengo de Él.
<b>Mi tía</b>	Friné Salazar. Por ser mi segunda madre, darme su amor incondicional aconsejarme y estar para mí siempre que lo necesite.
<b>Mi abuela</b>	Blanca Taylor. Por su amor, dedicación y apoyo incondicional durante toda mi vida.
<b>Mi madre</b>	Brenda Taylor. Por su amor, dedicación y apoyo durante toda la vida.
<b>Mis tíos</b>	Rigo Salazar, Carlos Salazar, Herman Taylor, Jaime Taylor, Rene Salazar, Amílcar Salazar y Vilma Salazar. Por apoyarme durante toda mi vida y su amor incondicional.
<b>Rolando Oliva</b>	Por su apoyo incondicional y consejo sabios que siempre me ayudaron a salir adelante.
<b>Mis hermanos</b>	Jesús Taylor, María Taylor, Laura Oliva y José Taylor. Por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la sabiduría durante mi carrera y apoyarme en cada etapa de mi vida.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera y prepararme para toda la vida.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Joel Beltetón, Susel Retana, Roberto Cux, Josué Beltetón, Marlon Quisquinay, Omar Lantan, Javier Lara, Carlos Ortiz, Edgar Morales, Sidney Cobaquil, Lester Con y a todos aquellos que me apoyaron cuando más lo necesitaba para poder seguir adelante.
<b>Mis jefes</b>	Edgar Kestler y Alfonso Orozco. Por apoyarme y aconsejarme.
<b>Rayovac Guatemala, S.A.</b>	Por permitirme realizar mi EPS.
<b>Erasmus Beltetón</b>	Por aconsejarme y apoyarme siempre.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Carlos Chicojay por su apoyo durante el proceso de realización de EPS.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación .....	1
1.1.2. Historia .....	4
1.1.3. Misión .....	5
1.1.4. Visión.....	5
1.1.5. Valores corporativos .....	5
1.1.6. Estructura organizacional .....	6
1.2. Partes que conforman la pila zinc-carbón.....	7
1.3. Descripción del proceso de elaboración de pila 2D zinc-carbón.....	9
1.3.1. Departamento de extrusión.....	9
1.3.2. Departamento de mezclas.....	11
1.3.3. Departamento de básicas .....	12
1.3.4. Departamento de ensamble.....	14
1.3.5. Departamento de empaque final.....	15
1.4. Descripción del problema .....	18
1.4.1. Antecedentes.....	18

1.4.2.	Justificación.....	19
1.4.3.	Formulación y delimitación del problema .....	19
1.4.4.	Alcances y límites.....	19
1.5.	Definiciones básicas.....	20
1.5.1.	Banda transportadora.....	20
1.5.2.	Funcionamiento.....	21
1.5.3.	Componentes básicos.....	22
1.5.3.1.	La cinta o banda.....	22
1.5.3.2.	Transmisión: tambores y motor .....	24
1.5.3.2.1.	Tambores o poleas .....	24
1.5.3.3.	Motor .....	25
1.5.3.4.	Estructura.....	26
1.5.4.	Accesorios de la banda transportadora.....	27
1.6.	Válvulas Neumáticas.....	29
1.6.1.	Válvulas direccionales.....	30
1.6.2.	Tipos de válvulas direccionales.....	30
1.6.2.1.	Válvulas 2/2.....	30
1.6.2.2.	Válvulas 3/2.....	31
1.6.2.3.	Válvulas 4/2.....	31
1.6.2.4.	Válvula 4/3.....	32
1.6.2.4.1.	Centro abierto .....	32
1.6.2.4.2.	Centro cerrado .....	33
1.6.2.4.3.	Centro a presión.....	33
1.6.2.4.4.	Válvula 5/2 .....	33
1.6.2.4.5.	Válvulas 5/3.....	34
1.6.3.	Válvulas de bloqueo .....	35
1.6.4.	Válvulas reductoras.....	35
1.6.5.	Válvulas de secuencia.....	36
1.7.	Tipos de accionamientos.....	37

1.7.1.	Accionamiento manual .....	37
1.7.2.	Accionamiento mecánico .....	38
1.7.3.	Accionamiento neumático.....	39
1.7.4.	Accionamiento eléctrico.....	40
1.8.	Cilindros neumáticos .....	41
1.9.	Tipos de cilindros neumáticos .....	41
1.9.1.	Cilindro de simple efecto .....	41
1.9.2.	Cilindro de doble efecto .....	42
1.10.	Electroválvula .....	43
1.10.1.	Tipos de electroválvulas .....	45
1.10.1.1.	Electroválvulas sencillas.....	45
1.10.1.2.	Electroválvulas asistidas.....	45
1.10.1.3.	Electroválvulas de tres vías .....	46
1.11.	Ahorro energético en el departamento de empaque .....	47
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	49
2.1.	Análisis de la situación antes de la implementación del ordenador de bandejas.....	49
2.2.	Diseño del ordenador de bandejas.....	50
2.3.	Diseño del mecanismo ordenador de bandejas.....	51
2.4.	Cálculo de relación de carreras del mecanismo ordenador de bandejas.....	52
2.5.	Cálculo de la fuerza teórica del cilindro .....	53
2.6.	Diseño del mecanismo empujador de bandejas .....	54
2.7.	Relación de triángulos para determinar la carrera final necesaria.....	56
2.8.	Cálculo de fuerza teórica del cilindro empujador de bandejas.....	58
2.9.	Diseño de las bandas trasportadoras secundarias .....	59

2.10.	Cálculo de los HP requeridos para el motor .....	60
2.11.	Cálculo de relación de <i>sprockets</i> .....	61
2.12.	Puesta en marcha del ordenador de bandejas.....	61
2.13.	Habilitación de maquinaria .....	68
2.14.	Habilitación de embandejadoras automáticas.....	68
2.15.	Habilitación del llenador automático.....	69
2.16.	Propuesta de automatizar el departamento de empaque final.....	70
2.17.	Análisis de aumento de eficiencia del departamento .....	74
2.18.	Análisis del aumento de productividad teórica del departamento de empaque .....	76
3.	FASE DE DOCENCIA.....	79
3.1.	Capacitación sobre el funcionamiento del diseño ordenador de bandejas.....	79
3.1.1.	Uso de las embandejadoras automáticas.....	79
3.1.2.	Funcionamiento del ordenador de bandejas .....	79
3.1.3.	Funcionamiento del mecanismo empujador de bandejas.....	80
3.1.4.	Importancia de la disponibilidad de maquinaria.....	80
3.2.	Programa de capacitación.....	81
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES .....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICE .....	91

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de Rayovac Guatemala, Guatemala .....	2
2.	Mapa satelital de ubicación de Rayovac Guatemala, Guatemala .....	3
3.	Estructura organizacional de Rayovac.....	7
4.	Partes que conforman la pila.....	8
5.	Departamento de extrusión .....	10
6.	Departamento de mezclas .....	12
7.	Departamento de básicas .....	13
8.	Departamento de ensamble.....	15
9.	Departamento de empaque.....	16
10.	Pilas 2D, AA y AAA zinc-carbón.....	17
11.	Banda transportadora.....	21
12.	Funcionamiento de una banda o cinta transportadora.....	22
13.	Cinta o banda.....	23
14.	Tambores o poleas.....	25
15.	Motor de banda transportadora.....	26
16.	Estructura banda transportadora.....	27
17.	Componentes de una banda transportadora.....	28
18.	Válvula neumática.....	29
19.	Diagrama de válvula 2/2 .....	30
20.	Diagrama de válvula 3/2 .....	31
21.	Diagrama de válvula 4/2 .....	32
22.	Diagrama de válvula 5/3 .....	33
23.	Diagrama de válvula 5/2 .....	34



24.	Diagrama de válvula 5/3 .....	34
25.	Válvula de bloqueo.....	35
26.	Válvula reductora.....	36
27.	Válvula de secuencia.....	37
28.	Válvula accionamiento manual .....	38
29.	Válvulas de accionamiento mecánico.....	39
30.	Válvula accionamiento eléctrico.....	40
31.	Diagrama cilindro simple efecto.....	42
32.	Diagrama cilindro doble efecto .....	43
33.	Electroválvula.....	44
34.	Plano del mecanismo ordenador de bandejas.....	51
35.	Relación de triángulos para determinar la carrera final.....	52
36.	Plano mecanismo empujador de bandejas .....	54
37.	Vista del mecanismo empujador de bandeja en 3D.....	55
38.	Relación de triángulos.....	56
39.	Triángulo derecho para encontrar el valor de X.....	57
40.	Plano de banda trasportadoras secundarias .....	59
41.	Fase inicial de elaboración de rapistanes .....	62
42.	Segunda fase rapistan terminado .....	62
43.	Fase 3 instalación de los rapistanes en embandejadoras automáticas.....	63
44.	Elaboración de bandas trasportadoras secundarias .....	64
45.	Instalación de bandas trasportadoras secundarias.....	64
46.	Cilindro neumático ordenador de bandejas .....	65
47.	Mecanismo empujador de bandejas .....	66
48.	Funcionamiento del mecanismo empujador de bandejas.....	67
49.	Llenador automático.....	69
50.	Layout actual del departamento de empaque.....	71
51.	Layout departamento totalmente automatizado.....	72

52.	Sistema ordenador de bandejas .....	73
53.	Comparación de eficiencia en el departamento de empaque.....	75
54.	Comparación de eficiencia en el departamento de empaque.....	77
55.	Capacitación de los mecanismos.....	82
56.	Capacitación del uso de embandejadoras .....	82
57.	Capacitación del aumento de productividad .....	83

## **TABLAS**

I.	Tabla I Ahorro de energía en el departamento de empaque.....	47
II.	Matriz de capacitación.....	81



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área
<b>HP</b>	Caballos de fuerza
<b>CV</b>	Caballos de vapor
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>D</b>	Diámetro del cilindro neumático
<b>\$</b>	Dólar estadounidense
<b>F</b>	Fuerza
<b>Kgf</b>	Kilogramos fuerza
<b>M</b>	Metros
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>W</b>	Peso de las bandejas
<b>Plg</b>	Pulgadas
<b>Kw</b>	Unidad de medida de consumo de energía eléctrica
<b>Bar</b>	Unidad de medida de presión
<b>W2</b>	Velocidad angular en revoluciones por minuto de la banda transportadora
<b>W1</b>	Velocidad angular en revoluciones por minuto del motor
<b>V</b>	Velocidad en metros por segundo



## GLOSARIO

<b><i>Aging</i></b>	Tiempo de envejecimiento que tiene la pila antes de ser empacada. La duración es de 5 días.
<b><i>Semipila</i></b>	Pila con las capacidades de ser usada, que no tiene la forma adecuada para ser vendida en el mercado.
<b>Termoencogible</b>	Polímero con el que es envuelta la bandeja de pila que al adquirir calor se encoge y da soporte a la bandeja.
<b>Fardo</b>	Caja de cartón donde se empacan las bandejas de pilas.
<b>Extrusión</b>	Proceso utilizado para producir el vaso de zinc.
<b><i>Trimmer</i></b>	Máquina que corta el vaso de zinc a la altura deseada.
<b><i>Wheeltester</i></b>	Máquina que prueba las pilas tanto de voltaje como amperaje.
<b><i>Sprocket</i></b>	Engranaje utilizado para transmitir movimiento.
<b>Rapistan</b>	Faja de rodos.
<b>Chifles</b>	Carril hecho de varillas de inoxidable para trasportar pila hacia las máquinas.



## **RESUMEN**

En el siguiente documento se presenta el informe final del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en la empresa Rayovac Guatemala, S.A. en el cual se realizó un diseño ordenador de bandejas de pilas 2D zinc-carbón en el departamento de empaque final. Esto es necesario debido a la baja productividad.

El desarrollo de EPS se realizó durante seis meses y se dividió en tres fases; la primera fue de investigación, la que se llevó a cabo durante el primer mes, se analizó el funcionamiento actual y sobre esa base se determinó un diseño que satisfaga las necesidades del ordenamiento de bandejas.

En la segunda fase se elaboró un plan de trabajo; donde se puso en práctica el conocimiento adquirido durante la carrera de ingeniería mecánica, se inició en el segundo mes programado y terminó en el quinto mes; luego de analizar el plan de trabajo se aplicó en las máquinas y así se propuso la automatización del departamento de empaque.

La tercera fase comprendió en hacer las pruebas y ajustes necesarios en el diseño del ordenador de bandejas que se desarrolló; también se capacitó al personal del departamento, tanto operarios como mecánicos del funcionamiento de este.





# OBJETIVOS

## General

Elaborar un diseño de un ordenador de bandejas de pilas 2D zinc-carbón en el departamento de empaque en Rayovac Guatemala, S.A.

## Específicos

1. Implementar un ordenador de bandejas que permita aumentar la productividad en el departamento de empaque final de pilas 2D.
2. Proponer la Automatización en el departamento de empaque final de pila 2D.
3. Capacitar al personal sobre el uso del sistema ordenador de bandejas y uso de embandejadoras automáticas.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el área industrial se necesitan innovaciones, habilitaciones y mejoras de procesos que aumenten la productividad y que ayuden a disminuir costo de mano de obra, materia prima, consumo de energía eléctrica, entre otros. Por esto, las empresas deben evaluar diferentes alternativas para reducir consumo de materia prima con los que se cuentan si no también aumentar la cantidad de productos que desarrollen.

Los procesos que se realizan de forma automatizada surgen de la necesidad de aumentar la productividad y eficiencia de algún departamento, teniendo en cuenta la importancia de disponibilidad de maquinaria que es reducir los tiempos muertos de paro no programados para poder aumentar la producción por máquina.

Este informe final se titula Diseño de un ordenador de bandejas de pila 2d zinc-carbón en el departamento de empaque en Rayovac Guatemala, S.A. Este proyecto surge de la necesidad de aumentar la productividad en el departamento, habilitando máquinas automáticas y proponiendo la automatización completa del empaque. Por esta razón, se diseñó e implementó un ordenador de bandejas que propicie el logro de las metas de productividad del departamento.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Descripción de la empresa**

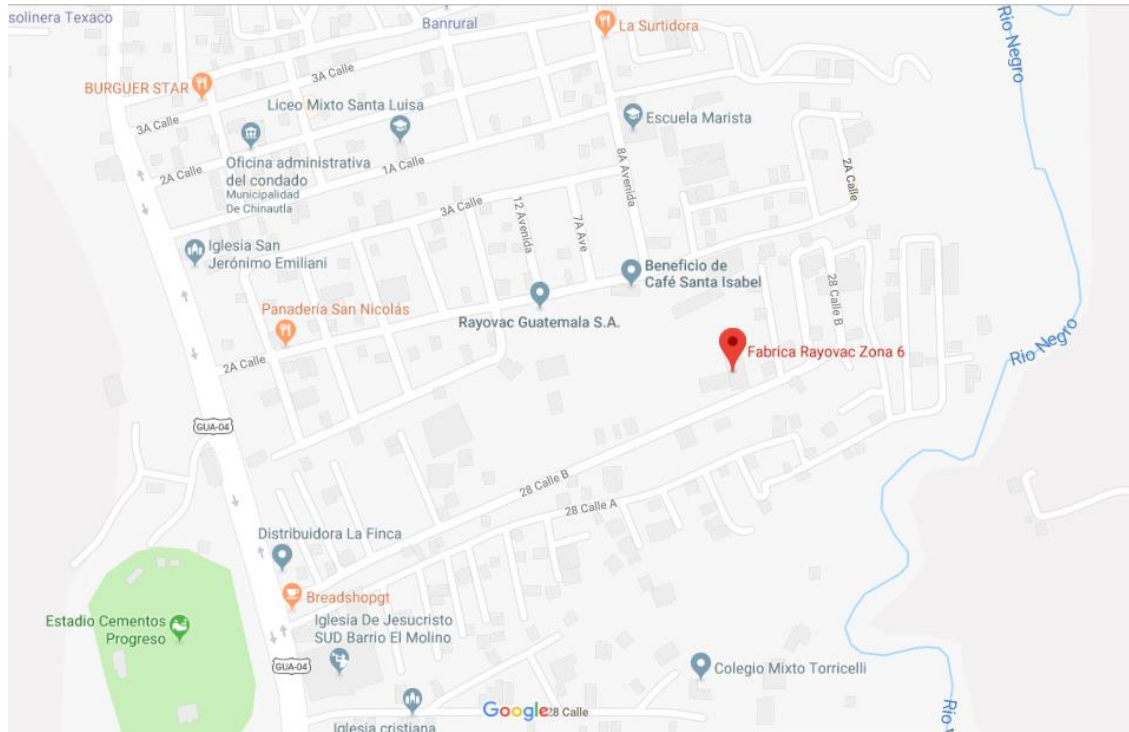
Rayovac Guatemala, S.A. es una empresa que se dedica a la elaboración de pilas zinc-carbón desde hace más de 50 años. La pila zinc-carbón es reconocida simplemente como la pila amarilla Rayovac.

Para producir la pila debe recorrer cada uno de los distintos departamentos que conforman la planta de producción: extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque para que, cada uno, aporte los materiales que conforman el producto y se presente en condiciones adecuadas a la hora de ser utilizado.

### **1.1.1. Ubicación**

El centro de operaciones de Rayovac Guatemala S.A. se encuentra ubicada en 28 calle B lote 2 Finca San Rafael Jocotales zona 6. A continuación, se presenta el mapa de ubicación.

Figura 1. Mapa de ubicación de Rayovac Guatemala, Guatemala



Fuente: Google Maps, consultado el 05 de marzo de 2019. Disponible en:  
<https://www.google.com/maps/place/Fabrica+Rayovac+Zona+6/@14.6787812,-90.4848809,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85899867280b3255:0xf81270072ba98c57!8m2!3d14.6787812!4d-90.4826922>.

A continuación, se presenta el mapa satelital de la ubicación de la empresa, en donde se aprecia las áreas alrededor de la empresa, así como en el círculo se indica el área que corresponde su extensión.

Figura 2. **Mapa satelital de ubicación de Rayovac Guatemala, Guatemala**



Fuente: Google Maps, consultado el 05 de marzo de 2019. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/Fabrica+Rayovac+Zona+6/@14.6787812,-90.4848809,804m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85899867280b3255:0xf81270072ba98c57!8m2!3d14.6787812!4d-90.4826922>



### **1.1.2. Historia**

En 1961, en Guatemala se funda la empresa con el nombre de DURALUX, S.A. con capital ciento por ciento guatemalteco y tecnología japonesa. Se asentó en la 28 calle B Finca San Rafael Jocotales Zona 6, Guatemala, en una extensión de aproximadamente 3,5 manzanas. Cuenta con áreas verdes y una planta de tratamiento de aguas negras. La empresa hace su primera pila el 6 de febrero de 1961. Pilas zinc carbón con el nombre de Duralux.

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

En 1999, Rov Limited vende la compañía y RAY-O-VAC Corporation la compra nuevamente. En el año de 2003 se instala un segundo turno por el cierre de Honduras, República Dominicana y México.

Inició produciendo pilas marca RAY-O-VAC poco tiempo después de iniciar las pilas DURALUX, en mayo de 2005 pasó a formar parte del grupo de empresas de Spectrum Brands.

La actividad principal de Rayovac es la fabricación y exportación de pilas secas de Zinc-Carbón. Cuenta con un promedio de 130 trabajadores para su fabricación. Sus productos surten el mercado local y, principalmente, exportan pilas a Centro América, Panamá, El Caribe, México y algunos países de Sur América.

### **1.1.3. Misión**

Enfocados principalmente en el consumidor, alineamos con nuestros clientes para lograr en conjunto el éxito, promover una atmosfera que permita contar con empleados comprometidos y apasionados por el negocio<sup>1</sup>.

### **1.1.4. 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 un su consumo una experiencia única en todo momento<sup>2</sup>.

### **1.1.5. Valores corporativos**

Para cumplir con la visión y misión se enfocan en los siguientes valores corporativos que en la familia Rayovac, S.A. se fomentan y promueven para sí.

- Integridad
- Respeto
- Trabajo en equipo
- Iniciativa
- Pasión
- Desafío

---

<sup>1</sup> Rayovac Guatemala, S.A. *Valores corporativos. Guatemala 2018.* p. 5-9

<sup>2</sup> Ibid.

### **1.1.6. Estructura organizacional**

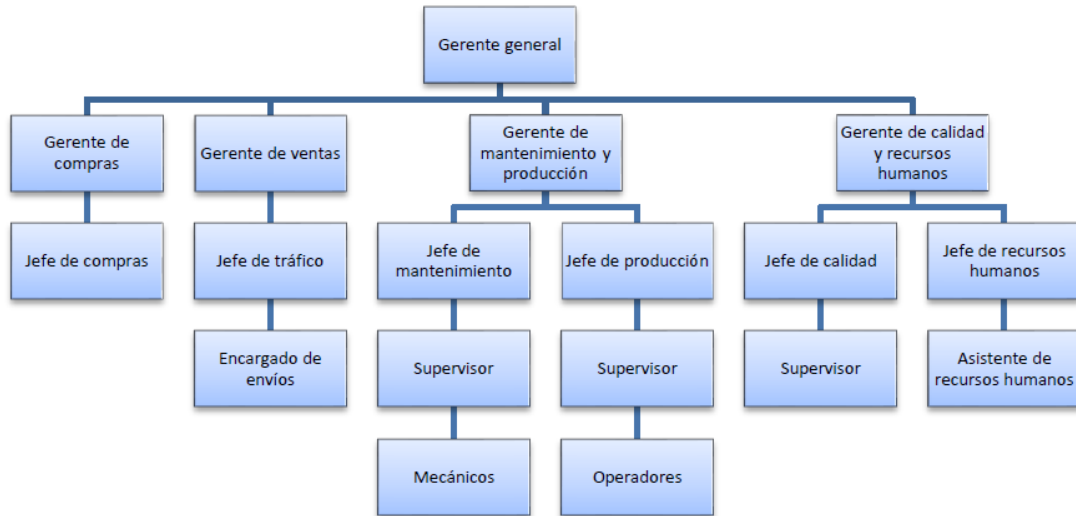
Las tareas que desarrolla Rayovac Guatemala, S.A. se dividen, agrupan, coordinan y controlan para el logro de objetivos.

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 y de gran volumen y bajo costo.

La estructura organizacional se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. Estructura organizacional de Rayovac



Fuente: información proporcionada por Recursos Humanos de Rayovac, Guatemala

## 1.2. Partes que conforman la pila zinc-carbón

A continuación, se presentas las partes que conforman la pila tipo 2D zinc-carbón.

Figura 4. Partes que conforman la pila



Fuente: imagen proporcionada por Recursos Humanos de Rayovac, Guatemala marzo de 2019.

La pila está conformada por 14 componentes, esta configuración es estándar para las pilas de este tipo zinc-carbón.

### **1.3. Descripción del proceso de elaboración de pila 2D zinc-carbón**

Las pilas se elaboran mediante un proceso en serie en el cual cada departamento que conforma la planta depende del departamento anterior, ya que si uno de los departamentos no abastece al siguiente o tiene problemas mecánicos el proceso de producción se detiene.

Cada uno de los departamentos cuenta con rigurosos estándares de calidad a los que son sometidas las pilas, la pila antes de ingresar al área de *aging* pasa por varios puntos de inspección, así como 2 pruebas tanto de voltaje como amperaje para que la pila llegue en buenas condiciones. Luego de los 5 días en el *aging* pasa al empaque final donde es probada por una última vez y es empacada.

La planta cuenta con 5 departamentos: extrusión, mezclas, básicas, ensamble y empaque final, los cuales se definen a continuación y se indica la etapa del proceso de elaboración.

#### **1.3.1. Departamento de extrusión**

En este departamento se elabora el vaso de zinc por medio de un proceso que se llama extrusión por impacto. El vaso de zinc es lo inicial para el proceso de ensamble de la pila el cual es fabricado por unas máquinas llamadas prensas y cortados a la medida por otras que se llaman *trimmer*.

El vaso de zinc que da inicio al ensamble de la pila se transporta desde el departamento de extrusión hacia el departamento de las básicas por medio de cables elevados específicamente en las bandas alimentadoras de vasos a las básicas.

La materia prima para la elaboración de vasos es el zinc el cual viene en costales de 1 tonelada cada uno aproximadamente 75 000 fichas por cada tonelada. Estos lotes los analiza control de calidad ya que es el material más caro de todo el proceso de elaboración y ensamble de la pila. Si un lote viene en mal estado (ficha menor peso, doblada u ovalada) sería una gran pérdida de material porque el vaso no tendría la medida necesaria. En este departamento, cada cierto tiempo se toman medidas al vaso para verificar si va con el tamaño requerido para evitar pila de mala calidad.

Este departamento dispone de 18 prensas y 15 *trimmer's*, máquinas automatizadas, a cada operador se le asignan hasta 4 máquinas.

A continuación, se presenta una fotografía del departamento de extrusión donde se observan las prensas que producen el vaso de zinc.

Figura 5. **Departamento de extrusión**



Fuente: elaboración propia.

### **1.3.2. Departamento de mezclas**

En este departamento se hace la mezcla que se coloca dentro de la semipila, como se le denomina en esta fase, consiste en una combinación de polvos con agua y solución para el buen desempeño de la mezcla.

En este departamento se emplean más materiales para la elaboración de la mezcla y depende del tipo de pila que se produzca: AA, C o D es la formulación que se prepara.

Este departamento también cuenta con medidas de control de calidad rigurosas para saber que se está haciendo el mejor producto para el mercado. De cada bolsa que se elabora se extrae una muestra y se mide la humedad y el voltaje. Si se aprueba, pasa al proceso de producción y se traslada al departamento de las básicas.

La mezcla es un material demasiado delicado que depende mucho de la humedad de esta, por lo que es almacenada en un lugar sin humedad y sin agua, también debe de estar bien cerrada o tapada para evitar que se endurezca antes de usarse.

A continuación, se presenta una figura del departamento de mezclas donde se observa la maquinaria para realiza el producto.



Figura 6. **Departamento de mezclas**



Fuente: elaboración propia.

### **1.3.3. Departamento de básicas**

En este departamento se realiza lo que se conoce como semipila. Aquí llega el vaso de zinc y la mezcla para iniciar el ensamble de la semipila. Primero, se coloca una roldana de cartón y un papel separador dentro del vaso para evitar que la pila entre en corto por el contacto directo de la mezcla y vaso, luego, se coloca el electrodo (carbón), una roldana de compresión y una de sello o de asfalto y la semipila está lista para ir al siguiente departamento que es el de ensamble.

La materia prima en este departamento tiene que ser de muy buena calidad y analizada por control de calidad para que la pila vaya en buen estado y con el voltaje adecuado. Aquí se tiene la primera prueba de voltaje y amperaje de la pila en la salida de las básicas.

Este departamento es el de mayor importancia ya que sin él no se podría ensamblar la pila para obtener el producto final por lo que el departamento de mantenimiento inspecciona diariamente las máquinas para garantizar su disponibilidad. Este es el departamento que más se mide su eficiencia por parte de producción.

Actualmente, hay 10 máquinas básicas en el departamento. Estas tienen una capacidad de 105 pilas por minuto aproximadamente y cada operador tiene 2 máquinas a su cargo.

A continuación, se presenta la fotografía del departamento de las básicas y se muestran las máquinas que sirven para la elaboración de semipilas.

**Figura 7. Departamento de básicas**



Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.4. Departamento de ensamble**

Este departamento cuenta con varias áreas y maquinaria que le da la forma final a la pila. En él, se convierte en batería, la cual está conformada por un cilindro de metal llamado blindaje donde va el logo de la pila y un tubo de papel con fondo engargolado. Ambos, junto con la semipila ingresan a las máquinas llamadas ensambladoras que unen las tres partes. Luego, se les coloca un sello de asfalto y se envían al área de las cerradoras que les colocan la tapa y sello de garantía. Finalmente, se prueban por segunda vez para asegurar la calidad de la pila.

Este departamento cuenta con 6 ensambladoras, 3 winding (formadora de tubo), 6 máquinas que forman blindaje, 2 asfaltadoras y 7 cerradoras. Luego de pasar la pila por este proceso entra al área de *aging* para 5 días después pasar al área de empaque final.

A continuación, se presenta una imagen que muestra el departamento de ensamble.

Figura 8. **Departamento de ensamble**



Fuente: elaboración propia.

### **1.3.5. Departamento de empaque final**

En este departamento se empaqueta la pila después de pasar por el *aging*. Antes de empaquetarla pasa por la última prueba de voltaje y amperaje. En este departamento hay distintas presentaciones de empaque las cuales son bandejas de 12 y 24 baterías que son colocadas en cajas de cartón, selladas y entarimadas a espera de ser transportadas a su destino final.

En el proceso de empaque, primero, las baterías se prueban por última vez en las probadoras. Existen probadoras 8 en 1 que prueban 8 pilas por golpe y las wheeltester que prueba 4 por prueba, luego de esto son enviadas a la faja de alimentación a las probadoras. En dos de ellas, el operador hace el embandejado por medio de un pedal y en las automáticas, este proceso es de esa naturaleza. Se hacen las bandejas y se introducen en la caja de cartón a mano. Se pasan

por una engomadora y una selladora automática y se colocan en tarimas para ser enviada a su destino final.

A continuación, se presenta una imagen del departamento de empaque final.

Figura 9. **Departamento de empaque**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Pilas 2D, AA y AAA zinc-carbón



Fuente: Recursos Humanos Rayovac Guatemala marzo 2019.

## **1.4. Descripción del problema**

Rayovac Guatemala, S.A. es una empresa que se dedica a la fabricación de pilas zinc-carbón tipo 2D y AA y empaque de pilas 2D, AA y AAA. En el departamento de pilas 2D surge la necesidad de aumentar la productividad y de estar en línea con el resto de la planta. Por tal motivo se tomó la decisión de proponer la automatización con un diseño de un ordenador de bandejas.

### **1.4.1. Antecedentes**

En la actualidad, el departamento de empaque final 2D cuenta con 8 operadores, 5 máquinas probadoras de pila, 2 embandejadoras manuales, 4 embandejadoras automáticas que no están en uso, 1 sistema de armado automático de caja y un llenador automático.

En este departamento de colocan 24 pilas 2D en bandejas con un sistema manual neumático. Estas, a su vez, pasan por una máquina que coloca termoencogible para luego pasar por un horno hacia donde las colocan en cajas anteriormente hechas por el formador de cajas. El inconveniente es que, al salir de las máquinas de termoencogible, no tiene un orden deseado para utilizar el llenador automático. La meta que se desea alcanzar es hacer que las bandejas salgan ordenadas en pares (una a la par de la otra) hacia una faja acumuladora para, luego, ser llevadas sincronizadamente hacia la faja del horno y posteriormente ser introducidas por el llenador automático.

#### **1.4.2. Justificación**

La necesidad actual de automatizar el departamento de empaque de las bandejas de pilas 2D zinc-carbón es el punto clave para aumentar la productividad. Por ello, existe la convicción de que, al diseñar un ordenador de bandejas, se podrá aumentar la eficiencia de uso de la maquinaria y equipo disponible para tener 4 embandejadoras automáticas y un sistema ordenador de bandejas que satisfaga todas las posibilidades de trabajo de las máquinas. Esto significa que, al tener 4 máquinas habrá 16 posibilidades de salida de las bandejas. Por ello, el diseño debe trabajar el llenador automático, sin importar la cantidad de embandejadoras que estén disponibles y, a su vez, aumentar la productividad del departamento.

#### **1.4.3. Formulación y delimitación del problema**

El diseño de un ordenador de bandejas de pilas 2D zinc-carbón se basará en la necesidad que surge en el departamento de empaque, el cual cubrirá todas las posibilidades de trabajo de las máquinas embandejadoras automáticas.

La implementación del ordenador de bandejas se realizará en el área de producción específicamente en el departamento de empaque final de pilas 2D ubicado al final de todo el proceso.

#### **1.4.4. Alcances y límites**

El alcance del estudio es en el departamento de empaque de pilas 2D zinc-carbón; y los límites para el diseño que se desea proponer, buscando que las posibilidades de ordenado de bandejas sea la esperada y por ende aumenté la productividad.



## **1.5. Definiciones básicas**

A continuación, se presenta el fundamento teórico de proyecto de EPS.

### **1.5.1. Banda transportadora**

“Es un sistema de transporte consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores. Es arrastrada por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor. Otro tambor gira libremente y tiene como función el de servir de retorno a la banda. Entre los dos tambores la banda es soportada por rodillos”<sup>3</sup>.

La mecanización y automatización de los sistemas de transporte de productos, materias primas e incluso personas es una constante en la industria. Para realizar esto se emplea una banda transportadora.

Las cintas transportadoras junto con los transportadores de rodillos tienen una función fundamental para el traslado eficiente de todo tipo de materiales o mercancías dentro de una planta de producción, de un almacén industrial o cualquier empresa logística.

---

<sup>3</sup>Eurotransis.[www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/](http://www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/). Consulta: 15 de enero de 2018.

Figura 11. **Banda transportadora**



**Fuente:** Eurotransis. [www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/](http://www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/).

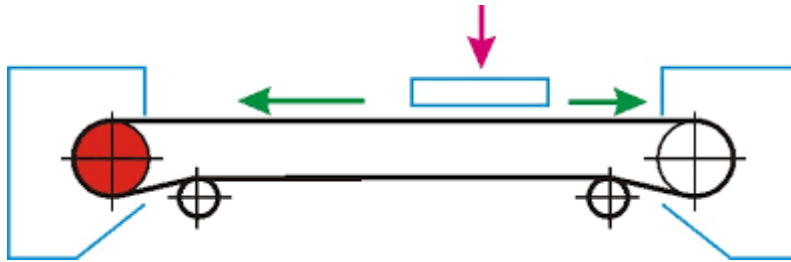
### **1.5.2. Funcionamiento**

Las cintas transportadoras, también denominadas transportadores de banda, se utilizan para trasladar mercancía y productos que requieren una mayor estabilidad o que debido a su tamaño o características no se pueden transportar con transportadores de rodillo. Las bandas también pueden actuar como puntos de procesamiento desde las que se opera sobre los artículos o productos que se trasladan.

El funcionamiento una cinta transportadora consiste en el movimiento de un soporte físico continuo, la banda o cinta, montado sobre unas plataformas de dimensiones variables y que pueden contar con distintos tipos de accesorios (guardas laterales, topes, desviadores, barandillas, ruedas y otro tipo de accesorios neumáticos o mecánicos). La velocidad y capacidad de carga dependerán tanto de las características del material a desplazar (polvo, grano fino, paquetes, entre otros.) como del tipo de cinta transportadora.

Aunque su principio básico de funcionamiento pueda parecer simple (el movimiento de una banda debido al giro de los tambores o poleas que a su vez son accionados por un motor) el sistema de una cinta transportadora utilizada en la industria es bastante más complejo y llevan aparejado un importante desarrollo tecnológico con aplicaciones técnicas realmente innovadoras.

Figura 12. **Funcionamiento de una banda o cinta transportadora**



Fuente: Eurotransis. [www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/](http://www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/).

### 1.5.3. Componentes básicos

A continuación, se describen los componentes básicos de una banda transportadora.

#### 1.5.3.1. La cinta o banda

Uno de los principales materiales utilizados es la tela engomada, pero pueden tener composición muy variable, principalmente derivados del caucho. También se pueden encontrar bandas modulares plásticas, realizadas en poliéster, PVC, poliamida, acetal, entre otros. Esto permite disponer de cintas transportadoras para muy diversos usos.

En la composición o estructura de la banda pueden variar el número de capas y las distintas calidades de revestimiento según su uso en cada tipo de industria (resistencia a fuego, aceites y grasa, productos químicos, resistencia a la tensión, deslizamiento, entre otros.). Hay que recordar que sobre una cinta transportadora se pueden trasladar desde materiales abrasivos o cortantes (arenas, gravas, entre otros.) como productos más delicados (por ejemplo, frutas).

Igualmente, las cintas pueden variar en anchura y grosor según la capacidad de carga. Las bandas también pueden fabricarse con distintos colores o dibujos (rayas o marcas) para ayudar en la automatización de procesos; y su superficie puede presentar distinta rugosidad o incluso relieves para evitar que las mercancías resbalen o rueden, así como para permitir traslados con distintos ángulos de inclinación sin que los materiales caigan (desde inclinaciones suaves, 15°, hasta más marcadas, 45°).

Figura 13. **Cinta o banda**



Fuente: Eurotransis. [www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/..](http://www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/)

### **1.5.3.2. Transmisión: tambores y motor**

A continuación, se describirán los componentes de transmisión de una banda transportadora.

#### **1.5.3.2.1. Tambores o poleas**

Los tambores son los rodillos que, con su giro, provocan el avance de la cinta debido a la fricción de esta sobre ellos (transmisión de banda) o por la acción de piñones y bandas dentadas (transmisión de cadena). En un esquema general de la transmisión de una cinta transportadora de banda, el movimiento se genera en el tambor motriz al que irá conectado el motor. Por su parte, el tambor de reenvío provocará el retorno de banda hacia la parte superior. Los tambores de inflexión se sitúan por la parte inferior de la banda a la salida del tambor motriz y a la entrada del tambor de reenvío para modificar el ángulo de salida y entrada a estos. De esta forma, se asegura que la superficie de banda que entre en contacto con ellos sea la óptima para conseguir así el máximo rendimiento y eficiencia. También, se pueden situar por debajo de la cinta los tambores de desvío que se encargan de dirigirla hacia el tambor de tensión para mantener la correcta tensión de la banda. Además de los mencionados, y dependiendo del tipo y uso de la cinta transportadora, hay otros tipos de tambores con distinta funcionalidad, por ejemplo, en cintas transportadoras con ángulos de elevación.

Figura 14. **Tambores o poleas**



Fuente: Fractal. <http://www.metalplastltda.com/category/productos/>.

### **1.5.3.3. Motor**

Según la localización del tambor motriz, se encuentra motorización en cabezal o frontal y motorización central. La potencia y características del motor dependerán del tipo de cinta transportadora y su uso. Igualmente, la capacidad de automatización de su funcionamiento será un aspecto muy importante en algunos sistemas de producción.

Figura 15. **Motor de banda transportadora**



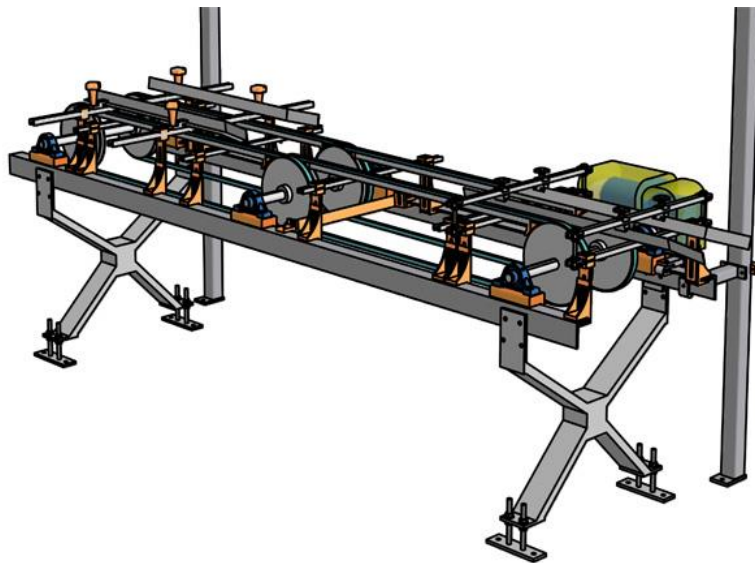
Fuente: WordPress. <https://cynthia2010.wordpress.com/drawings/%C2%BFque-es-una-cinta-transportadora/>.

#### **1.5.3.4. Estructura**

Los bastidores sobre los que se monta y se desplaza la banda transportadora están formados por una estructura normalmente metálica (acero pintado, cincado, acero inoxidable, entre otros.). Esta puede variar en longitud, altura y forma (cintas en curva); así como permitir el acceso para la manipulación de operarios sobre el material transportado. Este chasis puede incorporar las guías de deslizamiento, además de carriles laterales o guías de plástico a los lados para acompañar a la cinta en su recorrido. Sobre la estructura se acoplarán y montarán todos los elementos principales de la cinta, así como los sistemas accesorios que aportan fiabilidad al sistema completo. La estructura debe ser resistente y proporcionar fiabilidad y durabilidad al sistema, permitiendo el óptimo funcionamiento de la cinta transportadora en las distintas condiciones ambientales de uso: resistencia a humedad, temperatura, oxidación, resistencia a golpes accidentales, entre otros.

Además, de los componentes básicos relacionados con el movimiento, una cinta transportadora cuenta con un importante número de sistemas accesorios que aseguran la estabilidad del movimiento, también aportan versatilidad y adaptación a los distintos tipos de cargas.

Figura 16. **Estructura banda transportadora**



Fuente: WordPress. <https://cynthia2010.wordpress.com/drawings/%C2%BFque-es-una-cinta-transportadora/>.

#### **1.5.4. Accesorios de la banda transportadora**

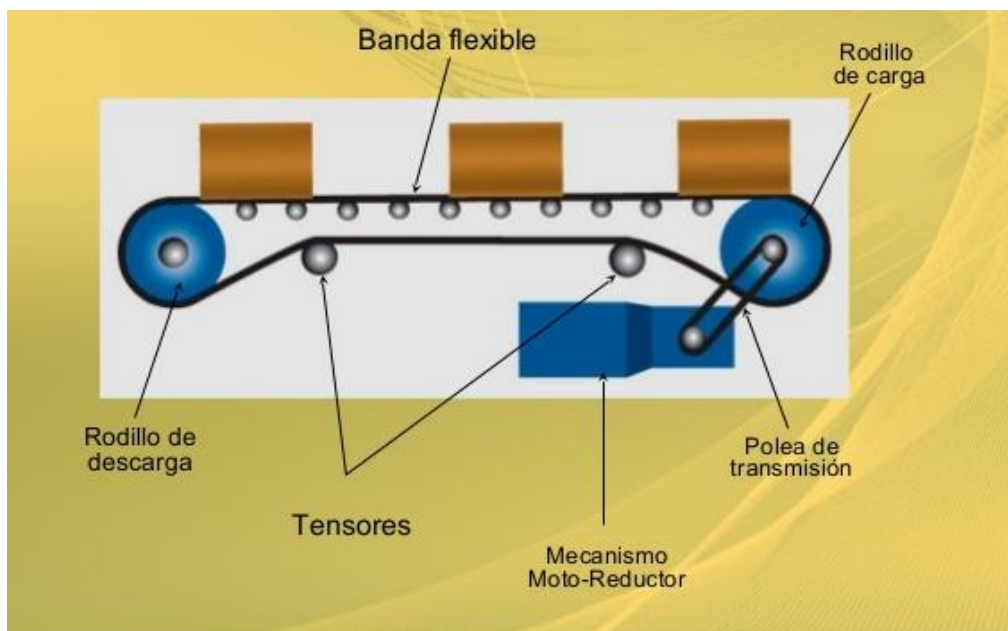
Los elementos que se necesitan para el funcionamiento de una banda transportadora son:



Estaciones de impacto con estructuras almohadadas para la recepción de carga.

- Estaciones autocentrantes para la recolocación de la cinta.
- Sistemas para transporte plano o acanalado (en cuna).
- Estaciones autolimpiantes de retorno: raspadores y limpiadores para eliminar restos y limpiar la banda antes de su retorno.
- Sistemas para el ajuste de la tensión: permiten el ajuste de los tambores.
- Sistemas de automatización: sensores electrónicos para la regulación de velocidad, parada e inicio, con el fin de mantener un flujo continuo y sincronizado del trabajo de la cinta transportadora mediante un software de gestión.

Figura 17. **Componentes de una banda transportadora**



Fuente: CORONADO, Moisés.SlidesShare. <https://www.slideshare.net/moiscor/manejo-de-materiales-72438183>.

## 1.6. Válvulas Neumáticas

“Las válvulas neumáticas tienen como función principal dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático. Regulan el paso o lo frenan. Arman el camino que debe recorrer el fluido. Pero, al momento de comandarlas, las variables son muchas y es necesario conocerlas con más profundidad para obtener buenos resultados en el proceso”<sup>4</sup>.

Para clasificarlas, se pueden nombrar 4 tipos diferentes de válvulas: las direccionales, las de bloqueo, las reguladoras y las secuenciales. Cada una tiene un funcionamiento particular que las diferencia entre sí.

Figura 18. Válvula neumática



Fuente: Rome Co Industrial. <https://www.romecoindustrial.com/producto/4a120-06-valvula-neumatica-52-puertos-de-18/>

<sup>4</sup> DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>. Consulta: 15 de enero de 2018.

### 1.6.1. Válvulas direccionales

También llamadas distribuidoras, justamente porque su objetivo principal es ese, distribuir. Estas válvulas cuentan con distinta cantidad de vías y de posiciones. La suma de las roscas corresponde a la cantidad de vías que posee.

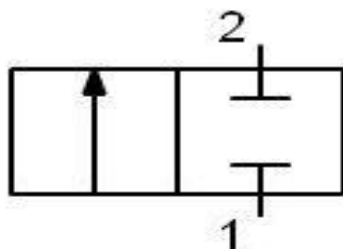
### 1.6.2. Tipos de válvulas direccionales

A continuación, se describen cada uno de los tipos de válvulas direccionales.

#### 1.6.2.1. Válvulas 2/2

Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente, se corta el paso. Estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas.

Figura 19. Diagrama de válvula 2/2

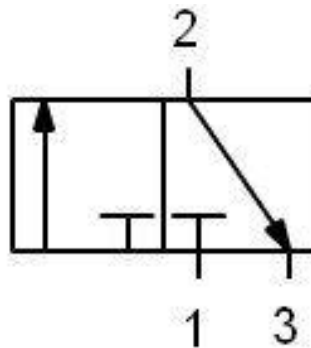


Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

### 1.6.2.2. Válvulas 3/2

Normalmente, son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada.

Figura 20. Diagrama de válvula 3/2

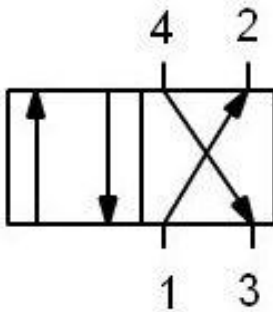


Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>. Consulta: 15 de enero de 2018.

### 1.6.2.3. Válvulas 4/2

Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición introduce el aire en el pistón y con la otra lo saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire.

Figura 21. **Diagrama de válvula 4/2**



Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

#### **1.6.2.4. Válvula 4/3**

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión, las cuales se describen a continuación.

##### **1.6.2.4.1. Centro abierto**

Significa que en la posición central de la válvula no hay presión en ninguna de las vías y se abren las vías de escape. De esta manera, un cilindro neumático por ejemplo, queda detenido y podría moverse manualmente, porque no hay presión que lo bloquee.

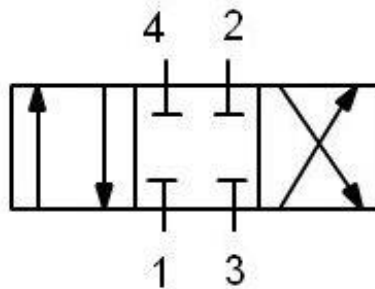
#### 1.6.2.4.2. Centro cerrado

Significa que en la posición central todas las vías se cierran. El cilindro quedaría bloqueado por imposibilitarse los escapes.

#### 1.6.2.4.3. Centro a presión

Mantiene la presión en ambas vías, lo que permite detener con precisión un cilindro sin vástago, compensando eventuales pérdidas de aire del circuito.

Figura 22. Diagrama de válvula 5/3

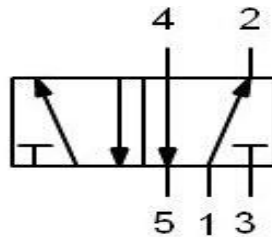


Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

#### 1.6.2.4.4. Válvula 5/2

Es como la del tipo 4/2, aunque en este caso tiene dos escapes, uno para cada posición. El tener dos escapes ayuda a que se pueda manejar y regular mejor la velocidad.

Figura 23. **Diagrama de válvula 5/2**

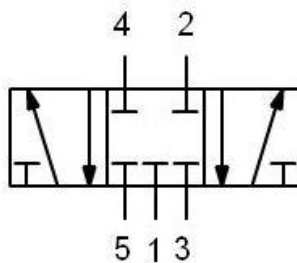


Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

#### 1.6.2.4.5. **Válvulas 5/3**

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión (ver descripción de válvulas 4/3).

Figura 24. **Diagrama de válvula 5/3**

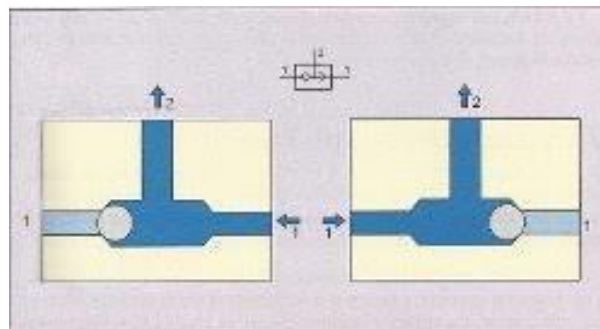


Fuente: DI, Leandro. Intor. <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

### 1.6.3. Válvulas de bloqueo

Las válvulas de bloqueo cortan el paso del aire comprimido. En ellas se bloquea un solo sentido de paso, de forma que el otro sentido queda libre. Las válvulas de bloqueo se suelen construir de forma que el aire comprimido actúa sobre la pieza de bloqueo y así refuerza el efecto cierre.

Figura 25. Válvula de bloqueo



Fuente: Tecnología neumática.

[https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PSAFM/PSAFM02/es\\_PPFM\\_PSAFM02\\_Contenidos/wbsite\\_22\\_vlvulas\\_de\\_bloqueo.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PSAFM/PSAFM02/es_PPFM_PSAFM02_Contenidos/wbsite_22_vlvulas_de_bloqueo.html)

### 1.6.4. Válvulas reductoras

La válvula reductora de presión, a veces, también llamada reguladora de presión es una válvula de control hidráulico cuya consigna es reducir una elevada presión aguas arriba de la válvula a un valor menor constante aguas abajo de la misma, independientemente de las variaciones de presión aguas arriba y de las variaciones del flujo o de la demanda en la línea.



Figura 26. **Válvula reductora**

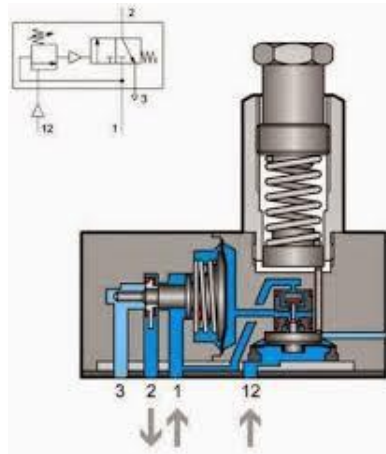


Fuente: Endevor online. <https://endevoronline.com/es/reguladores-de-presion/2339-26226-regulador-de-presion-de-precision-lrp-1-4-festo-9007948332010.html>

### **1.6.5. Válvulas de secuencia**

Son válvulas para instalaciones oleo hidráulicas y sirven para conectar otros aparatos abriendo la salida contra la fuerza de retroceso. Gracias a la válvula antirretorno es posible la circulación libre de corriente en sentido contrario.

Figura 27. **Válvula de secuencia**



Fuente: Automatización industrial. <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/valvulas-de-presion.html>

## 1.7. Tipos de accionamientos

Además de tener en cuenta la cantidad de vías y de posiciones que tiene una válvula, existen diferentes tipos de accionamiento (o mando). A continuación, se describen los tipos de accionamiento más comunes.

### 1.7.1. Accionamiento manual

La característica principal de estas válvulas es que el operador decide cuándo quiere que el aire fluya. No es la más utilizada, justamente porque el objetivo principal de la neumática es automatizar procesos y acotar el trabajo del ser humano. Las opciones para este tipo de accionamiento son mediante un pulsador, una palanca o un pedal.

Si se utiliza un botón, con retención o sin ella. La válvula es de dos posiciones (una cuando está presionado y otra cuando no lo está). En cambio, si se quieren 3 posiciones, la opción más común es la de la palanca, que se puede mover para adelante o para atrás para sacarla del reposo.

Figura 28. **Válvula accionamiento manual**



Fuente: Destaco Ingenieros.

<http://www.destacoingenieros.com/productos/neumatica/valvulas/valvulas-de-accionamiento-manual/>

### **1.7.2. Accionamiento mecánico**

En este tipo de accionamiento se produce alguna acción mecánica que activa la válvula al hacer contacto con algo. Se pueden crear muchas maneras para lograr esto, inclusive en algunos casos se puede hacer que cuando golpee de un lado cambie de posición y cuando choca del otro no.

Un ejemplo bastante común de estas válvulas son las que tienen levas o rodillos para funcionar como un fin de carrera. El rodillo avanza hasta hacer tope con algo y entonces produce el cambio de posición en la válvula.

Figura 29. **Válvulas de accionamiento mecánico**



Fuente: Hidráulica y neumática S.A. <http://www.hnsa.com.co/valvulas-de-accionamiento-mecanico/>

### **1.7.3. Accionamiento neumático**

Como lo indica su nombre, estas válvulas son dirigidas gracias a la neumática, o sea que necesitan del aire comprimido para ser comandadas. Si entra aire, trabaja de una manera y si sale de otra. Solamente con presión. Hay casos también en las cuales se acciona con dos entradas distintas, adquiriendo mejor comodidad de trabajo.

#### 1.7.4. Accionamiento eléctrico

Estas válvulas requieren un circuito eléctrico para activarlas. La conmutación de las válvulas se obtiene por algún dispositivo eléctrico que haya mandado esa orden. Es importante saber qué voltaje y tipo de corriente necesitas en tu proceso, ya que no es lo mismo usar 12, 24, 110 o 220 voltios y tampoco es lo mismo utilizar corriente alterna que continua.

Figura 30. **Válvula accionamiento eléctrico**



Fuente: Cematic. <https://cematic.com/producto/valvula-solenoide-32-aluminio-nc-2>

## **1.8. Cilindros neumáticos**

La función de los cilindros neumáticos es transformar la energía acumulada en el aire comprimido en energía mecánica mediante un movimiento rectilíneo. Se denominan generalmente cilindros.

El cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por ambos extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos. El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras y existen dos aberturas en las cámaras por donde puede entrar y salir el aire. La capacidad de trabajo de un cilindro viene determinada por su carrera y su diámetro.

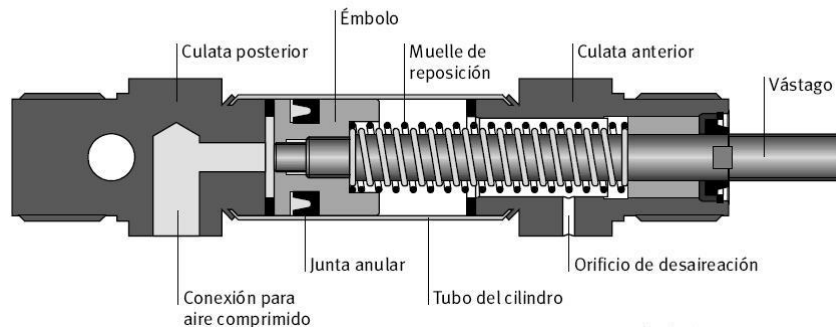
## **1.9. Tipos de cilindros neumáticos**

A continuación, se describen los tipos de cilindros neumáticos.

### **1.9.1. Cilindro de simple efecto**

El desplazamiento del cilindro por efecto del aire comprimido tiene lugar en un sólo sentido que es el del avance, por lo que en este tipo de cilindros el trabajo únicamente se efectúa en este sentido. El retroceso, generalmente se consigue gracias a la incorporación de un muelle que se encuentra situado en el interior del cilindro. Asimismo, existen cilindros de simple efecto sin muelle, en los que el retroceso puede ser realizado por el propio peso del émbolo y vástago si el posicionamiento del cilindro es vertical.

Figura 31. **Diagrama cilindro simple efecto**



Fuente: Wikifab. [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros\\_Neum%C3%A1ticos](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros_Neum%C3%A1ticos)

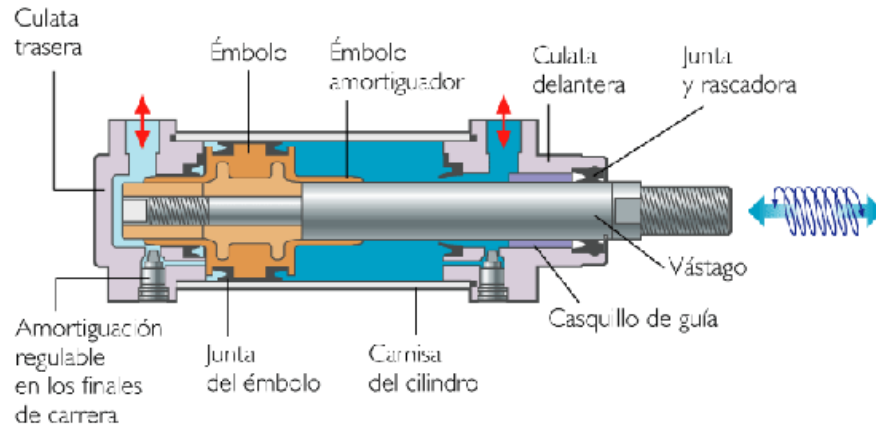
### 1.9.2. **Cilindro de doble efecto**

En los cilindros de doble efecto existen dos tomas de aire, una a cada lado del émbolo. Estos cilindros pueden producir movimiento en ambos sentidos, avance y retroceso, a diferencia de lo que ocurre con los de simple efecto.

La carrera de los cilindros de doble efecto puede ser muy larga, pero hay que tener en cuenta la posición de pandeo del vástago en su posición extrema, ya que dicha posición la delimitará. Cuando la velocidad de los cilindros es muy grande se emplean dispositivos especiales para amortiguar los finales de carrera, denominándose cilindros con amortiguación interna a aquellos que disponen de dichos dispositivos.

En los cilindros de doble efecto la fuerza efectiva en el avance es diferente a la equivalente en el retroceso, ya que las superficies efectivas sobre las cuales actúa la presión del aire son distintas en cada caso.

Figura 32. **Diagrama cilindro doble efecto**



Fuente: Wikifab. [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros\\_Neum%C3%A1ticos](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Cilindros_Neum%C3%A1ticos)

### 1.10. **Electroválvula**

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente, no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, en las que un motor acciona el mecanismo de la válvula, y permiten otras posiciones intermedias entre todo y nada.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para accionar la válvula.



Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento. También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso de corriente y cierra con el siguiente. Estas tienen dos contactos eléctricos, de modo que al cambiar de posición la válvula abre uno de ellos y cierra el otro.

Figura 33. **Electroválvula**



Fuente: Cematic. <https://cematic.com/producto/valvula-solenoide-32-aluminio-nc-2>

### **1.10.1. Tipos de electroválvulas**

A continuación, se describen los tipos de electroválvulas.

#### **1.10.1.1. Electroválvulas sencillas**

Las electroválvulas de tipo directo pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación. Es decir, en el primer caso la válvula se mantiene cerrada por la acción de un muelle y el solenoide la abre venciendo la fuerza del muelle. Esto significa que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula está abierta. Las normalmente abiertas, funcionan al revés.

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

#### **1.10.1.2. Electroválvulas asistidas**

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente, sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

### **1.10.1.3. Electroválvulas de tres vías**

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas, en una válvula de tres vías. Este tipo de electroválvulas, a menudo, se usan en los sistemas que tienen calefacción y preparación de agua caliente sanitaria lo que permite permutar el calentamiento de uno u otro sistema alternativamente utilizando una sola bomba de circulación.

En los calentadores de agua circulante, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas; pero en los calentadores por acumulación esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y debe hacerlo aunque no haya circulación. Normalmente, se utiliza una válvula solenoide, mandada por un termostato que, cuando detecta una temperatura por debajo de la de consigna normalmente 60 °C, desvía el agua caliente, destinada a la calefacción, por un intercambiador dispuesto en el depósito de agua caliente sanitaria y cuando el termostato determina que el agua ha llegado a la temperatura de acumulación, corta la corriente de la válvula, que vuelve a su posición de reposo, devolviendo el flujo de agua caliente al sistema de calefacción.

### 1.11. Ahorro energético en el departamento de empaque

Como parte del desarrollo de proyecto de EPS en la implementación del ordenador de bandejas de pilas 2D zinc-carbón y en la propuesta de la automatización del departamento de empaque, al momento de hacer todos los ajustes de embandejadora automáticas, transportadores y hornos se ahorra un consumo energético tal como se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla I. **Tabla I Ahorro de energía en el departamento de empaque**

Cantidad de motores	Consumo energético por hora [KW/h]	Horas trabajadas [h]	Precio de energía [\$]	Ahorro en dólares por jornada [\$]	Ahorro en dólares por semana [\$]	Ahorro en dólares por mes [\$]	Ahorro en dólares por año [\$]
3	0,6	9	0,17	\$ 0,92	\$ 4,59	\$ 18,36	\$ 220,32
1	0,8	9	0,17	\$ 1,22	\$ 6,12	\$ 24,48	\$ 293,76
2	0,15	9	0,17	\$ 0,23	\$ 1,15	\$ 4,59	\$ 55,08
						Total, de energía en dólares ahorrada al año	\$ 569,16

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la fila uno, son 3 motores de tres bandas transportadoras que ya no serán útiles en el departamento por el acomodamiento de máquinas y es de \$220,32. En la siguiente fila es el ahorro energético de \$293,76 de un horno que ya no será necesario. Por último, está el ahorro energético de \$55,08 por las dos embandejadoras manuales que ya no serán necesarias por la habilitación de las automáticas. El ahorro energético total es de \$569,16 al año.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Análisis de la situación antes de la implementación del ordenador de bandejas**

Antes de llevar a cabo este proyecto, en el departamento de empaque final de pilas 2D, en el año de 2019, el proceso se trabajaba de forma manual. Se contaba con dos embandejadoras manuales, cinco probadoras, un formador de caja automático y un sistema de llenado, operados por un total de ocho operadores. El entarimado de fardos también se realiza de forma manual.

Durante el turno se producían once bandejas por cada embandejadora y tres fardos en promedio por minuto. Con este proceso de trabajo se alcanzaba la ruta de productividad establecida. Sin embargo, no se lograba producir al mismo ritmo que el resto de la planta, es decir, no se empacaba la misma cantidad de pilas que se producían durante el turno normal.

Por tal motivo, junto con el departamento de proyectos, se tomó la decisión de aumentar la productividad automatizando el departamento de empaque. El objetivo es habilitar cuatro embandejadoras automáticas y un llenador de fardos igualmente automático.

## **2.2. Diseño del ordenador de bandejas**

El diseño ordenador de bandejas en el departamento de empaque de pilas 2D tendrá como objetivo habilitar cuatro embandejadoras automáticas y un llenador de fardos automático.

Para ello, se habilitarán cuatro embandejadoras automáticas cada una con su conplex para aplicar el termoencogible a la bandeja, un rapistan a la salida de la conplex, dos bandas trasportadoras nuevas una por cada dos embandejadoras.

Para la habilitación del llenador automático se necesita que las bandejas lleguen en parejas, por lo que, a la salida de la conplex y a la mitad del rapistan se colocará un cilindro neumático con un sensor que detecta la bandeja. Cuando este detecta la bandeja empuja una al lado opuesto mientras que la otra la deja pasar libremente. Se colocará una guía a la salida del rapistan para que siempre vayan en parejas a la banda trasportadora secundaria, donde se instalará un mecanismo que tendrá dos sensores y un cilindro neumático que se activará al recibir la señal de los dos sensores, empujará las bandejas hacia la banda trasportadora principal, pasando por el horno hasta llegar al llenador automático.

Este diseño trabajará sin importar la cantidad de embandejadoras que estén funcionando ya que siempre llegarán al llenador automático en parejas.

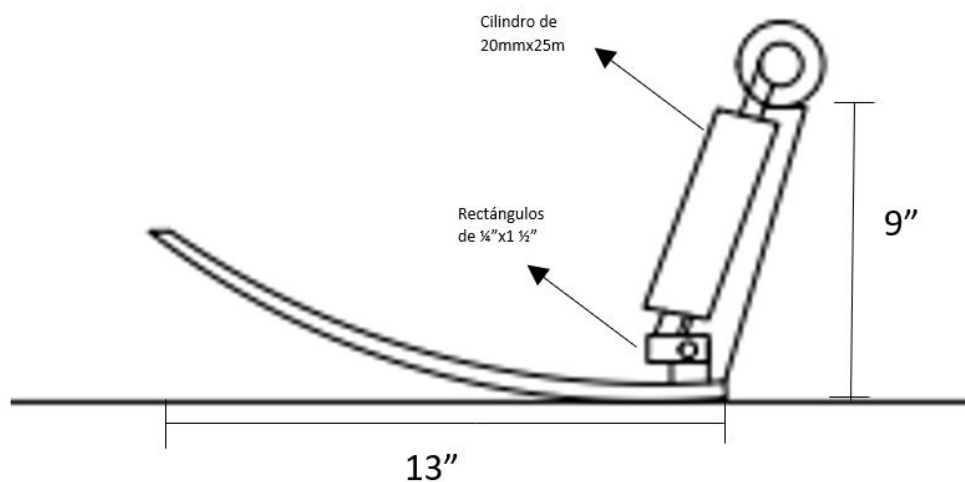
### 2.3. Diseño del mecanismo ordenador de bandejas

El mecanismo ordenador de bandejas está conformado por un cilindro neumático, conectado por medio de brazos cortos de  $\frac{1}{4}$ " de espesor por  $1\frac{1}{2}$ " de largo a un hierro plano de  $\frac{1}{8}$ " de espesor por 1" de ancho por 13" de largo anclado en su punto inicial como pivote para amplificar la carrera que se necesita en su punto final.

Este mecanismo fue diseñado para ahorrar espacio y agilizar el movimiento de la bandeja de una punta A hasta un punto B. Con esto, se evitará colocar un cilindro grande y rápido que diera 7" de carrera, y se deberá utilizar uno 20mmx25mm.

A continuación, se muestra un plano del mecanismo el cual fue entregado al mecánico para su fabricación.

Figura 34. Plano del mecanismo ordenador de bandejas



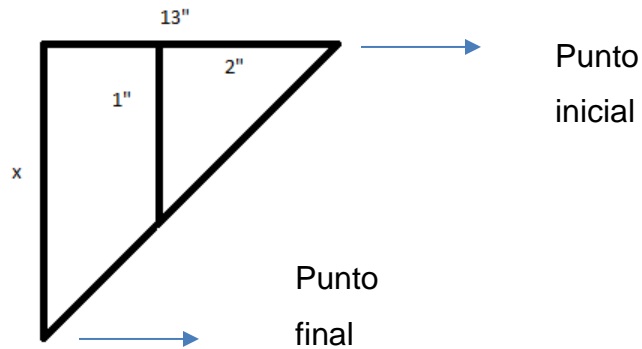
Fuente: elaboración propia.



## 2.4. Cálculo de relación de carreras del mecanismo ordenador de bandejas

Para determinar la carrera final que obtendrá la bandeja en el rapistan se hace una relación de triángulos de su punto inicial al punto final de apertura el cual se muestra en la figura 34.

Figura 35. Relación de triángulos para determinar la carrera final



Fuente: elaboración propia.

De la relación de triángulos se obtiene lo siguiente, siendo x la carrera final que obtendrá la bandeja por el empuje del cilindro.

$$\frac{x}{1} = \frac{13}{2}$$

Despejando "X"

$$X = 6,5 \text{ pulgadas}$$

## 2.5. Cálculo de la fuerza teórica del cilindro

Para conocer la fuerza teórica del cilindro que es parte del mecanismo ordenador de bandejas se realizó de la siguiente manera.

$$Presión = \frac{Fuerza}{Área}$$

Despejando Fuerza

$$Fuerza = Presión * Área$$

Cálculo de área

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (25)^2}{4} = 490.87 \text{ mm}^2$$

Cálculo de fuerza da la presión a la cual trabaja el cilindro y tomando en cuenta el 10 % de pérdida por rozamiento tenemos

$$F = 490,87 \text{ mm}^2 * \frac{6}{10} \text{ Bar}$$

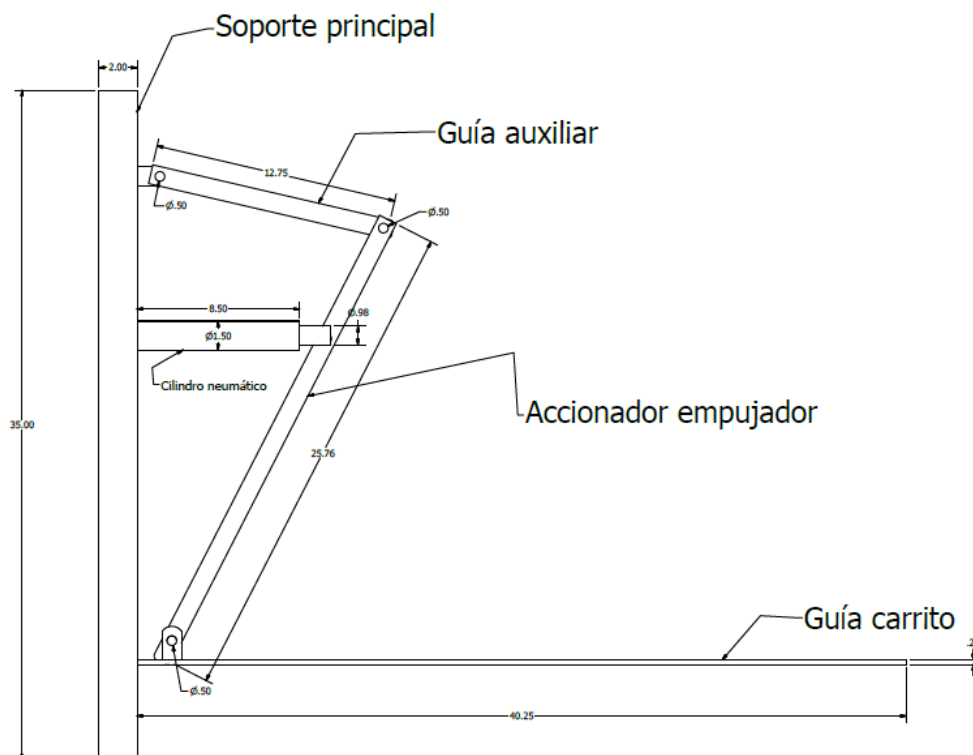
$$F = 295N.$$

## 2.6. Diseño del mecanismo empujador de bandejas

La idea surge del mecanismo llamado pantógrafo. El mecanismo empujador de bandejas es un mecanismo articulado basado en las propiedades de triángulos para aumentar la carrera. Dispone de unas varillas conectadas de tal manera que pueda mover respecto a un punto fijo o pivote.

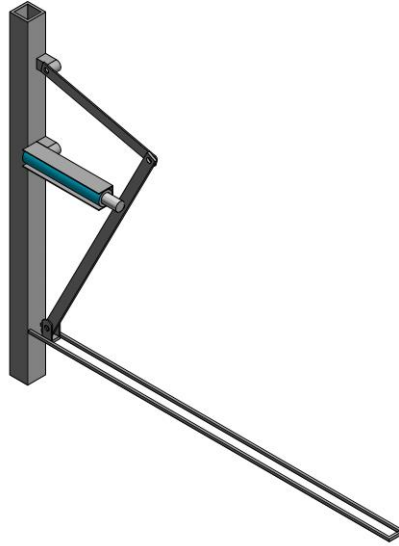
A continuación, se presenta el plano entregado al mecánico para su elaboración.

Figura 36. Plano mecanismo empujador de bandejas



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Vista del mecanismo empujador de bandeja en 3D**

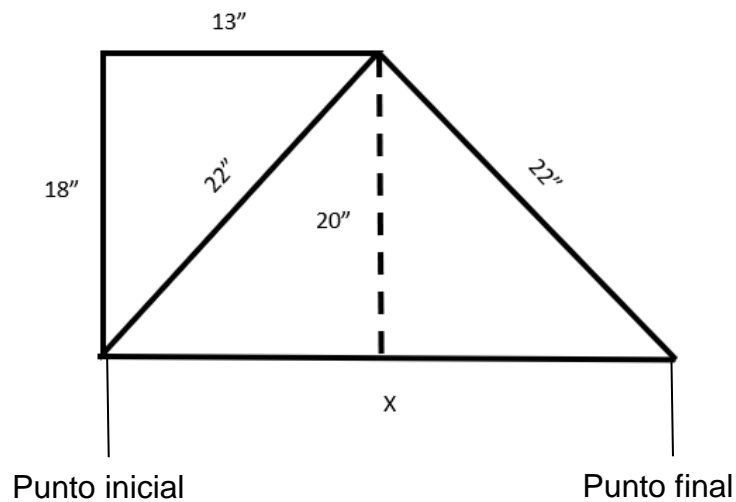


Fuente: elaboración propia.

## 2.7. Relación de triángulos para determinar la carrera final necesaria

Para determinar la carrera final del ordenador de bandejas, se partió del punto inicial a un punto final donde se observa la relación de triángulos tal como se muestra en la figura 38.

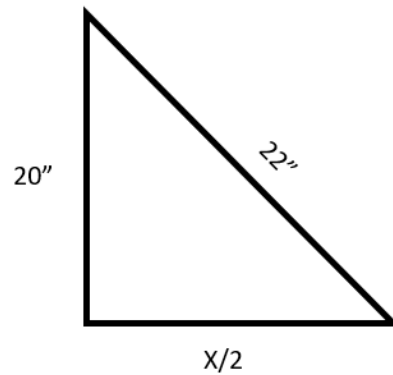
Figura 38. Relación de triángulos



Fuente: elaboración propia.

Para despejar X se toma el triángulo rectángulo del lado derecho quedando de la siguiente manera:

Figura 39. **Triángulo derecho para encontrar el valor de X**



Fuente: elaboración propia

Utilizando Pitágoras se obtiene:

$$22^2 - 20^2 = \frac{X^2}{4}$$

Despejando X

$$X = \sqrt{4(22^2 - 20^2)}$$

$$X = 19 \text{ pulgadas.}$$

Con un desplazamiento en la guía del carrito se llevan las bandejas en un desplazamiento horizontal de una faja a otra para utilizar el llenador automático.

## 2.8. Cálculo de fuerza teórica del cilindro empujador de bandejas

Para conocer la fuerza teórica del cilindro, que es parte del mecanismo ordenador de bandejas, se realizó de la siguiente manera.

$$Presión = \frac{Fuerza}{Área}$$

Despejando Fuerza tenemos

$$Fuerza = Presión * Área$$

Cálculo de área

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (60)^2}{4} = 2\,827 \text{ mm}^2$$

El cálculo de fuerza da la presión a la cual trabaja el cilindro y tomando en cuenta el 10 % de pérdida por rozamiento se tiene:

$$F = 2,827 \text{ mm}^2 * \frac{6}{10} \text{ Bar}$$

$$F = 1\,696 \text{ N.}$$

## 2.9. Diseño de las bandas trasportadoras secundarias

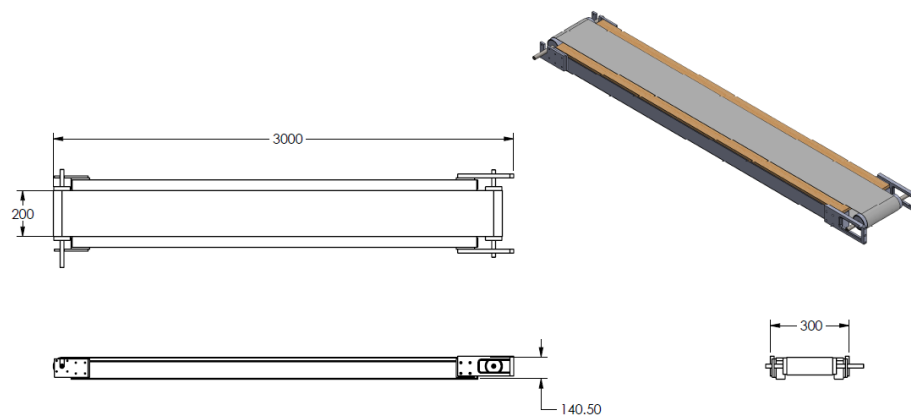
Como parte del diseño de la banda trasportadora a petición del área de mantenimiento se hicieron las fajas a forma de estandarizar el departamento en referencia a las bandas ya situadas en este.

El material que se eligió para el diseño con base a la disponibilidad de bodega y a la estandarización fue angular de 2" por 1/4" de espesor y el diámetro de los rodos de 4" con un eje de 7/8", tanto para el rodillo de tracción como el de guía.

Se diseñó una faja de 3 metros de largo por 30 cm de ancho para que las bandejas puedan desplazarse sin ningún inconveniente y quepan en pares.

A continuación, se presenta el plano con el cual se elaboraron las bandas trasportadoras.

Figura 40. Plano de banda trasportadoras secundarias



Fuente: elaboración propia.



## 2.10. Cálculo de los HP requeridos para el motor

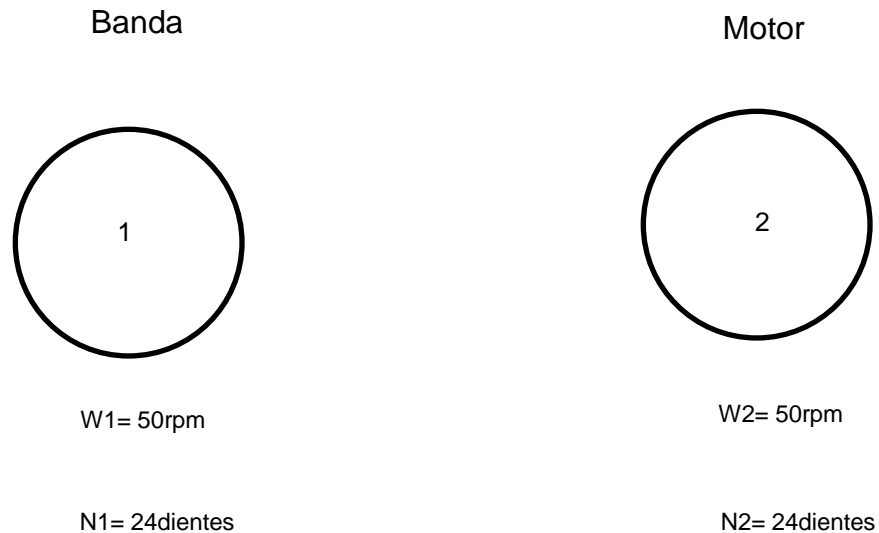
Para iniciar se simuló la banda transportadora secundaria llena para determinar los kilogramos fuerza que debe mover el motor, posteriormente se determinó la velocidad de la banda transportadora.

$$W= 37Kgf \quad V= 1,03 \text{ m/s}$$

$$37Kgf * \frac{1,03m}{s} * \frac{1CV}{75Kgf \frac{m}{s}} * \frac{0,986 HP}{1CV} = 0,5 HP$$

Cada transportador se le instalará un motor de 0,5 HP para su óptimo funcionamiento.

## 2.11. Cálculo de relación de *sprockets*



Debido a que la relación es 1:1 ya que se quiere que el rodo gire a la misma velocidad que tiene el *sprocket* de salida del motor seleccionado y por disponibilidad de *sprockets* en bodega se seleccionaron de 24 dientes cada uno, esto es para ambas fajas secundarias.

## 2.12. Puesta en marcha del ordenador de bandejas

Se inició con la habilitación de las cuatro embandejadoras automáticas. Al terminar la habilitación se fabricaron dos bandas trasportadoras y 4 rapistanes, una vez terminados se montaron en su lugar y se hicieron los ajustes necesarios. A continuación, se presentan los pasos de fabricación e instalación de rapistanes y bandas trasportadoras secundarias.

Figura 41. **Fase inicial de elaboración de rapistanes**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Segunda fase rapistan terminado**



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Fase 3 Instalación de los rapistanes en embandejadoras automáticas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Elaboración de bandas trasportadoras secundarias**



Fuente: elaboración propia.

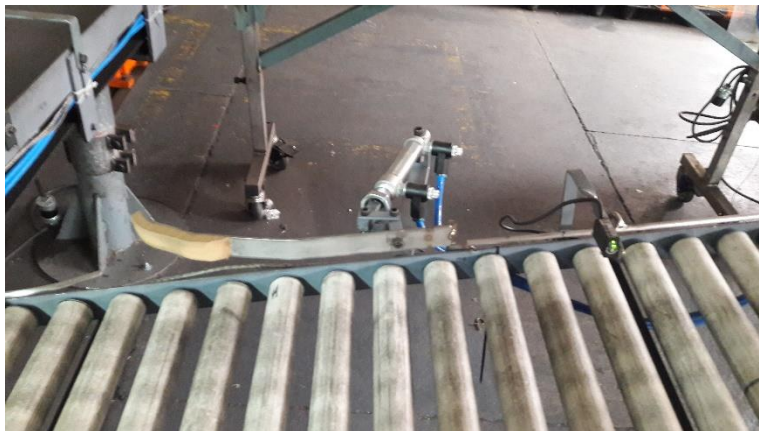
Figura 45. **Instalación de bandas trasportadoras secundarias**



Fuente: elaboración propia.

Una vez instalados los rapistanes y las bandas trasportadoras secundarias se inició la fabricación de los cilindros neumáticos ordenador de bandejas. Se instaló en el rapistan a una distancia requerida de 40" a 50" de la salida de la embandejadora, para empujar una bandeja y la siguiente bandeja la dejará pasar libremente. Con la ayuda del departamento de electricidad se instaló un sensor detector que accionará el cilindro ordenador de bandejas. En el vástago del cilindro se fabricó e instaló un brazo de acero inoxidable plano con un pedazo de fomi para amortiguar el golpe que le da a la bandeja cuando la empuja. En la siguiente figura se observa el cilindro ordenador de bandejas.

Figura 46. **Cilindro neumático ordenador de bandejas**



Fuente: elaboración propia.

Al final de la banda trasportadora secundaria se encuentra un brazo accionado por un cilindro neumático por medio de dos sensores, estos al detectar las dos bandejas se acciona y las empuja hacia la banda trasportadora principal, que son dirigidas hacia al horno y posteriormente al llenador automático. El siguiente mecanismo se muestra en la figura 47.

Figura 47. **Mecanismo empujador de bandejas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Funcionamiento del mecanismo empujador de bandejas**



Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar a la salida del rapistan, en el número 1, una guía de barrilla de acero inoxidable que permite mantener las bandejas en parejas una vez ya ordenadas hasta llegar al mecanismo empujador de bandejas, punto 2; en el círculo rojo se observan los dos sensores que al detectar ambos las bandejas activan el cilindro para llevar las bandejas al punto 3 que es la banda transportadora que lleva hacia el horno y luego al llenador automático.



### **2.13. Habilitación de maquinaria**

Para la habilitación de maquinaria se inició habilitando cada una de las embandejadoras automáticas y el llenador automático como se describe a continuación.

### **2.14. Habilitación de embandejadoras automáticas**

Para la habilitación de las embandejadoras automáticas se necesitó la ayuda de mecánicos del departamento de proyectos, supervisor del departamento de empaque y operarios. La habilitación se hizo en tres pasos por cada máquina automática.

Como primer paso se hizo una limpieza y lubricación de las máquinas antes de ponerla en marcha, se arrancaron y se hicieron pruebas para saber su funcionamiento y determinar si necesitaban algún ajuste.

Como segundo paso se hicieron los ajustes necesarios en los chifles para ingreso de pilas a las máquinas y en los formadores de bandejas.

Como tercer paso se probaron nuevamente y se entregaron las máquinas a producción.

## 2.15. Habilitación del llenador automático

Para la habilitación del llenador automático se inspeccionaron las partes mecánicas, sensores de detección de bandejas, cilindros neumáticos y banda transportadora que viene del formador de cajas automático hacia el llenador. Se hicieron varias pruebas de este y se entregó a producción.

En la figura 49 se muestra el llenador automático.

Figura 49. Llenador automático



Fuente: elaboración propia.

El funcionamiento del llenador automático es el siguiente y es por eso la importancia del ordenador de bandejas porque sin el orden que se requiere de las bandejas sería difícil poder habilitar esta máquina. Entre la banda transportadora tiene una plancha de acero inoxidable con esferas que ayudan al

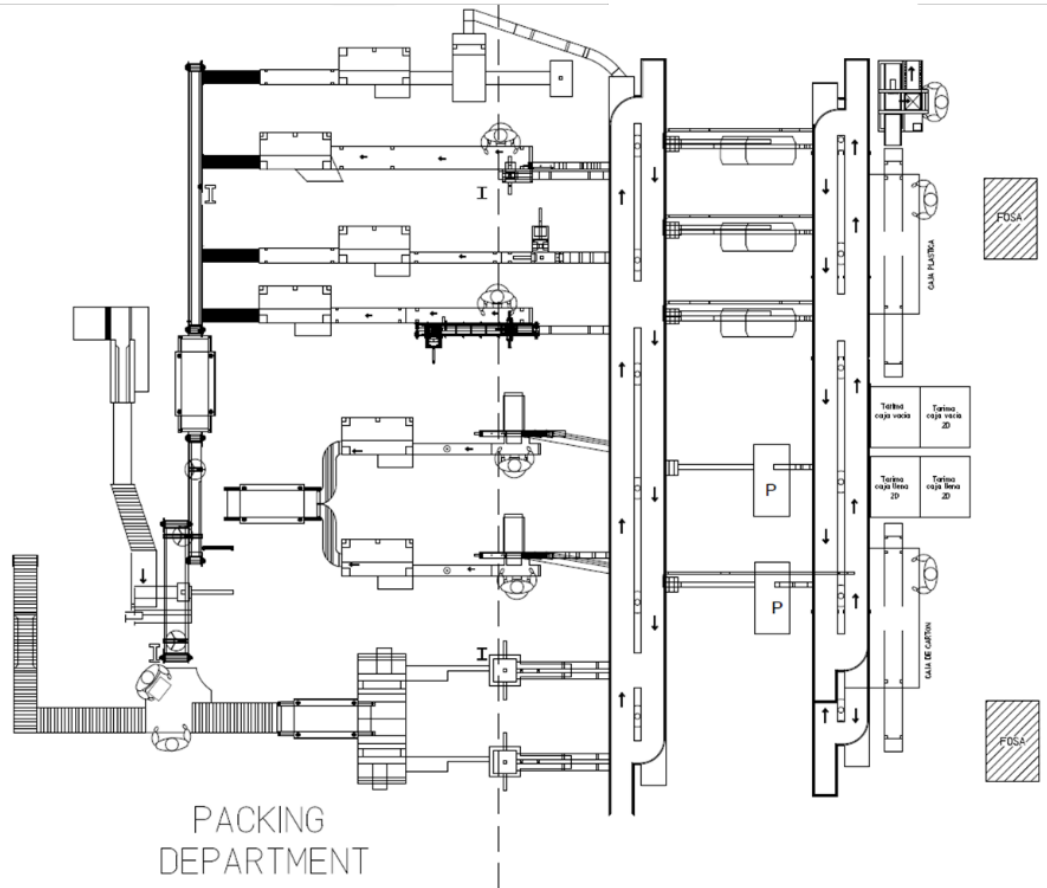
empuje. Debajo de esta plancha tiene 4 sensores que, al detectar las cuatro bandejas, accionan un cilindro que no deja que las demás bandejas avancen a la placa de esferas. Posteriormente baja un cilindro con una placa de imanes sostiene las cuatro bandejas y las coloca en la caja hasta llegar a cinco ciclos para completar el fardo.

## **2.16. Propuesta de automatizar el departamento de empaque final**

El objetivo de automatizar el departamento de empaque de pilas 2D zinc-carbón es aumentar la productividad y eficiencia. Para esto es necesario implementar el ordenador de bandejas en los rapistanes (ver figura 45) de cada embandejadora automática, así como el mecanismo empujador de bandejas (ver figura 46) por cada embandejadora automática.

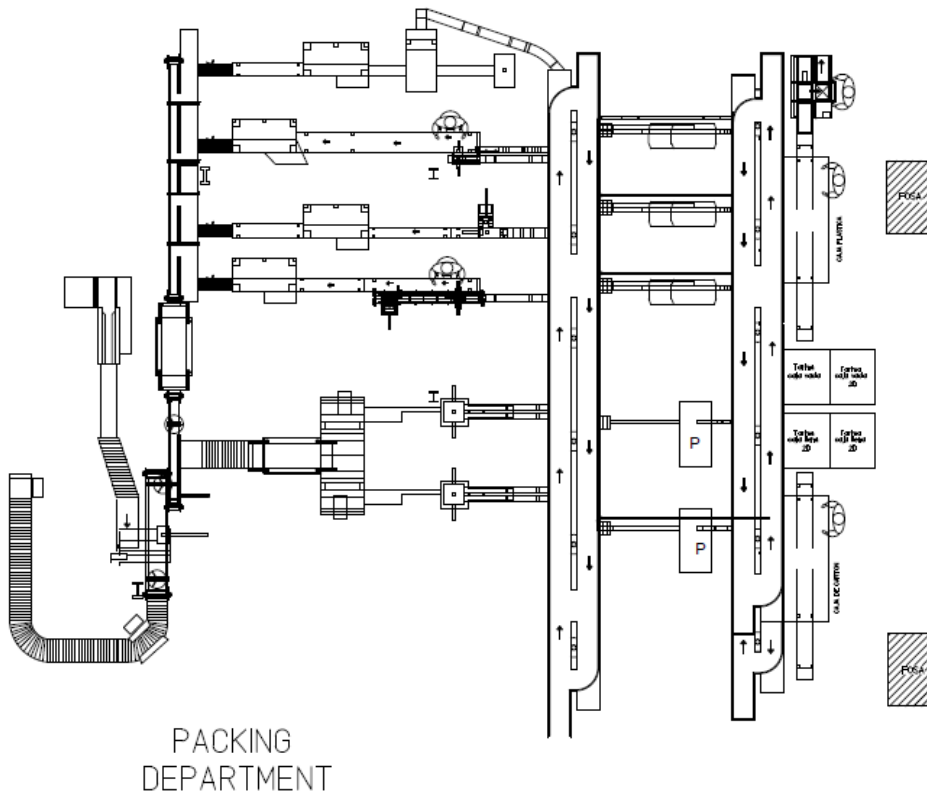
Luego de tener el ordenador de bandejas instalado y funcionando se tendrá que reducir de ocho a siete operadores, se retirará el que llena manualmente los fardos dada la habilitación del llenador automático. Se quitarán las dos embandejadoras manuales y se habilitarán las cuatro automáticas. Habrá un operador por cada dos máquinas.

Figura 50. **Layout actual del departamento de empaque**



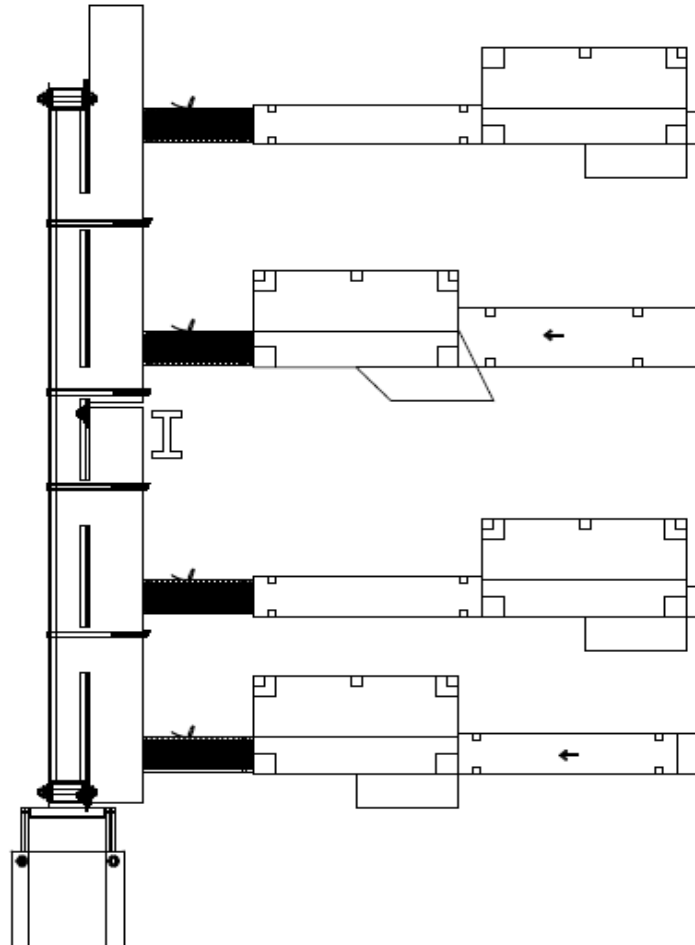
Fuente: dibujante Rayovac, S.A.

Figura 51. **Layout departamento totalmente automatizado**



Fuente: dibujante Rayovac, S.A.

Figura 52. Sistema ordenador de bandejas



Fuente: dibujante Rayovac, S.A.

En la figura 51 se observa el layout de cómo será el departamento de empaque luego de la automatización con un operario menos y cuatro embandejadoras automáticas.

En la figura 52 se observa el diseño ordenador de bandejas instalado en las cuatro embandejadoras automáticas, junto con el mecanismo empujador de bandejas.

## **2.17. Análisis de aumento de eficiencia del departamento**

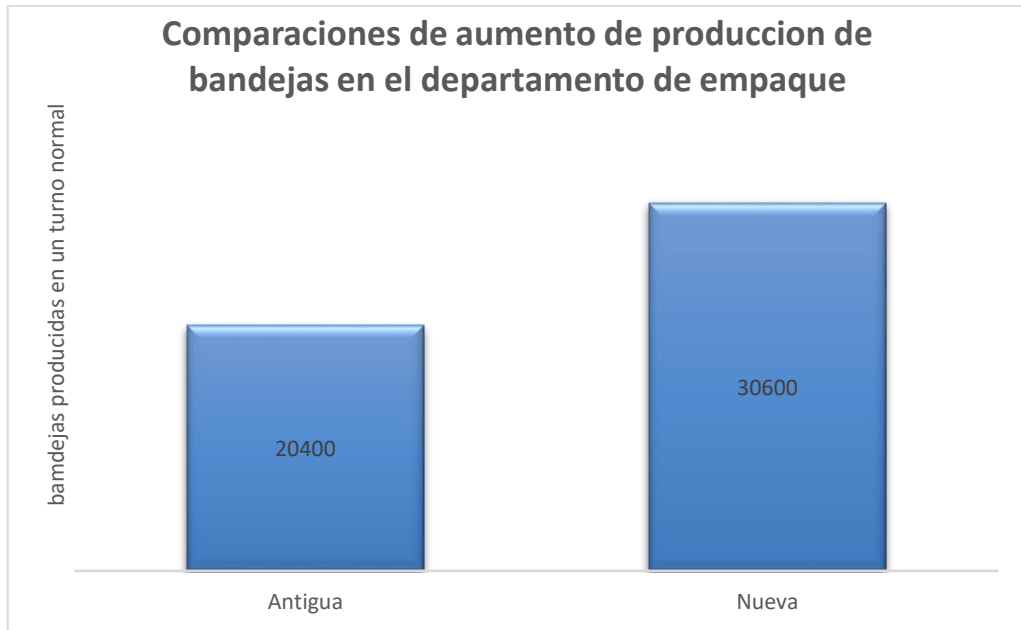
En la actualidad, el departamento de empaque hace en promedio 40 bandejas por minuto utilizando las dos máquinas manuales y 8 operadores. Al utilizar las cuatro embandejadoras automáticas se tiene un aumento de 20 bandejas por minuto haciendo un total de 60 bandejas por minuto trabajando 510 minutos efectivos durante una jornada normal. Esto nos da un 53 % de eficiencia trabajando el departamento a un 80 % tomando en cuenta paros programados y no programados.

Cálculo de la nueva eficiencia teórica

$$\frac{40}{60} = 0,67 * 0,8 = 0,53 * 100 = 53 \%$$

En la actualidad, se empacan 20,400 bandejas en un turno normal con el aumento de eficiencia de 53 % se tiene un aumento de 10 200 bandejas por minutos en un turno normal.

Figura 53. **Comparación de eficiencia en el departamento de empaque**



Fuente: elaboración propia.



**2.18. Análisis del aumento de productividad teórica del departamento de empaque**

Actualidad	Con la automatización
120 fardos/hora	180 fardos/hora
72 horas hombre	63 horas hombre

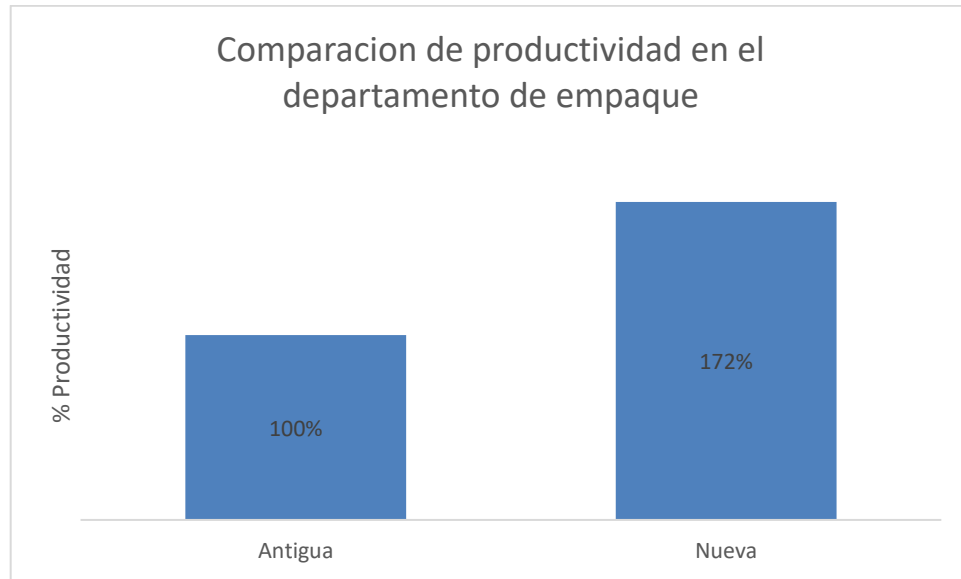
Cálculo de fardos por hora hombre

$$120/72= 1,66 \text{ fardos/hora hombre} \quad 180/63= 2,86 \text{ fardo/hora hombre}$$

$$\text{Aumento de productividad} = \frac{2,86}{1,66} = 1,72$$

Aumento de productividad de 72 %

Figura 54. **Comparación de eficiencia en el departamento de empaque**



Fuente: elaboración propia.



### **3. FASE DE DOCENCIA**

#### **3.1. Capacitación sobre el funcionamiento del diseño ordenador de bandejas**

Se capacitó a operadores, mecánicos y supervisor del departamento de empaque sobre el funcionamiento del ordenador de bandejas, desde como empieza el funcionamiento a la salida de la embandejadora hasta el ordenador automático. A continuación, se a conocer los 4 aspectos importantes que se trataron en la capacitación.

##### **3.1.1. Uso de las embandejadoras automáticas**

Se les presentó una charla presencial en el departamento de cómo funciona cada máquina, los pasos para encender y apagar cada equipo, cómo hacer funcionar la máquina en forma manual y automática y cuál es su función como operador en el departamento.

##### **3.1.2. Funcionamiento del ordenador de bandejas**

En esta etapa de la charla se explicó que este mecanismo se instaló para habilitar el llenador automático y dar el primer gran paso para la automatización del departamento, así como el funcionamiento que tiene el ordenador de bandejas en cada máquina.

### **3.1.3. Funcionamiento del mecanismo empujador de bandejas**

Se explicó que, luego de ser ordenadas las bandejas, se necesitan que vayan de una banda transportador a otra en bandejas para usar el llenador automático. Se explicó, también la sincronización que tendrá para evitar fallas durante su funcionamiento.

### **3.1.4. Importancia de la disponibilidad de maquinaria**

Así mismo, se abordó la importancia de la disponibilidad de las embandejadoras automáticas, la cual es una manera de cuantificar el tiempo que cada máquina está funcionando durante el turno. Por ello, se propuso a cada operador la meta de minimizar el tiempo muerto de las máquinas en el departamento para alcanzar siempre la ruta de productividad y mantener el aumento de eficiencia del departamento.

### 3.2. Programa de capacitación

A continuación, se presenta la matriz de capacitación donde se detalla cada uno de los temas, objetivos y a quien va dirigida la capacitación.

**Tabla II. Matriz de capacitación**

TEMA	OBJETIVOS	TIEMPO	DIRIGIDA A	FECHA
Uso embandejadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñar el funcionamiento de las embandejadoras</li> <li>• Enseñar el uso de las embandejadoras</li> </ul>	20 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operadores</li> <li>• Mecánicos</li> <li>• Supervisores</li> </ul>	10 septiembre de 2019
Funcionamiento del ordenador de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñar el funcionamiento del ordenador.</li> <li>• Explicar la importancia del ordenador.</li> </ul>	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operadores</li> <li>• Mecánicos</li> <li>• Supervisores</li> </ul>	10 septiembre de 2019
Funcionamiento del empujador de bandejas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñar el funcionamiento del empujador.</li> <li>• Explicar la importancia del mecanismo empujador.</li> </ul>	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operadores</li> <li>• Mecánicos</li> <li>• Supervisores</li> </ul>	10 septiembre de 2019
Importancia de la disponibilidad de maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar la reducción de tiempo de paro no programados.</li> <li>• La importancia de mantener la productividad en el departamento.</li> </ul>	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operadores</li> <li>• Mecánicos</li> <li>• Supervisores</li> </ul>	10 septiembre de 2019
Capacitación del aumento de productividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación de la actualidad.</li> <li>• Explicación del aumento teórico de productividad.</li> </ul>	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operadores</li> <li>• Mecánicos</li> <li>• Supervisores</li> </ul>	10 septiembre de 2019

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentas las imágenes de la capacitación.

**Figura 55. Capacitación de los mecanismos**



Fuente: Rayovac, S.A.

**Figura 56. Capacitación del uso de embandejadoras**



Fuente: Rayovac, S.A.

Figura 57. **Capacitación del aumento de productividad**



Fuente: Rayovac, S.A.





## CONCLUSIONES

1. El ordenador de bandejas se implementó en dos embandejadoras automáticas haciendo los ajustes necesarios desde la habilitación de estas, así como la implementación del mecanismo ordenador y el empujador de bandejas. Así mismo, se hizo un análisis teórico del aumento de eficiencia del departamento siendo este de un 53 % lo que quiere decir que se tiene un aumento de 10 200 bandejas por minuto en el día. El aumento de productividad teórico nos da como resultado un aumento del 72 % disminuyendo una persona.
2. Para la propuesta de la automatización del departamento de empaque final se propuso un plano donde están solamente las cuatro embandejadoras automáticas y un operario menos con la habilitación del llenador automático.
3. La capacitación tuvo un resultado positivo debido a que se dio a conocer el funcionamiento de las embandejadoras automáticas y el sistema ordenador de bandejas, tanto como su funcionamiento como el porqué de este, se les explicó el aumento que tendrá el departamento en productividad y en eficiencia.



## RECOMENDACIONES

1. Instalar y hacer funcionar el ordenador de bandejas en las 4 embandejadoras automáticas.
2. Programar un día de producción completo con las embandejadoras automáticas para conocer el aumento de productividad real de las embandejadoras automáticas.
3. Poner a trabajar el llenador automático para poder reducir la mano de obra del departamento.
4. Colocar un sistema que asegure que los fardos vayan completos.
5. Colocar un sistema que facilite el entarimado de los fardos y así evitar lesiones en los operadores.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CEMBRANOS NITAL, Florencio Jesús. *Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos*. 5ª edición. España. 2002. 186p.
2. Eurotransis. *¿Qué es una cinta transportadora? Principios de funcionamiento*. [en línea]. <<http://www.eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/>>.[Consulta marzo 2018].
3. INTOR. *Solution Manufacturing* [en línea]. <<http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>>. [consulta marzo 2018].
4. IZAGUIRRE ROSALES, Edgardo Esteban. *Estudio, análisis y propuesta para reducir el desperdicio de pila zinc carbón en Rayovac Spectrum Brands. Guatemala*. Trabajo de graduación. ing. industrial.
5. INTOR. *Solution Manufacturing*. [en línea]. <<http://www.intor.com.ar/calculo-de-fuerza-de-un-cilindro-neumatico/>>. [consulta marzo 2018].
6. PELÁEZ VARA, Jesús. *Neumática industrial: diseño, selección y estudio de elementos neumáticos*. España. Paraninfo. 2002. 632p.
7. Rayovac Guatemala, S.A. *Valores Corporativos*. Guatemala. 7p.

8. OROZCO BRAVO, Oneli Alfonzo. *Programa de mantenimiento preventivo eléctrico en el departamento de máquinas básicas en una planta de producción de pilas zinc carbón*. Guatemala. Trabajo de graduación. lic. administrador de empresas.

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Descripción de las partes de la pila 2d zinc-carbón

A continuación, se describe la función que desempeña cada uno de los materiales en la pila para su buen funcionamiento y el orden en el que están colocados para formar la pila.

- **Vaso de zinc:** material donde se coloca la mezcla, por sus características almacena mejor las capacidades de energía, además que por sus características físicas y químicas cuesta que la mezcla se consuma el zinc.
- **Roldana de fondo:** papel que se coloca en la parte inferior de vaso para evitar que la mezcla tenga contacto directo con el vaso de zinc.
- **Papel separador:** se coloca alrededor del vaso en la parte interna, para evitar que la mezcla tenga contacto con el zinc y que todas las características del papel, permite que la humedad de la mezcla se mantenga.
- **Mezcla:** combinación de materiales (manganesos, cloruro de amonio, oxido de zinc, bicloruro de mercurio, cloruro de zinc y agua), al combinarse energía positiva, la que perdura hasta que la mezcla pierde su humedad.
- **Electrodo:** colocado en la parte central del vaso, es la parte negativa de la pila que se tiene contacto con la roldana de fondo, mezcla y tapa para formar una reacción química que produce energía.
- **Roldana de sello:** permite aislar la mezcla del sello de asfalto además de ser la tapa de la cámara de gas que se produce entre el tamaño de la bobina de mezcla y este papel.
- **Tubo:** cartón que sirve de recubrimiento al vaso de zinc en la parte exterior, además se ser un aislante de derrame leves.



Continuación apéndice 1.

- **Blindaje:** placa que su función principal es darle forma e imagen al producto.
- **Asfalto:** sello que permite que la pila se quede fija y rinde un mayor ambiente para que se forme la mejor cámara de gas.
- **Tapa:** tapadera de metal que recubre al electrodo y es la base para cerrar la pila además de ser un buen conductor.
- **Sello de garantía:** brinda la garantía de que la pila no ha sido utilizada y está sujeta pro el cartón y el blindaje.

Fuente: Elaboración Propia.

.

.