



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial**

***Título: Diseño e implementación de maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil***

**Autores:**

**Carlos Macas Martínez**

**Asunción Baldeón**

**Guayaquil, marzo del 2021**

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, Carlos Xavier Macas Martínez, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MAQUINARIA SELECTORA DE BOTELLAS DE VIDRIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**. Los conceptos aquí desarrollados, evaluación realizada y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



---

**Carlos Xavier Macas Martínez**

**C. I.: 0919950402**

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORIA

Yo, María Asunción Baldeón Pinela, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MAQUINARIA SELECTORA DE BOTELLA DE VIDRIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**. Los conceptos aquí desarrollados, evaluación realizada y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



---

**María Asunción Baldeón Pinela**

**C.I.: 0921937942**

## DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quienes suscriben, en calidad del trabajo de titulación titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MAQUINARIA SELECTORA DE BOTELLAS DE VIDRIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



---

**Carlos Xavier Macas Martínez**

**C. I.: 0919950402**

## DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quienes suscriben, en calidad del trabajo de titulación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MAQUINARIA SELECTORA DE BOTELLA DE VIDRIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



---

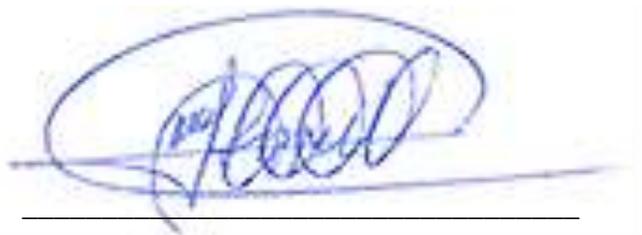
**María Asunción Baldeón Pinela**

**C.C. No: 0921937942**

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, PhD. Armando Fabrizzio López Vargas en calidad de director de trabajo de titulación titulado “Diseño e implementación de maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil”, desarrollado por los estudiantes Carlos Xavier Macas Martínez y María Asunción Baldeón Pinela, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, Marzo 2021.



**PhD. Armando Fabrizzio López Vargas**

**Docente Director del Proyecto Técnico**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme forjado como persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que se incluye este.

me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos

A mi abuelita Delfina; que con la sabiduría de Dios me ha enseñado a ser quien soy hoy, gracias por tu paciencia, por enseñarme el camino de la vida, gracias por tus consejos, por el amor que me has dado Y por tu apoyo incondicional en la vida. Gracias por llevarme en tus oraciones porque estoy seguro que siempre lo haces.

**Carlos Xavier Macas Martínez**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres y hermanos por haber sido un pilar fundamental en el transcurso de mi vida y por ser mi motivación e inspiración a lograr todo lo que me he propuesto.

En especial a mi mamá Jessica Pinela quien ha estado conmigo en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero has estado desde el inicio de mi carrera apoyándome, motivándome, aconsejándome y brindándome tu cariño para conseguir cada uno de mis objetivos sin importar la circunstancia.

A mi padre Jorge Baldeón que con su firmeza y sabiduría me ha enseñado que cada circunstancia de la vida se la enfrenta tomando buenas decisiones y con optimismo. Te dedico este gran logro por ser esa guía y por anhelar lo mejor para mi futuro.

**María Asunción Baldeón Pinela**

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, quiero dar gracias a Dios por ser siempre mi camino y mi luz, por darme todo lo necesario para salir para seguir adelante y llegar a la meta con profunda gratitud agradezco a mis padres y hermana que siempre estuvieron allí guiándome y no haberme dejado sola en ningún momento y por siempre anhelar y desear lo mejor para mi vida.

Doy gracias a la persona que siempre está conmigo incondicionalmente con su apoyo, amor, afecto y preocupaciones desinteresadas A mi abuelita Delfina, gracias a la Vida por este nuevo triunfo, a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis, gracias al tutor de tesis que estuvo siempre dándome su valioso tiempo y apoyo

Por último, gracias a todos en general, una vez más, ya que no fue nada fácil llegar hasta aquí, y lograremos seguir adelante creciendo en mi formación profesional y laboral.

**Carlos Xavier Macas Martínez**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero le doy gracias a Jehová por brindarme sabiduría y otorgarme vivir esta experiencia inolvidable, de gran aprendizaje que pase en mi carrera universitaria.

Estoy inmensamente agradecida con mis padres porque están incondicionalmente siempre ayudándome y guiándome para que triunfe y así cumpla todos mis anhelos.

Gracias a mis hermanos por brindarme su cariño y comprensión, por hacer ver que siempre seré su motivación y ejemplo a seguir.

Le doy gracias a cada una de mis compañeros que estuvieron en estos 5 largos años y ser parte de mi aprendizaje profesional y laboral.

Gracias a las personas que siempre me motivaron, me sostuvieron y creyeron en mi nuevo logro ya que con sacrificio y perseverancia lo he cumplido, el cual me es grato tener presente a cada uno de mis docentes quienes impartieron conocimiento y enseñanzas, especialmente a mi tutor de tesis el PhD. Armando Fabrizzio López por la paciencia, brindarnos su tiempo y conocimientos para culminar con este proyecto.

Por último, no me queda más que agradecer a todas aquellas personas que de una o u otra forma me ayudaron a alcanzar mi objetivo. GRACIAS A TODOS.

**María Asunción Baldeón Pinela**

## RESUMEN

Se diseñó e implementó una máquina cuya función principal es para la clasificación de botellas vidrio, esta máquina tiene la finalidad de desarrollar destrezas y habilidades técnicas en la automatización de procesos industriales. El estudio inicia con la investigación de sistemas automatizados, guía básica para aplicar una metodología de diseño por etapas que abarcan: características del módulo, materiales y componentes seleccionados mediante criterios técnicos y cálculos matemáticos, para finalmente elaborar los planos y la implementación de la máquina.

La máquina está conformada por 3 sistemas, el primero consta de un sistema de bandas transportadoras para la entrada de botellas y salida de estas, la siguiente fase trata sobre el sistema posicionador de botellas de vidrio, el cual es la parte esencial de toda la máquina, este sistema es capaz de distribuir y dirigir las botellas un sistema de discos o platos giratorios que guiarán las botellas hacia un sensor que identificará aquellas botellas con imperfecciones en su composición, las botellas en óptimas condiciones seguirán su trayecto hacia el siguiente proceso, mientras que las que tienen imperfecciones serán clasificadas por un sistema de cilindro neumático, el cual es el encargado de guiar estas botellas hacia las bandas transportadoras con destino al reproceso de las botellas.

Al estudiar el análisis de resistencia de los materiales, se seleccionó el tipo de perfil estructural utilizado para construir la máquina. Una vez finalizado el diseño, los componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos se ensamblaron de acuerdo con su diseño.

La máquina tiene una capacidad de transporte de 1067 botellas de vidrio, equivalente a 320 kg/h, debido al incremento de producción y reducción de costos de mano de obra, la implementación de este tipo de máquina resulta viable para la empresa que planea su uso.

Palabras claves: automatización, botellas de vidrio, potencia, sistema de empuje, sistema posicionador

## ABSTRACT

A machine was designed and implemented whose main function is for the classification of glass bottles, this machine has the purpose of developing technical skills and abilities in the automation of industrial processes. The study begins with the investigation of automated systems, a basic guide to apply a design methodology in stages that include module characteristics, materials and components selected through technical criteria and mathematical calculations, to finally draw up the plans and the implementation of the machine.

The machine is made up of 3 systems, the first consists of a system of conveyor belts for the entry and exit of bottles, the next phase deals with the glass bottle positioning system, which is the essential part of the entire machine. , this system is capable of distributing and directing the bottles a system of rotating discs or plates that will guide the bottles towards a sensor that will identify those bottles with imperfections in their composition, the bottles in optimal conditions will continue their journey to the next process, while Those that have imperfections will be classified by a pneumatic cylinder system, which is in charge of guiding these bottles towards the conveyor belts for the reprocessing of the bottles.

By studying the strength analysis of the materials, the type of structural profile used to build the machine was selected. After the design was completed, the mechanical, pneumatic and electrical components were assembled according to their design.

The machine has a transport capacity of 1067 glass bottles, equivalent to 320 kg / h, due to the increase in production and reduction of labor costs, the implementation of this type of machine is viable for the company that plans its use.

Keywords: automation, glass bottles, power, pushing system, positioning system,

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO I: PROBLEMA</b>	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación	2
1.3 Delimitación del problema	2
1.4 Descripción del problema	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general	3
1.5.2 Objetivos específicos	3
1.6 Beneficiarios	4
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b>	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Fundamentación legal	6
2.2.1. Constitución Del Ecuador	6
2.2.2. Ley De Gestión Ambiental	6
2.2.3. Ley De Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	7
2.3. Marco conceptual	8
2.3.1. El vidrio	8
2.3.2. Vida útil de las botellas de vidrio	8
2.3.3. Maquinaria	8
2.3.4. Ventajas de la botella de vidrio	8
2.3.5. Clasificación de las botellas de vidrio	9
2.3.6. Materiales: composiciones y principales requisitos	10
2.3.7. Composición química	11
2.3.8. Características fundamentales del vidrio	12
2.3.9. Consideraciones para la utilización de envases hechos de vidrio	12
2.3.10. Usos del vidrio	12
2.3.11. Resistencia de los envases de vidrio	13
2.3.12. Tamaño y capacidad	13
2.3.13. Versatilidad del vidrio	13
2.3.14. Recubrimientos	14

2.3.15.	Envases de vidrio y el medio ambiente	14
2.3.16.	Defectos del vidrio	14
2.4.	Fundamentación teórica	18
2.4.1.	Proceso de fabricación	18
2.4.2.	Materia prima	19
2.4.3.	Principales materias primas	19
2.4.4.	Funcionamiento de la maquina clasificadora de botellas de vidrio	20
2.4.5.	Componentes de la maquinaria	21
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA</b>		39
3.1.	Diseño de la investigación	39
3.2.	Tipo de investigación	39
3.3.	Enfoque de la investigación	40
3.4.	Métodos e técnicas de investigación	40
3.5.	Diseño del sistema selector de botellas de vidrios	41
3.6.	Fase 1: Sistema de bandas transportadoras	44
3.6.1.	Parámetros del diseño de la banda trasportadora	44
3.6.2.	Selección de materiales	45
3.6.3.	Selección del motor	51
3.7.	Fase 2: Sistema posicionador de botellas de vidrio	62
3.7.1.	Diseño del sistema posicionador de botellas de vidrio	62
3.7.2.	Sensor para la selección de botellas de vidrio	73
3.8.	Fase 3: sistema de clasificación por cilindro neumático	75
3.8.1.	Selección de cilindros de doble efecto	75
3.8.2.	Acople del cilindro	76
3.8.3.	Cilindro para envases de vidrio	76
3.8.4.	Consumo de aire	80
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>		82
4.1.	Características técnicas	82
4.1.1.	Características generales de la máquina	82
4.1.2.	Sistema de bandas transportadoras	83
4.1.3.	Sistema posicionador de botellas	84
4.1.4.	Sistema de empuje por cilindro neumático	85
4.2.	Análisis económico	85

<b>4.2.1. Costo de materiales</b>	86
<b>4.2.2. Costo de mano de obra para diseño de piezas</b>	88
<b>4.2.3. Costo del proyecto</b>	90
<b>4.2.4. Total de la inversión</b>	90
<b>4.3. Análisis financiero</b>	91
<b>4.3.1. Flujo de caja</b>	92
<b>4.3.2. Periodo de recuperación de la inversión</b>	93
<b>4.3.3. Valor actual neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno</b>	94
<b>CONCLUSIONES</b>	96
<b>RECOMENDACIONES</b>	97
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	98
<b>ANEXOS</b>	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Curva de viscosidad en función a la temperatura la elaboración de vidrio</i>	15
<b>Figura 2</b> <i>Software incorporado en la maquina clasificadora de botellas</i>	19
<b>Figura 3</b> <i>Cojinetes</i>	24
<b>Figura 4</b> <i>Ejes</i>	25
<b>Figura 5</b> <i>Banda o correa de transmisión</i>	26
<b>Figura 6</b> <i>Polea</i>	26
<b>Figura 7</b> <i>Máquinas selectoras</i>	27
<b>Figura 8</b> <i>Sensores</i>	29
<b>Figura 9</b> <i>Fotocélulas</i>	31
<b>Figura 10</b> <i>Paradas de emergencia</i>	32
<b>Figura 11</b> <i>Pistones</i>	34
<b>Figura 12</b> <i>Caja reductora</i>	35
<b>Figura 13</b> <i>Cadenas industriales</i>	36
<b>Figura 14</b> <i>Banda transportadora</i>	37
<b>Figura 15</b> <i>Medidas de la maquina</i>	41
<b>Figura 16</b> <i>Despiece de platos selectores de botella</i>	42
<b>Figura 17</b> <i>Sistema clasificador de botellas de vidrio por cilindro hidráulico</i>	43
<b>Figura 18</b> <i>Características de la banda trasportadora seleccionada</i>	45
<b>Figura 19</b> <i>Resistencia y aplicaciones de la banda seleccionada</i>	46
<b>Figura 20</b> <i>Banda transportadora a utilizar</i>	47
<b>Figura 21</b> <i>Parámetros de selección del diámetro del cilindro</i>	48
<b>Figura 22</b> <i>Diseño del rodillo de la banda transportadora</i>	48
<b>Figura 23</b> <i>Masa del rodillo seleccionado</i>	49
<b>Figura 24</b> <i>Dimensiones del eje de transmisión</i>	50
<b>Figura 25</b> <i>Diagrama de cuerpo libre del rodillo, banda y botella de vidrio</i>	54
<b>Figura 26</b> <i>Factor de servicio</i>	57
<b>Figura 27</b> <i>Selección del motor para el sistema de banda trasportadora</i>	58
<b>Figura 28</b> <i>Distancia entre los ejes del rodillo y motor</i>	59
<b>Figura 29</b> <i>Diseño del sistema posicionador de botellas</i>	62
<b>Figura 30</b> <i>Detalle técnico del motor eléctrico de 2 HP</i>	72
<b>Figura 31</b> <i>Detalle del tiempo de respuesta e interfaz del sensor R-201</i>	73
<b>Figura 32</b> <i>Dimensiones del sensor R-201</i>	74
<b>Figura 33</b> <i>Carrera del cilindro seleccionada para la separación de botellas</i>	75
<b>Figura 34</b> <i>Diseño del acople</i>	76
<b>Figura 35</b> <i>Selección del cilindro de doble efecto y su diámetro</i>	79
<b>Figura 36</b> <i>Ficha técnica del cilindro seleccionado</i>	80
<b>Figura 37</b> <i>Sistema de bandas transportadora</i>	84
<b>Figura 38</b> <i>Sistema posicionador de botellas de vidrio</i>	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Producción de vidrio industrial en Francia en 1993	9
<b>Tabla 2</b>	Requisitos principales y consecuencias en la composición química de los vidrios	10
<b>Tabla 3</b>	Defectos en vidrios y sus causas	16
<b>Tabla 4</b>	Esquema general de la fabricación y de los productos de vidrio	17
<b>Tabla 5</b>	Detalles técnicos y capacidad de la banda	44
<b>Tabla 6</b>	Parámetros de selección para el motor de la banda transportadora	50
<b>Tabla 7</b>	Inercia y masas de los ejes a lo largo del eje 2	63
<b>Tabla 8</b>	Inercia de cuerpos sobre el eje 1	67
<b>Tabla 9</b>	Características de producción	83
<b>Tabla 10</b>	Características técnicas del sistema de bandas transportadoras	84
<b>Tabla 11</b>	Características técnicas del sistema posicionador de botellas	85
<b>Tabla 12</b>	Características técnicas del sistema de empuje	86
<b>Tabla 13</b>	Costos de materiales	87
<b>Tabla 14</b>	Costos de mano de obra	89
<b>Tabla 15</b>	Costos del proyecto	91
<b>Tabla 16</b>	Total de inversión	92
<b>Tabla 17</b>	Comparación antes de la máquina y después	93
<b>Tabla 18</b>	Flujo de caja	94
<b>Tabla 19</b>	Calculo del VAN	95
<b>Tabla 20</b>	Resultados del VAN y TIR	96

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b>	Formula de la potencia	51
<b>Ecuación 2</b>	Tiempo traslado de la botella hasta la fase de posicionado	52
<b>Ecuación 3</b>	Velocidad de transporte	52
<b>Ecuación 4</b>	Velocidad angular	53
<b>Ecuación 5</b>	Fuerza de empuje	55
<b>Ecuación 6</b>	Torque	55
<b>Ecuación 7</b>	Potencia corregida	57
<b>Ecuación 8</b>	Potencia corregida	60
<b>Ecuación 9</b>	Longitud de contacto de polea mayor	60
<b>Ecuación 10</b>	Longitud de contacto de polea conducida	61
<b>Ecuación 11</b>	Periodo del sistema posicionador de botellas	63
<b>Ecuación 12</b>	Inercia de trabajo del sistema posicionador de botellas	64
<b>Ecuación 13</b>	Masa total del sistema posicionador de botellas	65
<b>Ecuación 14</b>	Inercia efectiva del eje	66
<b>Ecuación 15</b>	Inercia del piñón	68
<b>Ecuación 16</b>	Torque del sistema posicionador	70
<b>Ecuación 17</b>	Potencia requerida	71
<b>Ecuación 18</b>	Fuerza efectiva	77
<b>Ecuación 19</b>	Fuerza teórica del cilindro	78
<b>Ecuación 20</b>	Área de la circunferencia del cilindro	78
<b>Ecuación 21</b>	Consumo de aire del cilindro	81
<b>Ecuación 22</b>	Relación de compresión	81
<b>Ecuación 23</b>	Ahorro obtenido	93
<b>Ecuación 24</b>	Periodo de recuperación de la inversión	94
<b>Ecuación 25</b>	Fórmula para obtener el VAN	95
<b>Ecuación 26</b>	Formula para obtener el TIR	96
<b>Ecuación 24</b>	Periodo de recuperación de la inversión	96

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

P: Potencia

T: Torque

$\omega$ : velocidad angular de rodillo

t: Tiempo traslado de la botella hasta la fase de posicionado

v: Velocidad de transporte

r: Radio

F: Fuerza de empuje

Ps: Potencia corregida

L: Desambiguación

$\theta$ : Angulo

D: Diámetro polea mayor

d: Diámetro polea menor

I: Inercia

M: Momento de una fuerza

Fc: Factor de carga

$I_{e1}$ : Inercia efectiva del eje 1

$\alpha$ : Aceleración angular

Fe: Fuerza efectiva

Ft: Fuerza teórica del cilindro

Fr: Fuerza de rozamiento

$\emptyset$ : Diámetro del cilindro

A: Área

$\Omega$ : Omega

## INTRODUCCIÓN

El vidrio es un recurso que ha tenido gran aceptación y demanda en la industria ecuatoriana; dicho material es y ha sido utilizado en la fabricación de diversos envases. Las botellas elaboradas a base de este elemento, requieren de una clasificación eficiente, que a su vez permita reducir el consumo de la matriz energética y del tiempo en el mismo proceso.

Frente a esto, se ha diseñado e implementado una maquinaria capaz de dar solución a la necesidad de selección de botellas de vidrio, en la ciudad de Guayaquil. Esta máquina se desarrolla en pro de mejorar los procesos industriales de producción y clasificación dentro de las organizaciones; a esto se suma, el hecho de generar un cambio en la matriz productiva y simultáneamente, un extra en la economía de las empresas, con el mejoramiento de estos procesos de selección.

El presente trabajo de titulación consta de cuatro capítulos que analizan los temas acordes al vidrio y sus derivados, con el objetivo de conocer y comprender mejor los procesos de producción y clasificación que los mismos requieren. El primer capítulo expone los antecedentes de este trabajo, el porqué del mismo, cuáles son los objetivos a alcanzar y quiénes se beneficiarían del mismo. El segundo capítulo presenta una recolección y estudio de los términos y fundamentos teóricos y legales que son la base de este trabajo. En el tercer capítulo se detalla los diferentes métodos e instrumentos que serán utilizados para el diseño e implementación de la maquinaria selectora de botellas de vidrio. Al final, en el capítulo cuatro se exponen los resultados y el respectivo análisis económico y financiero del proyecto de titulación.

La implementación de esta nueva tecnología de clasificación de botellas de vidrio, permitirá la creación de otros tipos de sistemas de selección para las industrias locales y nacionales; además contribuirá al mejoramiento del nivel de aprendizaje de las futuras generaciones.

## **CAPITULO I: PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

En la actualidad, muchas empresas buscan invertir en el sector productivo del país, La inversión muchas veces se enfoca en la adquisición de maquinarias tanto nueva como usada, que les permita incrementar sus niveles de producción volviéndose más eficiente.

La gran aceptación que ha tenido el vidrio en el mercado ecuatoriano ha generado un incremento en la demanda de contenedores de vidrios, lo cual ha producido que el uso de envases de materiales de vidrios. Esta demanda de envases ha generado que la industria aumente su producción y clasificación de botellas de vidrios; queriendo alcanzar una disminución en el tiempo de seleccionar y clasificar las botellas.

### **1.2 Justificación**

El proyecto de investigación se realiza con la finalidad de dar una solución orientada a la aplicación de una mejora de procesos en la empresa de producción del sector vidrio de la ciudad de Guayaquil más precisamente en su área de producción, esto tendrá como repercusión la generación de conocimientos teóricos no solo para el objeto de estudio sino además para las empresas del sector industrial en general que deseen diseñar soluciones ligadas a la reducción sus costos de producción.

La justificación metodológica se basa en la investigación exploratoria, puesto que se realizarán entrevistas lo que permitirá obtener una versión más real acerca de la situación actual de las empresas de producción de vidrio en la ciudad de Guayaquil en cuanto al manejo de los desechos que se dan en los procesos de producción que existen en la misma.

También se hará uso del tipo de investigación descriptiva, pues se procederá a recopilar datos mediante la herramienta de la encuesta, al personal operativo, para conocer detalles inherentes a los procedimientos, herramientas y recursos que se usan normalmente para el desarrollo de sus actividades diarias durante sus jornadas laborales.

### **1.3 Delimitación del problema**

- Campo: Ingeniería Industrial
- Área: Producción
- Aspecto: Mejora de procesos

- Tema: Diseño e implementación de maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil

Para la realización de este proyecto técnico fueron necesarios los conocimientos adquiridos en las siguientes materias de la malla de ingeniería industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.

- Técnica de investigación
- Mantenimiento y Seguridad Industrial
- Estrategias de Manufactura
- Energía y Medio Ambiente

#### **1.4 Descripción del problema**

Generalmente en la empresa las actividades de producción en la empresa vidriera no son organizadas de manera eficiente, siendo así, una tarea complicada, llevar un control adecuado sobre ellas, teniendo como resultado la dificultad de proporcionarle al cliente un producto de calidad, ya que existen falencias en el proceso de producción que son ejecutadas al momento, generando un retraso en los requerimientos necesitados.

Actualmente en la empresa del sector vidriera se presentan problemas al momento de hacer despachos de productos a los clientes, pues en el lote se observan botellas de vidrios en mal estado, lo cual genera insatisfacción en el cliente al recibir su entrega, ante esto se propone la implementación de una maquinaria que separe el vidrio en mal estado de la empresa, para evitar que en los lotes exista este inconveniente, y una vez separado este vidrio proceder al respectivo proceso de reutilización del mismo.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar una maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar los costos del diseño e implementación de maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil.

- Identificar los componentes que conforman la maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil.
- Realizar los cálculos del diseño de maquinaria selectora de botellas de vidrio de la ciudad de Guayaquil.

### **1.6 Beneficiarios**

Los beneficiarios de este proyecto serán las empresas del sector de vidrio, pues con la implementación de esta maquinaria, se facilitará las actividades de producción diaria llegando a reducir no solo los costos de producción y de mano de obra del producto, sino también, a reducir los errores presentes actualmente en la comercialización del producto llegando a evitar entregar productos en mal estado a los clientes.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes

Al examinar el repositorio de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana en la sede de Guayaquil, no se pudo encontrar ningún artículo sobre la investigación y el diseño de una máquina selectora de vidrio que pudiera usarse como referencia. Sin embargo, durante la revisión, se encontró varios estudios relacionados con el tema del presente trabajo, sin embargo, solo uno de los hallados, muestra la misma dirección de este estudio, el cual es el diseño de la maquina selectora de vidrio, mismo se menciona a continuación.

En el trabajo de Montes y Plasencia titulado “Elaboración e implementación de un módulo con PLC para la simulación de un proceso de clasificación de botellas para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH”, se elaboró e implementó módulo con PLC para clasificación de botellas en la Facultad de Ingeniería Industrial- ESPOCH, con el fin de desarrollar conocimientos, habilidades y habilidades técnicas en la automatización de procesos industriales.

El estudio se inicia con la búsqueda de sistemas automatizados, guía básica para aplicar una metodología de diseño por etapas que abarcan: características del módulo, materiales y componentes seleccionados mediante criterios técnicos y cálculos matemáticos, y por último elaborar los planos con software de diseño mecánico.

El módulo está compuesto por una parte controlando por Controlador Lógico Programable que tiene la función de dirigir el proceso y otra parte operativa compuesta por actuadores, pre-actuadores y captosres, que son los encargados de realizar el proceso automatizado.

Con un estudio de análisis de resistencia de materiales se seleccionó el perfil estructural utilizado en la construcción del módulo. Una vez terminada la construcción se realizó el montaje de los componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos de acuerdo a los planos, instalados estos componentes se lleva a cabo la programación e interfaz del PLC, lo cual fue necesario realizar pruebas funcionales para completar con el correcto funcionamiento del módulo.

El módulo didáctico tuvo una capacidad de transporte de 15 botellas entre plástico, vidrio y aluminio, con una capacidad de carga de 7 kg, además fue adaptado a diferentes procesos de selección y clasificación de productos contribuyendo a la mejora de procesos en las Industrias.

## **2.2. Fundamentación legal**

### **2.2.1. Constitución Del Ecuador**

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

A través de estos artículos el estado ecuatoriano busca garantizar el derecho de vivir en un ambiente sano y libre de contaminación para el resguardo de la vida humana, la fauna, la flora y los recursos naturales.

### **2.2.2. Ley De Gestión Ambiental**

Artículo 1.- Objeto. - El presente Acuerdo Ministerial tiene por objeto establecer una política nacional para la gestión integral de residuos de botellas de vidrio de bebidas alcohólicas y no alcohólicas posconsumo, que viabilice su reciclaje.

Artículo 2.- Ámbito de aplicación. - El presente Acuerdo Ministerial será de obligatorio cumplimiento en todo el territorio ecuatoriano por toda persona natural, jurídica, pública, privada, mixta, nacional, extranjera que participe en la fabricación de botellas de vidrio para bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

Artículo 3.- Principios generales. - Sin perjuicio de los principios establecidos en la Constitución de la República del Ecuador y en la normativa vigente, la gestión integral de

residuos de botellas de vidrio para bebidas alcohólicas y no alcohólicas se someterán a los siguientes:

Principio precautorio. - Determina que es obligación del Estado a través de sus instituciones y órganos de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, adoptar medidas protectoras eficaces y oportunas cuando haya peligro de daño grave o irreversible al ambiente, aunque haya duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión o no exista evidencia científica del daño.

Principio de jerarquía del manejo de residuos sólidos. - Establece el fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y/o desechos, considerándolos un bien económico. En base a este principio se deben considerar las acciones en el siguiente orden jerárquico:

- a) Prevención y/o minimización de la generación en la fuente, como forma efectiva de disminución del impacto.
- b) Aprovechamiento y/o valorización de los residuos, a través del re-uso o reciclaje.
- c) Tratamiento; y
- d) Disposición final.

### **2.2.3. Ley De Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**

Art. 14.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia.

Art. 15.- El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. El vidrio**

Según Alarcón (2014) para la fabricación de este material es necesario incorporar varias materias primas como son: sílice, feldespato, soda, caliza, vidrio reciclado; luego estas materias primas pasan a un proceso de recepción y al almacenamiento para posteriormente ir al horno y ser fundidas a 1500 0C posterior a esto el vidrio fundido va a las máquinas de formación de botellas, después pasa a una etapa de enfriamiento gradual, hasta llegar a las zona de inspección y control de calidad para posterior empaque.

### **2.3.2. Vida útil de las botellas de vidrio**

Según el comercio Portafolio (2014) la vida útil de las botellas de vidrio es bastante extensa y superior a la del plástico que es de 1000 años. De acuerdo a la trasnacional Owens Illinois, una sola botella de vidrio retornable puede generar unas 30 transacciones en el transcurso de su vida útil.

### **2.3.3. Maquinaria**

Las máquinas son ampliamente utilizadas en la tecnología mundial. Todos los campos de la tecnología utilizan máquinas para ayudar a realizar tareas. Según Mallinson, y otros (1991), una máquina es, en un sentido muy general, una combinación de partes que usamos para superar una resistencia al transferir o transformar energía, generalmente la ejercida por un ser humano. Además, también se puede definir como dispositivos que ayudan a hacer el trabajo.

### **2.3.4. Ventajas de la botella de vidrio**

Menciona Tamayo, (2019) que las botellas de vidrio presentan varias ventajas las que son:

- Se trata de un material químicamente inerte por lo que no contamina.
- Su proceso de descomposición es similar al de cualquier roca silícea.
- Los objetos de vidrio son reutilizables.
- Es tan maleable que con él se pueden fabricar desde garrafas hasta ampollitas.
- No se oxida, ni pierde su atractivo al usarlo, excepto si se usa a la intemperie.

- Es impermeable, resiste el calor dentro de un cierto rango, puede apilarse sin aplastarse, además de que el consumidor puede ver el interior del envase para verificar la apariencia del producto.
- Es un material limpio, puro, e higiénico; es inerte e impermeable para los fines cotidianos.
- No pueden ser perforados por agentes punzantes.
- Los productos que se comercializan con envases de vidrio pueden hacerlo con envase retornable o no retornable.
- La reutilización o el reciclado son directos y con bajos costos.
- Si se trata de envases no retornables, se recogen y se transportan a las plantas de tratamiento, donde se limpian y se trituran. El producto que se consigue puede ser utilizado como materia prima para la obtención de vidrio nuevo.

### **2.3.5. Clasificación de las botellas de vidrio**

Según Mata y Gálvez (2012) menciona que las botellas de vidrio se pueden clasificar, de acuerdo al uso en: industrial y doméstico.

El vidrio industrial es aquel que se utiliza para el almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrios planos como ventanas, cristales blindados, fibra óptica bombillas, entre otros.

Comerciales: Se utilizan para el almacenamiento de productos alimenticios conservas, vinos, yogures, entre otros, el mismo que se puede clasificar desde el punto de vista de la coloración de botellas:

- Verde 60%: Utilizados para botellas de vino, licores y cerveza
- Claro 25%: Utilizado para botellas de bebidas gaseosas, cerveza, perfumes, alimentos en general.
- Extraclaro 10%: empleado en aguas minerales, tarros y botellas de decoloración.
- Opaco o ámbar 5%: Aplicado en cerveza, algunas botellas de laboratorios.

### 2.3.6. Materiales: composiciones y principales requisitos

La industria del vidrio es la encargada de elaborar una gran cantidad de distintos productos de este material, tanto por su composición química como por su forma. Los vidrios están constituidos por tres principales familias de elementos: los formadores (entre los cuales se destaca el óxido de silicio), los fundentes (en general óxidos alcalinos) y los estabilizantes (CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (García H., 2018).

**Tabla 1**

*Producción de vidrio industrial en Francia en 1993*

<b>Tipos de productos de vidrio</b>	<b>Producción en toneladas</b>
<b>Vidrio plano y fibras</b>	
Espejos y cristales (incluidas losetas)	<b>786.346</b>
Vidrio colado	<b>22.305</b>
<b>Total, vidrio plano propiamente dicho</b>	<b>808.651</b>
<b>Total, fibra de vidrio</b>	<b>145.884</b>
<b>Total</b>	<b>954.535</b>
<b>Vidrio hueco mecánico</b>	
Botellas y bombonas	<b>2.674.000</b>
Frascos y recipientes industriales	<b>453.274</b>
Vasos	<b>415.321</b>
Tarros	<b>24.301</b>
<b>Total</b>	<b>3.566.896</b>
<b>Vidrio técnico</b>	

Vidrio óptico, lámparas de iluminación, radio, televisión, tubos, barras, lámparas diversas, laboratorios e higiene, cristalería industrial y asimilada, aislantes, vidrio de y varios

**Total** **80.067**

---

**Total, productos mecánicos** **4.601.498**

Fuente: García (2018)

### 2.3.7. Composición química

**Tabla 2**

*Requisitos principales y consecuencias en la composición química de los vidrios*

<b>Requisito</b>	<b>Consecuencias sobre la composición química de los vidrios</b>
Red vítrea	De manera general: vidrio de sílice
Fusión del vidrio a temperatura aceptable	Añadido de alcalinos o de anhídrido bórico
Afinado del vidrio	$\text{SiO}_2 \geq 72\%$ Agentes de afinado apropiados
Conformado del vidrio	$\text{CaO} + \text{MgO} \geq 11\%$ Contenido total en alcalinos < 14%
Durabilidad química	$\text{MgO} \geq 1\%$ Si puede ser $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 1\%$

Fuente: Nadine (2017)

### **2.3.8. Características fundamentales del vidrio**

- La inercia física: el vidrio es una barrera absoluta la cual se opone al paso de gases o vapores y la imposibilidad de una “migración” de sustancias hacia el alimento.
- La inercia química: tiene ausencia de reacciones químicas al contacto con el envase y su contenido.
- La transparencia: El vidrio posee una transparencia con el paso de la luz, lo cual permite el control directo del estado de la sustancia que esta contiene, aunque a su vez, este es impenetrable por parte de las radiaciones ultravioletas, las más peligrosas para los alimentos

### **2.3.9. Consideraciones para la utilización de envases hechos de vidrio**

Cuando se tiene un producto el cual se quiere envasar con vidrio es importante considerar distintas cuestiones. El diseñador es el encargado de evaluar la apariencia del producto y relación con el envase, para así proceder a trazar un boceto el cual de una idea lo más exacta posible de la botella o frasco que se desea obtener. Este debe ser preparado y diseñado por un ingeniero en la planta y procederá a fabricar una estructura específica para ese envase en particular. Esto dará otras pistas al diseñador, por ejemplo; si el contenido del envase será frío o caliente, debido a que el vidrio se dilata y cambia de tamaño donde la propiedad química del contenido puede afectar al cerrarse (Mora, 2016).

### **2.3.10. Usos del vidrio**

Las botellas de PVC o PET no tienen la misma apariencia de frescura del vidrio, por lo que se buscó diferentes presentaciones como la apariencia, volverlos mucho más prácticos colocándoles un asa de ser ocurrente, o algún adaptador especial para poder verter su contenido. Esto da una sensación de comodidad y utilidad en los envases de vidrio. También da apariencia al envase más lleno como en el caso de las mermeladas. Este también es útil para los cosméticos y licores caros debido a que las caras planas hacen resaltar la imagen de alta calidad recordando a los consumidores las joyas o los cristales. También pueden fabricarse envases más gruesos para achicar el contenido y dar la sensación contraria. Los productos envasados como la cerveza y los vinos, mermeladas, alimentos en general y en algunos artículos farmacéuticos son unos de los contenidos más

comunes en estos, sin embargo, estos últimos tienden a ser mayormente envasados en plástico y cartones. Aun así, es casi imposible reemplazarlo, sobre todo, del mercado de los cosméticos y perfumes (Torres, 2019).

### **2.3.11. Resistencia de los envases de vidrio**

La resistencia de los envases de vidrio es mayor que lo que comúnmente se cree. El grado de resistencia este dado debido a la forma del envase, la distribución del vidrio y el grado de recocido. Si existe algún defecto en su resistencia, pueden suceder distintos tipos de factura: por impacto, por choque térmico o por presión interna; todas estas originadas por una descompensación en las fuerzas de tensión interna. Las imperfecciones en los envases de vidrio no solo pueden provocar rupturas, si no muchas otras consecuencias, como defectos en las maquinas que las manejan, defectos de apariencia o reacción en el contenido (Olmos, 2018).

Los envases los cuales mezclan los componentes de vidrio y plástico son muy resistentes a roturas y más livianos que el vidrio por sí mismo. Para la fabricación de estos se utiliza la fibra de vidrio la cual es particularmente liviana, aunque contiene mayormente GFK siglas en alemán es Flasfaserverstärkter kunststoff. Esto da la pauta de lo que contiene plástico con resina reforzada con fibras de vidrio. Aunque mayoritariamente plástico que vidrio. Es por esto que este tema debe ser abordado para la mayor resistencia de los envases de plástico, aunque creemos pertinente nombrarlos debido a que puede confundirse a estos envases como recipientes de vidrio reforzado con plástico y que estos materiales impiden la fractura de estos ante una caída o impacto (Olmos, 2018).

### **2.3.12. Tamaño y capacidad**

En la actualidad existe bastante libertad para elegir tamaños de envases lo cuales pueden contener distintas cantidades de productos, aunque en algunos países como Gran Bretaña, existe un acta sobre el tamaño obligado para la leche, café, miel y mermeladas. Esto depende de las costumbres de la sociedad, estandarizaciones y las necesidades que tenga cada empresa (González, 2019).

### **2.3.13. Versatilidad del vidrio**

La facilidad del moldeado es lo que lo hace muy versátil, tanto es así que se puede fabricar botellas con cuerpo grande con un asa mediana y una boca pequeña, como también,

ampollas muy frágiles, hechas de un vidrio muy fino, los cuales se suelen utilizar en productos farmacéuticos. Otra de las ventajas es que los consumidores aprecian el vidrio para un segundo uso, con lo que se adorna o agrega algo para darle algún uso. Es también saludable en cuanto a la imagen que ofrece al público y de su producto, no se corroe, no se oxida, ni se pierde, se conserva atractivo en su uso, es impermeable y se puede llenar con productos muy calientes o muy fríos (López R., 2016).

#### **2.3.14. Recubrimientos**

Para mejorar los envases, estos se someten a un recubrimiento, el cual se realiza antes y después del recocido. Una de las funciones de los recubrimientos es evitar la fricción, para esto se utiliza aceites comestibles y polímeros. Comúnmente se aplica por vaporización. Por lo general, la primera parte del tratamiento se realiza en caliente y puede ser vaporización de goteo. La siguiente parte, un recubrimiento metálico, se aplica por vaporización y no siempre necesita que se haya aplicado el tratamiento en caliente (Zarzo, 2016).

#### **2.3.15. Envases de vidrio y el medio ambiente**

A lo largo de la historia, el vidrio se ha mostrado como uno de los envases más respetuosos con el medio ambiente. No solo por la razón de ser 100% reciclable un número indeterminado de veces. Surge de materias primas abundantes en la naturaleza, mediante un proceso de extracción sencillo y no contaminante. El vidrio posee unas características físico-químicas que le hacen no interferir con las propiedades de los productos que este contiene. Por otro lado, su degradación química y su erosión física son muy lentas, no liberando sustancia alguna que pueda resultar perjudicial para el entorno. Además, para su fusión, se puede emplear cualquier tipo de energía. Por todo esto, el vidrio es el envase ecológico por naturaleza (Reyes, 2018).

#### **2.3.16. Defectos del vidrio**

El ámbito de control de los aspectos morfológicos suele ser el más ríspido y diversificado de la empresa, como el departamento de calidad y los sectores que se relacionan como revisión, producción, automáticos, mordería, programación, diseño, cambio de artículo y asistencia al cliente. El principal objetivo en todos estos casos es que los artículos cumplan dimensional, espacial, superficial y distributivamente los cañones del

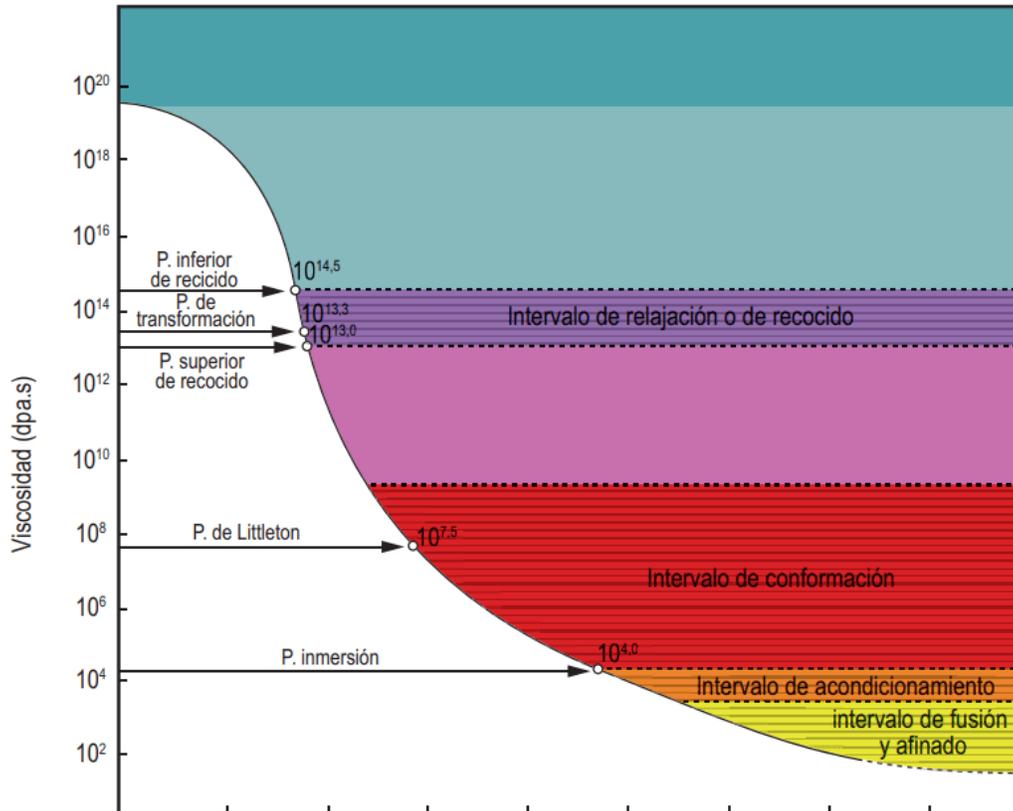
diseño, al aspecto y la funcionalidad pautados con el cliente. El permanente control en cada línea de producción impone la necesidad de todo tipo y calibres fijos, de altura, diámetro, espesores, verticalidad, plenitud, etc. Entre defectos clasificados individualmente con nombres usualmente asociados a lo cotidiano, tales como amartelado, columpio, anginas, cuerda, manchón, costura, alabeo, nódulo, entre muchos otros de acuerdo al ramo de la industria (Molas, 2017).

Los defectos de deformaciones son los más notorios y, a su vez, los más críticos para la gestión en el control de calidad y fase final de la producción de los artículos de vidrio. Podría parecer que esta clase de defectos de forma son aquellos en donde la naturaleza del material guarda menor incidencia. De hecho, los defectos morfológicos prescinden del propio vidrio. Si el artículo, producto o manufactura se ajusta a los cánones del plano, espesores, plenitud, longitud, diámetros o a la perfecta correspondencia con la midiera, rodillos, baño de flotado, etc. (Dolores, 2017).

De acuerdo con el tipo de proceso que se ejecuta, esta clase de defectos no discrimina entre plástico, metal, cerámicos u otros, en tanto no exista deformaciones dimensionales, espaciales ni de conformado. No obstante, el origen de estas anomalías no es otra cosa que la importancia excluyente de la curva de viscosidad en relación con los tiempos térmicos de cada fase del estado vítreo. Entonces, conforme a ello, es fundamental aquí la formulación y el perfecto conocimiento de las propiedades plásticas del vidrio durante el enfriamiento hasta lo que se denomina como “temperatura de molde” que, en la teoría, corresponde a una viscosidad de 107 dPa. Por debajo de esta temperatura el vidrio adquiere una rigidez que impide cualquier desfasaje de forma, dimensional o espacial (Caballero, 2019).

**Figura 1**

*Curva de viscosidad en función a la temperatura la elaboración de vidrio*



Fuente: García (2016)

Los defectos del vidrio afectan de manera visible al material. Su naturaleza y sus cualidades están limitadas en numerosos documentos normativos de los productos de vidrio. La identificación de las piedras y cuerdas y el análisis de la composición gaseosa de las burbujas permite la búsqueda de su origen con el fin de eliminarlas (Ramos, 2017). Estos defectos se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3***Defectos en vidrios y sus causas*

<b>Tipo de defectos</b>	<b>Causa de los defectos</b>
Piedras e infundidos	Presencia de materiales no solubles en el vidrio de los que se ha de determinar el origen
Cuerdas	Heterogeneidad local de la composición
Defectos de superficie	Heterogeneidad de los alcalinos. Atmosferas demasiado oxidantes
Desvitrificación	Enfriamiento no controlado
Burbujas	Afinado incompleto
Roturas	Tensiones internas

Fuente: Ramos (2017)

Métodos para la identificación e interpretación del origen de piedras y cuerdas en el vidrio:

- Apariencias
- Prueba de solubilidad
- Estudio por difracción de rayos X
- Prueba química
- Análisis con microsonda
- Estudio microscópico
- Birrefringencia

Para la fabricación de productos de vidrio se toma como referencia la tabla 4, misma que indica el pesado, la conformación y su elaboración.

**Tabla 4***Esquema general de la fabricación y de los productos de vidrio*

<b>Pesado y mezclado de materias primas</b>	Vitrificante + fundente(s) + estabilizante (s) + aditivo (s)								
	Fusión								
<b>Elaboración</b>	Afinado y homogeneidad Acondicionamiento térmico								
<b>Conformado</b>	<table border="1"> <tr> <td>Vidrio plano</td> <td>Ondeadado o laminado o estirado</td> </tr> <tr> <td>Vidrio hueco</td> <td>Prensado – soplado o soplado</td> </tr> <tr> <td>Fibras</td> <td>Centrifugado o hilado en hilera</td> </tr> <tr> <td>Vidrio técnico</td> <td>Todas las técnicas ya citadas</td> </tr> </table>	Vidrio plano	Ondeadado o laminado o estirado	Vidrio hueco	Prensado – soplado o soplado	Fibras	Centrifugado o hilado en hilera	Vidrio técnico	Todas las técnicas ya citadas
Vidrio plano	Ondeadado o laminado o estirado								
Vidrio hueco	Prensado – soplado o soplado								
Fibras	Centrifugado o hilado en hilera								
Vidrio técnico	Todas las técnicas ya citadas								

Fuente: Molina (2018)

## 2.4. Fundamentación teórica

### 2.4.1. Proceso de fabricación

Para cualquier objeto deseado a realizar, el proceso consta de tres operaciones fundamentales: la elaboración (fusión y afinado), el conformado y el recocido. El vidrio industrial se produce de manera mayoritaria en hornos de cuba cuyos combustibles son fuel, gas y un eventual complemento eléctrico. Algunos vidrios se producen en hornos eléctricos, por el efecto Joule, o en hornos discontinuos de crisol (Molina M., 2018).

### **2.4.2. Materia prima**

Se denomina así a la sustancia básica la cual compone cada uno de los elementos que se encuentran en el mundo, bien sea que estos mismos hayan llegado de forma natural o hayan sido creación del hombre. La materia prima representa a todo aquel recurso natural que el hombre utiliza para la elaboración de productos. Estos elementos que los seres humanos extraen de la naturaleza son transformados en distintos bienes, y el modo en que lo hacen es bajo algún proceso industrial (Pantoja, 2018).

Debido a la gran diversidad que la naturaleza ofrece tales como: Los de origen orgánico, también llamado vegetal, como la madera que se utiliza para realizar distintos tipos de muebles, mesas o sillas, el algodón y el lino que se emplea en la elaboración de textiles y vestimentas, también incluyen los cereales, frutas y verduras que aportan sustento alimenticio y animal de donde se obtiene alimentos como carne de res, pescado o aves, leche, huevo, además de las pieles de cuero, seda y lana que brindan una gran utilidad para la fabricación de zapatos, tapicerías, ropa y mucho más. Por otro lado, se tiene el origen inorgánico los cuales son llamado minerales, estos son los metales como el hierro, oro, plata, cobre, aluminio, etc. o pueden ser no metales como la sal o mármol, estos materiales son generalmente utilizados en las joyas, utensilios y en el campo de la construcción. Finalmente se tiene el origen fósil en los cuales se encuentra el gas y el petróleo con los que se puede realizar combustible, plástico, etc. (Pino, 2017).

### **2.4.3. Principales materias primas**

La industria del vidrio utiliza materias primas naturales, que en su gran mayoría son provenientes de canteras, o materias artificiales procedentes de la gran industria química. En casos menos frecuentes de la gran industria química. En casos de menor frecuencia, son subproductos de un proceso industrial; finalmente, el caso de vidrio proveniente del reciclado es una materia prima cada vez más esencial para algunas ramas de la industria vidriera (Castaño, 2017).

Las materias primas principales son aquellas que aportan los constituyentes principales de los vidrios:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , para los vidrios sodocalcicos clásicos, que son los más corrientes, y  $\text{B}_2\text{O}_3$  y  $\text{PbO}$  para los vidrios de borosilicato y la calidad de cristal (Cravero, 2017).

#### 2.4.4. Funcionamiento de la maquina clasificadora de botellas de vidrio

Para cada tipo de botellas conocidas se debe definir un entorno valido de valores de altura, forma y color. Dicha definición puede hacerse en forma manual o bien a través de la función aprendizaje por lote. Esta maquina se encarga de tomar una imagen de cada botella y la procesa en tiempo real para medir su altura, y determinar su forma y su color. Con estos valores obtenidos en cada uno de estos aspectos clasifica a la botella según la opción en ejecución y entrega las señales al sistema de rechazo para que las separen mediante software como se observa en la Figura 2. En cada función se puede definir hasta tres grupos de botellas conocidas, todas las botellas que no coincidan en alguno de los grupos definidos se clasifican como “descarte” (Montero, 2019).

#### Figura 2

*Software incorporado en la maquina clasificadora de botellas*



Fuente: Gutiérrez (2017)

Estas maquinarias poseen un terminal de operación y visualización de 12” sensible al tacto, lo cual ofrece una operación amigable e intuitiva y permite acceso a los datos estadísticos de producción. Desde la terminal de operación se puede realizar los ajustes de todos los parámetros de inspección y del descarte. El número de recetas que se puede programar es ilimitado. Algunos modelos también cuentan con una opción de autoaprendizaje lo cual ayuda a facilitar la creación de una nueva receta ante la incorporación de nuevas botellas, haciéndolas las más fáciles de utilizar (López F., 2018).

La máquina es diseñada para permitir un rápido montaje y un sencillo acceso para las acciones de mantenimiento. Su regulación en altura le permite instalarse sin problemas

en prácticamente cualquier tipo de línea. La maquinaria realiza el seguimiento de las botellas y entrega una señal al sistema de desvío para así poder separarlos acorde a su clasificación. Hasta tres salidas físicas se pueden hacer corresponder con sistemas de desvío. También utilizan iluminadores LED de alto rendimiento y gran vida útil, lo cual garantiza la calidad de la inspección a lo largo del tiempo con mínimo mantenimiento (Isidro, 2018).

Como aspectos destacados de este tipo de maquinarias se tiene lo siguiente:

- Muy fácil de utilizar
- Muy fácil de ajustar
- Muy fácil de incorporar nuevas opciones de clasificación
- Muy fácil de instalar

#### **2.4.5. Componentes de la maquinaria**

##### *2.4.5.1. Fabricación de metal*

La fabricación de metales es la construcción de estructuras metálicas mediante procesos de corte, plegado y ensamblaje. El corte se realiza aserrando, cizallando o cincelando. El doblado se realiza martillando (manual o motorizado) o mediante plegadora y herramientas similares. Los fabricantes de metal modernos utilizan la prensa plegadora para acuñar o doblar con aire la hoja de metal para darle forma.

El ensamblaje (unión de las piezas) se realiza mediante soldadura, encuadernación con adhesivos, remaches, cierres roscados, o incluso sin doblar en forma de costura ondulada (Gudmundsson, 2007). Según Callister (1994), las técnicas de fabricación de metales son los métodos mediante los cuales los metales y las aleaciones se forman o fabrican en productos útiles. Son aleaciones con las características deseadas. Las clasificaciones de las técnicas de fabricación incluyen varios métodos de formación de metales que son fundición, pulvimetalurgia, soldadura y mecanizado; a menudo se deben usar dos o más de ellos antes de terminar una pieza. La fabricación de la máquina se realiza, por lo general, según la especificación de los dibujos de ingeniería. Las materias primas utilizadas por los fabricantes de metales son placas de metal, metal formado, metal expandido, alambre de soldadura o fundición de varillas de soldadura (Rajput, 2008).

#### 2.4.5.2. *Dibujo de ingeniería*

Un dibujo de ingeniería es un tipo de dibujo que es de naturaleza técnica, que se utiliza para definir completa y claramente los requisitos para los elementos de ingeniería, y generalmente se corrige de acuerdo con las convenciones estandarizadas para el diseño, nomenclatura, interpretación, apariencia (como tipos de letra y estilos de línea), tamaño, etc. (Morakinyo, 2012).

#### 2.4.5.3. *Fuente de materia prima*

Cuando se realizó el dibujo de ingeniería de la máquina de procesamiento de vidrio de desecho, los materiales para la fabricación se pueden comprar utilizando las materias primas estándar, como alambre de soldadura, material cuadrado, placa de metal, etc.

#### 2.4.5.4. *Mecanizado*

Las herramientas para mecanizar incluyen; tornos de metal, molinos, taladros de base magnética junto con otras herramientas portátiles de fabricación de metales. Los tres procesos de mecanizado principales son recorte, taladrado y fresado. Otras operaciones se clasifican en diversas como dar forma, planificar, taladrar, aserrar, etc. (Morakinyo, 2012).

#### 2.4.5.5. *Formando*

La formación es un proceso de deformación del material. El conformado se aplica típicamente a los metales. Para definir el proceso, se forma una pieza de materia prima aplicando fuerza a un objeto. La fuerza debe ser lo suficientemente grande para cambiar la forma del objeto de su forma inicial. El proceso de formación se puede controlar con el uso de herramientas, y la maquinaria también se puede utilizar para regular la magnitud y la dirección de la fuerza (Binggeli, 2003). Las operaciones de conformado son en las que la forma de una pieza de metal cambia por deformación plástica, por ejemplo, la forja, el laminado, la extrusión y el estirado son técnicas de conformado comunes (Callister, 1994).

#### 2.4.5.6. *Soldadura*

Según Khurmi (2000), la soldadura es un proceso de unir dos o más piezas metálicas. Se hace calentando las superficies, para conectarlas a alta temperatura y luego añadiendo metal fundido adicional, que lo fusiona y combina las dos superficies. El metal fundido o fundido se deposita entre las partes metálicas principales, que también se

fusionan a una profundidad específica. Cuando el metal fundido depositado se enfría, las partes metálicas originales se unen mediante este nuevo metal. Se utilizan varios métodos para el proceso de fusión, pero los más utilizados son la soldadura con gas oxiacetileno y la soldadura por arco eléctrico. Las uniones soldadas han demostrado ser tan confiables que están reemplazando las uniones remachadas en uniones estructurales y de máquinas.

Aunque hay muchos tipos de uniones soldadas, los siguientes tres tipos son importantes desde el punto de vista del tema: junta de soldadura a tope, junta de soldadura de filete y junta de soldadura de tapón o ranura. La junta de soldadura a tope es una junta, en la que los bordes de los dos miembros se tocan (es decir, se tocan) entre sí, los dos miembros se unen mediante soldadura. La junta de soldadura de filete es una junta, en la que los dos miembros se superponen o se encuentran entre sí a aproximadamente  $90^\circ$  y los dos miembros se unen mediante soldadura. Se utiliza para juntas superpuestas y juntas de esquina. Mientras, el tapón o la unión soldada de la ranura. Se utilizan para juntas superpuestas y juntas de esquina. Mientras, el tapón o la unión soldada de la ranura se utilizan para juntas superpuestas y juntas de esquina. Mientras, el tapón o la unión soldada por ranura se realizan creando un agujero circular, y se proporciona una soldadura de filete a lo largo de la circunferencia del agujero.

La soldadura es el foco principal de la fabricación de acero; las piezas formadas y mecanizadas se ensamblan y sueldan en su lugar y luego se vuelve a verificar su precisión. El soldador siempre soldará de acuerdo con el dibujo de ingeniería (Boothroyd, 2005). La metalurgia de soldadura se ocupa esencialmente de la interacción de diferentes metales, así como de las interacciones de los metales con gases y otra variedad de productos químicos. Los prerequisites de la soldadura son principalmente el suministro de energía para inducir la unión, la eliminación de contaminantes superficiales de las superficies a unir, la protección contra la contaminación atmosférica y el control de la metalurgia física de la soldadura (Umar, 2000).

#### 2.4.5.7. *Motor eléctrico*

Según Young (2008), en un motor eléctrico, un par magnético actúa sobre un conductor portador de corriente; una energía eléctrica se convierte en energía mecánica. La parte móvil del motor es el rotor; un trozo de alambre formado en un bucle de extremo

abierto y libre para girar alrededor de un eje. Los extremos de los cables del rotor están unidos a segmentos conductores circulares que forman un conmutador. Cada uno de los dos segmentos del conmutador hace contacto con uno de los terminales, o escobillas, de un circuito externo que incluye una fuente de fuerza electromotriz, porque un motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica o en trabajo, requiere entrada de energía eléctrica. Duncan (2012) opinó que un motor de corriente continua consiste en una bobina en un eje que lleva una corriente continua en un campo magnético. La bobina experimenta un par como en un galvanómetro de bobina móvil, lo que hace que gire. El motor de corriente continua se puede utilizar con corriente alterna si el rotor y las bobinas de campo están en serie. Luego, la corriente se invierte simultáneamente en cada uno y continúa la rotación en la misma dirección.

#### 2.4.5.8. *Procesos de producción y fabricación de máquina*

La máquina está compuesta por piezas de diferentes materiales y mediante diversos procesos de fabricación. Algunas partes están hechas de metales; algunos están forjados, mientras que otros se producen mecanizando en diferentes tipos de máquinas herramienta. El proceso de forja y fundición implica el mecanizado antes de que adquieran la forma adecuada, las dimensiones exactas y el acabado de la superficie. Los procesos de forjado son extremadamente importantes en la industria de la construcción de maquinaria. No hay máquina, ya sea simple o complicada, que no se construya sin el uso de forja. Se calcula que, en la Unión Soviética, del 20 al 20 por ciento de todos los metales producidos son sometidos a forja y estampación. La forja y estampación con martillo está particularmente extendida en las industrias de tractores, locomotoras, construcción, automóviles, construcción naval y otras.

Los siguientes son consideración al diseñar y fabricar una máquina; cojinete, eje, correa, polea, tolva y bastidor de la máquina.

#### 2.4.5.9. *Cojinetes*

Los cojinetes como observamos en la figura 3 son dispositivos mecánicos para disminuir las fricciones en una máquina en la que una parte móvil se balancea o rueda mientras ejerce fuerza sobre otra parte. El cojinete también puede ser una máquina que permite que los miembros conectados giren o se muevan en línea recta entre sí. A menudo,

uno de los miembros está fijo y el cojinete actúa como soporte para el miembro móvil. Los cojinetes comunes se encuentran en el soporte rígido del eje giratorio, donde la fricción es mayor. El soporte es cargas transversales (radiales) o axiales (axiales). Las superficies de conexión en un rodamiento pueden estar separadas total o parcialmente por una película de líquido (generalmente aceite) o gas (Morakinyo, 2012).

### **Figura 3**

#### *Cojinetes*



Fuente: LOCTITE EROSION (2018)

#### *2.4.5.10. Eje*

Según Shigley (2004), el eje es un miembro giratorio, generalmente de sección transversal circular, que se utiliza para transmitir potencia o movimiento. Proporciona el eje de rotación u oscilación de elementos como engranajes, poleas, volantes, manivelas, ruedas dentadas y similares y controla la geometría de su movimiento ver figura 4. El diseño de un eje realmente comienza después de mucho trabajo preliminar. El diseño de la máquina en sí dictará que ciertos engranajes, poleas, cojinetes y otros elementos habrán sido al menos parcialmente analizado y su tamaño y espaciado se habrán determinado tentativamente. Un eje no solo soporta una parte giratoria, sino que también transmite par. Como resultado, el eje está sujeto a esfuerzos de torsión y flexión. Un eje puede fallar debido a la fatiga, que surge debido a; la presencia de sobrecargas cíclicas, concentración de tensiones, ajuste incorrecto del rodamiento.

Las propiedades deseables de los materiales para el eje son; suficiente alta resistencia, baja sensibilidad a la concentración de tensiones y capacidad para soportar el calor y el endurecimiento de la carcasa tratamiento para reducir los efectos de la concentración de tensiones y aumentar la resistencia al desgaste de las revistas. Los métodos habituales de fabricación de ejes son; laminado en frío, estirado en frío y torneado o rectificado de barras en bruto (Agarwal, 2007).

#### **Figura 4**

*Ejes*



Fuente: Miire (2008)

#### *2.4.5.11. Banda o correa de transmisión*

La correa se utiliza para la transmisión de potencia de un eje a otro como observamos en la figura 5. Hay cuatro tipos de cinturones; correa plana, correa trapezoidal, correa acanalada y correa dentada. Las características que se consideraron en la selección de la correa son la potencia a transmitir, la distancia entre ejes, la velocidad del conductor y los ejes impulsados, el espacio disponible, los requisitos de transmisión positiva de la ración de reducción y las condiciones de servicio (Morakinyo, 2012).

**Figura 5***Banda o correa de transmisión*

Fuente (Masmoto, 2012)

**2.4.5.12. Polea**

Nagpal (2002) y Morakinyo (2012) opinaron que las poleas están hechas de hierro fundido, acero prensado, acero soldado y madera en tamaños estándar. Las poleas de acero fundido son las más utilizadas en la transmisión de potencia. Según Morakinyo (2012), la polea es una rueda que lleva en su llanta cuerda, cuerda, cable, cadena o correa flexible. Se utilizan solos o combinados para transmitir energía y movimiento. La disposición de la correa y la polea se utiliza básicamente para transmitir potencia del eje al eje impulsado ver figura 6.

**Figura 6***Polea*

Fuente: López (2014)

#### 2.4.5.13. *Maquina selectora*

Una máquina clasificadora de vidrio clasifica ópticamente el vidrio de desecho de acuerdo con diferentes características de color irradiando el vidrio de desecho con luz roja, verde y azul a medida que el vidrio de desecho pasa a través de una región de detección entre una fuente de luz y sensores de luz que responden a los diferentes colores de luz como podemos visualizar en la figura 7.

La máquina analiza los niveles de atenuación para determinar las características de color del vidrio de desecho. Normalmente, se utiliza un colimador para mejorar la definición de sombras. En una realización, se hace un mapa de cuadrícula de píxeles de la región de detección y cada vidrio de vidrio que pasa a través de la región de detección. En cada cuadrícula se asigna una señal digital roja, verde y azul. Las señales atenuadas se comparan con los valores de línea de base para determinar la atenuación para el vidrio de desecho determinado.

El mapa de cuadrícula de píxeles se puede utilizar con una técnica de erosión de datos para compensar la refracción. Para reducir los errores asociados con las impurezas ópticas, la máquina normaliza los valores de línea base cuando el vidrio de desecho no está en la región de detección tomando la derivada de la señal detectada y normalizando la señal de línea de base cuando no hay vidrio de vidrio presente.

#### **Figura 7**

##### *Máquinas selectoras*



Fuente: Heuft-Dorenbosch (2012)

#### 2.4.5.14. *Sensores*

Los sensores como se muestra en la figura 8 son una parte integral de la vida moderna. Si está leyendo este artículo en una computadora, lo más probable es que esté usando un mouse, que contiene un sensor óptico. Si está en un teléfono inteligente, está utilizando sensores táctiles cada vez que toca la pantalla. Pero ¿qué es exactamente un sensor?

Un sensor es un dispositivo que mide la entrada física de su entorno y la convierte en datos que pueden ser interpretados por un humano o una máquina. La mayoría de los sensores son electrónicos (los datos se convierten en datos electrónicos), pero algunos son más simples, como un termómetro de vidrio, que presenta datos visuales. La gente usa sensores para medir la temperatura, medir la distancia, detectar humo, regular la presión y una miríada de otros usos.

Hay dos tipos de sensores electrónicos: analógicos y digitales. Los sensores analógicos convierten los datos físicos en una señal analógica. Los sensores analógicos son mucho más precisos que los sensores digitales, que se limitan a un conjunto finito de valores posibles.

Debido a que las señales analógicas son continuas, pueden representar el más mínimo cambio en la variable física (como la temperatura o la presión). Las señales digitales, aunque siguen la tendencia general de variación, están restringidas a datos fijos (unos y ceros).

Hay multitud de tipos de sensores. Solo en el automóvil promedio, hay docenas de diferentes tipos de sensores. Los sensores de presión de los neumáticos indican si un neumático está desinflado o necesita más aire. Los coches autónomos como el Tesla están equipados con sensores ultrasónicos que miden la distancia entre el vehículo y otros objetos de su entorno mediante ondas sonoras. Los sistemas de seguridad para el hogar utilizan sensores de movimiento, que detectan el movimiento de objetos principalmente más grandes. El sensor de movimiento más utilizado para la vigilancia del hogar se llama sistema infrarrojo pasivo (PIR), que detecta la radiación infrarroja en el entorno del sensor.

## Figura 8

### *Sensores*



Fuente: Omron Electronic Iberia (Omron Electronics Iberia, 2019)

#### 2.4.5.15. *Fotocélulas*

Básicamente, la fotocélula es un tipo de resistencia que se puede usar para cambiar su valor resistivo en función de la intensidad de la luz ver figura 9. Estos son económicos, fáciles de obtener en numerosos tamaños y especificaciones. Cada sensor de fotocélula funcionará de manera diferente en comparación con otros módulos, incluso si pertenecen a la misma familia. En realidad, los cambios en esto pueden ser más altos, grandes, etc. Por estas razones, no se pueden usar para decidir los niveles de luz exactos dentro de mil candelas de otro modo lux. Este artículo analiza una descripción general de la fotocélula que incluye el funcionamiento, el diagrama de circuito, los tipos y sus aplicaciones.

Una fotocélula se puede definir como; es un módulo sensible a la luz. Esto se puede utilizar conectándolo a un circuito eléctrico o electrónico en una amplia gama de aplicaciones, como la iluminación del atardecer al amanecer que se enciende mecánicamente cuando la intensidad de la luz es baja. Estos también se utilizan en otras aplicaciones como alarmas de intrusión y también puertas automáticas.

La fotocélula es un tipo de sensor que se puede utilizar para permitirle percibir la luz. Las principales características de la fotocélula incluyen que son muy pequeñas, de bajo consumo, económicas y muy sencillas de usar. Por estas razones, estos se utilizan con frecuencia en aparatos, juguetes y electrodomésticos. Estos sensores se denominan

frecuentemente células de sulfuro de cadmio (CdS). Estos están compuestos por fotorresistencias y LDR.

Estos sensores son aptos para aplicaciones sensibles a la luz, como la luz, de lo contrario, se oscurece. Si la luz del bloque está delante del sensor, si hay algo que interrumpe una luz láser, sensores que tienen la mayor parte de la luz incidiendo.

La construcción de una Fotocélula se puede realizar mediante un tubo de vidrio al vacío que incluye dos electrodos como colector y emisor. La forma del terminal emisor puede adoptar la forma de un cilindro semihueco. Siempre está dispuesto en un potencial negativo. La forma del terminal del colector puede adoptar la forma de un metal que puede disponerse en el eje del emisor parcialmente cilíndrico. Esto se puede mantener constantemente en una terminal positiva. El tubo de vidrio evacuado se puede fijar sobre una base no metálica y se ofrecen clavijas en la base para la conexión exterior.

El principio de funcionamiento de una fotocélula puede depender de la aparición de resistencia eléctrica y del efecto fotoeléctrico. Esto se puede utilizar para convertir la energía luminosa en energía eléctrica. Cuando el terminal del emisor está conectado al terminal negativo (-ve) y el terminal del colector está conectado al terminal positivo (+ ve) de una batería. La frecuencia de radiación será mayor que la frecuencia umbral del material en el emisor, y luego se producirá una emisión de fototoneladas. Los electrones fotónicos están involucrados en la dirección del colector. Aquí el terminal del colector es el terminal positivo con respecto al terminal del emisor. Por lo tanto, el flujo de corriente estará allí dentro del circuito. Si aumenta la intensidad de la radiación, aumentará la corriente fotoeléctrica.

## Figura 9

### *Fotocélulas*



Fuente: Omron Electronic Iberia (Omron Electronics Iberia, 2019)

#### 2.4.5.16. *Paradas de emergencia*

Una parada de emergencia se define como un interruptor o circuito de control a prueba de fallas que, cuando se desenergiza, detendrá el funcionamiento del equipo asociado y apagará todos los peligros potenciales fuera del gabinete de energía principal como se puede observar en la figura 10. Las paradas de emergencia, o "paradas de emergencia", son un tipo especial de dispositivo piloto que realiza la operación de parada de emergencia en una máquina o sistema eléctrico. Las paradas de emergencia se diferencian de un botón de "apagado" típico en que deben pasar una rigurosa línea de pruebas y cumplir con una larga lista de especificaciones.

Los dispositivos de parada de emergencia se pueden encontrar en cualquier industria, y realmente nos referimos a cualquier lugar: fabricación industrial, industrias comerciales e incluso instalaciones públicas. No solo son importantes para la seguridad de la maquinaria y las personas en un entorno industrial, sino que también a menudo se requiere que estén presentes, generalmente dentro del campo visual de los trabajadores. Además, pueden ser necesarias varias paradas de emergencia para controlar una sola máquina, ya que comúnmente se requiere que se monten cada 6 pies a lo largo de una línea de producción. Algunas de las muchas industrias con necesidades de parada de emergencia:

- Manejo de materiales: embalaje, mudanza,
- Minería / extracción, refinación, procesamiento de petróleo y gas

- Envasado, distribución de alimentos y bebidas
- HVAC (R) • Agua / aguas residuales
- Fabricación: automoción / equipo pesado, marina / aviación, vidrio y plásticos
- Metales: minería, refinación, procesamiento, conformado
- Aplicaciones comerciales
- Parque de diversiones

Las paradas de emergencia están disponibles en muchas formas y tamaños según su funcionalidad y aplicación. Tanto las normas IEC como NEMA dictan algunos de los requisitos para las paradas de emergencia. Además, muchos mercados e industrias tienen sus propias especificaciones aceptadas por la industria, que pueden requerir el cumplimiento de requisitos más específicos.

### **Figura 10**

#### *Paradas de emergencia*



Fuente: Página Oficial de Pepperl+Fuchs (2015)

#### *2.4.5.17. Pistones electroneumáticos*

Muchas aplicaciones industriales requieren movimiento lineal durante su secuencia operativa. Una de las formas más simples y rentables de lograr esto es con un actuador neumático, a menudo denominado cilindro de aire ver figura 11. Un actuador es un dispositivo que traduce una fuente de energía estática en un movimiento de salida útil. También se puede utilizar para aplicar una fuerza. Los actuadores suelen ser dispositivos

mecánicos que toman energía y la convierten en algún tipo de movimiento. Ese movimiento puede ser de cualquier forma, como bloqueo, sujeción o expulsión.

Los actuadores neumáticos son dispositivos mecánicos que utilizan aire comprimido que actúa sobre un pistón dentro de un cilindro para mover una carga a lo largo de una trayectoria lineal. A diferencia de sus alternativas hidráulicas, el fluido operativo en un actuador neumático es simplemente aire, por lo que las fugas no gotean ni contaminan las áreas circundantes. Hay muchos estilos de actuadores neumáticos, incluidos cilindros de diafragma, cilindros sin vástago, cilindros telescópicos y cilindros de vástago pasante.

El estilo más popular de actuador neumático consiste en un pistón y una varilla que se mueven dentro de un cilindro cerrado. Este estilo de actuador se puede subdividir en dos tipos según el principio de funcionamiento: acción simple y acción doble.

Los cilindros de acción simple usan un puerto de aire para permitir que el aire comprimido ingrese al cilindro para mover el pistón a la posición deseada, así como un resorte interno para regresar el pistón a la posición "inicial" cuando se quita la presión de aire. Los cilindros de doble acción tienen un puerto de aire en cada extremo y mueven el pistón hacia adelante y hacia atrás alternando el puerto que recibe el aire a alta presión.

En una aplicación típica, el cuerpo del actuador está conectado a un marco de soporte y el extremo de la varilla está conectado a un elemento de la máquina que se va a mover. Se utiliza una válvula de control on-off para dirigir el aire comprimido al puerto extendido mientras se abre el puerto de retracción a la atmósfera. La diferencia de presión en los dos lados del pistón da como resultado una fuerza igual a la diferencia de presión multiplicada por el área de la superficie del pistón.

Si la carga conectada a la varilla es menor que la fuerza resultante, el pistón y la varilla se extenderán y moverán el elemento de la máquina. Si se invierten las válvulas y el flujo de aire comprimido, el conjunto se retraerá a la posición "inicial".

Los actuadores neumáticos están en el extremo de trabajo de un sistema de potencia de fluido. Aguas arriba de estas unidades, que producen el trabajo visible de mover una carga, se encuentran compresores, filtros, reguladores de presión, lubricadores, válvulas de

control on-off y controles de flujo. La conexión de todos estos componentes es una red de tuberías o tuberías (rígidas o flexibles) y accesorios.

Los requisitos de presión y flujo de los actuadores en un sistema deben tenerse en cuenta al seleccionar estos componentes del sistema aguas arriba para garantizar el rendimiento deseado. Los componentes aguas arriba de tamaño insuficiente pueden hacer que un actuador neumático funcione mal, o incluso que no pueda mover su carga en absoluto.

### **Figura 11**

#### *Pistones*



Fuente: Sidex (2018)

#### *2.4.5.18. Caja reductora con engranajes*

Una caja de cambios industrial es un sistema en el que la energía mecánica se transfiere de un dispositivo a otro y se utiliza para aumentar el par y reducir la velocidad como vemos en la figura 12. Las cajas de cambios pueden modificar su velocidad, para convertir la energía en un formato compatible. Son útiles para facilitar el funcionamiento mecánico en las industrias.

**Figura 12***Caja reductora*

Fuente: Elaboración propia

Cajas de engranajes helicoidales, Línea helicoidal coaxial, Cajas de engranajes helicoidales cónicos, Cajas de engranajes helicoidales de bisel oblicuo, Cajas de engranajes de reducción helicoidal, Cajas de engranajes planetarios son algunas de las cajas de engranajes estándar utilizadas en las industrias.

Las industrias a gran escala donde las cajas de engranajes se utilizan ampliamente son:

**a) Industria del papel**

Para el buen funcionamiento de las máquinas en la industria del papel se utilizan cajas de engranajes de aleaciones de aluminio, acero y hierro fundido.

**b) Industria del cemento**

Las cajas de cambios que llevan un par elevado encuentran su necesidad en este campo. La caja de engranajes helicoidales cónicos y el eje paralelo se utilizan para funcionalidades como aumento de motor, reducción de velocidad, etc.

**c) Industria azucarera**

Es una de las industrias más grandes con una gran variedad de máquinas que utilizan cajas de engranajes como planetarias, helicoidales, etc.

#### **d) Industria metalúrgica**

En la industria del acero intervienen máquinas pesadas y resistentes. Se utilizan engranajes planetarios, de piñón y otros tipos.

##### *2.4.5.19. Cadenas*

La cadena de rodillos o la cadena de rodillos de casquillo es el tipo de transmisión por cadena más comúnmente utilizado para la transmisión de energía mecánica en muchos tipos de maquinaria doméstica, industrial y agrícola, incluidos transportadores, máquinas trefiladoras de alambre y tubos, prensas de impresión, automóviles, motocicletas y bicicletas ver figura 13.

#### **Figura 13**

##### *Cadenas industriales*



Fuente: Elaboración propia

##### *2.4.5.20. Bandas*

Es un elemento mecánico muy flexible utilizado para transmitir potencia cuando existen poleas unidas a flechas o ejes como observamos en la figura 14. Su apariencia es la de una línea unida extremo con extremo, con una sección transversal que varía según sea su tipo.

**Figura 14**

*Banda transportadora*



Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

### **3.1. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a las interrogantes, el diseño es experimental, esta se utiliza cuando el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención (Sánchez, Reyes, & Mejía, 2018).

La importancia de utilizar un adecuado diseñado experimental en la investigación científica ha sido señalada por números investigadores. Permite identificar la causa de un efecto dentro de un estudio experimental. En este diseño se identifican y manipulan el efecto de cada variable.

### **3.2. Tipo de investigación**

Se aplica el tipo de investigación descriptiva y experimental donde trata de lo a continuación se detalla:

Descriptiva: es uno de los tipos usando en las investigaciones que tiene como objetivo la evaluación de las características de una población o situación en particular. El objetivo es describir el comportamiento o estado de un numero de variables (Arias, 2012).

La descripción implica en la observación sistemática del objetivo de estudio y catalogar la información que es observada para que pueda usarse y replicarse por otros, con el objetivo de ir obteniendo datos precisos que puedan aplicar en promedios y cálculos estadísticos que reflejan.

Exploratoria: este tipo de investigación sirve para incrementar el conocimiento sobre una temática poco conocida o estudiada. El objetivo de la investigación exploratoria es establecer una visión general sobre el tema, incrementar la familiaridad con la temática estudiada ye establecer las bases para una investigación profunda (Alonso, 2016).

### **3.3. Enfoque de la investigación**

De acuerdo a los métodos seleccionados, el enfoque investigativo se centra en el tipo de información obtener en este caso sería:

El enfoque cualitativo: Se utiliza para recopilar, comparar e interpretar información. Se enfoca en las cualidades de las cosas, nutriéndose de distintas técnicas y métodos de investigación documental y de campo como entrevista, registros y la observación directa. Uno de sus objetivos es indagar de manera más profunda en lo conceptos que tiene los objetos estudiados (Manzanares, Rivera, & Rodríguez, 2019). Este enfoque permite ahondar en el proceso investigativo el cual permitirá determinar a detalles teóricos, como la búsqueda de libros, autores de procesos lo que ocurriendo en la práctica y donde se produce la forma cualitativa para tener un vistazo global de los procesos de sus resultados de eficiencia.

Enfoque cuantitativo: Esta se orienta a cuantificar o evaluar la cantidad o dimensión del objeto de estudio. Utiliza matemáticas y estadísticas como parte central de los procesos de análisis y suele incorporar diversas herramientas informáticas y digitales (Rodríguez, 2020). Permite conocer y realizar revisiones numéricas y promedios de tiempos para determinar la clasificación de botellas de vidrios.

### **3.4. Métodos e técnicas de investigación**

Deductivo e inductivo: el método deductivo busca dar respuesta a las preguntas significativas, así como realizar predicciones. La ciencia trata de dar solución a los integrantes, a los problemas planteados. Las leyes y las teorías diferentes en un grado de explicatividad, en su capacidad para dar repuestas a los problemas planteados: como la profundidad, precisión, número de sustentos de las teorías (Paredes, 2019).

El método inductivo se empela en un procedimiento en el que, comenzado por los datos, se acaba llegando a la teoría. Por lo tanto, se asciende de lo particular a lo general; este comienza con la observación de los hechos, siguen con la formulación de leyes universales acerca de hechos por inferencia inductiva, y finalmente llegan de nuevo por medio de la inducción a las teorías (Prieto, 2018).

Analítico/ sintético: este consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. Este método permite explicar, hacer analogías, comprender mejor el comportamiento y establecer nuevas teorías (Andrade, Cano, Cortes, & Romero, 2019). El método sintético es un proceso de razonamiento que tiene a reconstruir un todo, a partir de elementos distinguidos por el análisis, esta trata en consecuencia de hacer una explosión metódica y breve.

Instrumento a utilizarse para recopilar información cualitativa son la entrevista realizada al Gerente para conocer el nivel de producción y la situación actual de la organización.

### **3.5. Diseño del sistema selector de botellas de vidrios**

El tipo de diseño seleccionado se utiliza de acuerdo con el tipo de botella que comercialmente se denomina "personal", sus características y la eficiencia y capacidad requeridas. Para obtener un buen diseño de alto rendimiento que pueda cumplir con las metas establecidas, es necesario seleccionar botellas en mal estado para evitar que se vendan en el mercado, ya que, si no se evitan, causarán graves inconvenientes.

Para realizar el diseño del Sistema se dimensionará la altura del modelo por la cual se toma en cuenta de forma estándar una altura determinada del trabajador, de acuerdo a esos parámetros se establece que:

\*Altura promedio de un trabajador: 1,65

Por tal razón la clasificadora de botellas será entre 80cm a 95cm desde la base en el piso hasta la parte superior de la banda transformadora.

La máquina consta de 3 fases esenciales para su funcionamiento que son el sistema de bandas transportadoras, el sistema posicionador de botellas de vidrio y el sistema clasificador de botellas de vidrio. La primera fase consta del sistema de bandas transportadoras la máquina debido a sus características y función se aplicará un sistema de entrada y otro de salida, mismas que serán accionadas por los moto reductores implementados en cada una de las bandas, cabe mencionar que el sistema de salida está conformado por dos bandas, la primera banda es para guiar las botellas de vidrio aprobadas

por el sensor, las cuales no tienen ningún problema en su fisionomía siendo apto para seguir con el proceso de producción de la empresa objeto de estudio, por otro lado la segunda banda en el sistema de salida se encuentra contigua a la primera, su función consiste en receptar aquellas botellas que el sensor ha identificado algún desperfecto en su composición, sean fisuras, mal formaciones entre otros aspectos, las cuales serán transportadas hacia el proceso de reciclaje como se observa en la figura 15.

### Figura 15

*Medidas de la maquina*

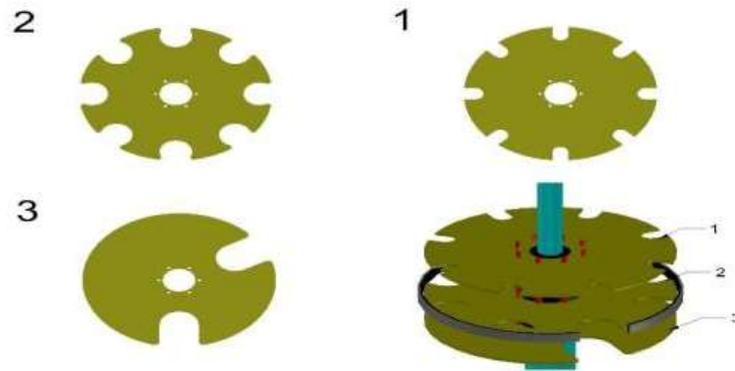


Fuente: Elaboración propia

Posterior al sistema de entrada de la banda transportadora las botellas deberán ingresar a la siguiente fase de la maquina propuesta, la cual consiste en el sistema posicionador de botellas de vidrio, este sistema está formado por 3 discos o platos cuya función principal es receptar un total de ocho botellas y permitirle el paso hacia las bandas transportadoras en la salida del sistema en general, donde previamente cada una de las 8 botellas pasaran por el sensor a fin de que su fisionomía sea analizada y determinar si está en buenas condiciones o no. El sistema posicionador de botellas de vidrio se basa en los principios de mecanismo o cruz de Ginebra, este mecanismo está comúnmente presente en automatizaciones, transmisiones mecánicas, transmisiones variables continuas, especialmente cuando se trata de transmitir fuerzas y momentos altos, siendo útiles con los engranajes.

## Figura 16

### *Despiece de platos selectores de botella*

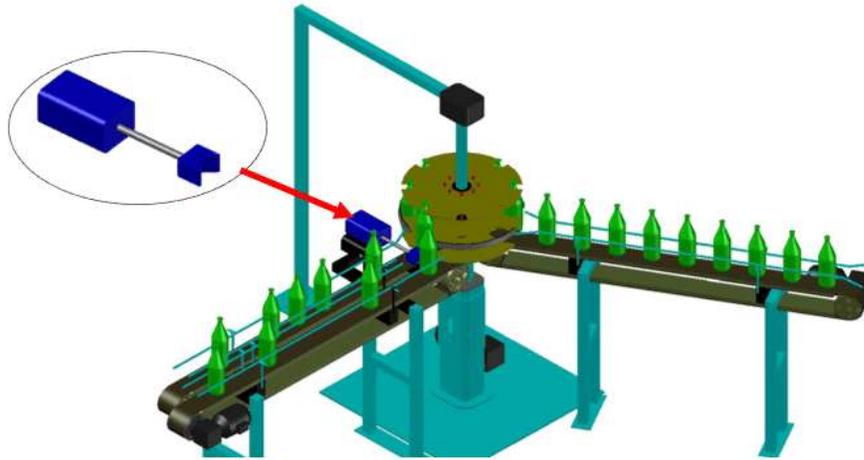


Fuente: Elaboración propia

La fase final de la máquina, consiste en la clasificación de las botellas de vidrio como ya se ha mencionado el elemento principal para la detección de parámetros para la calificación de estas, es el sensor ubicado en el sistema posicionador y el medio a usar para ejecutar la calificación será un cilindro neumático mismo que estará situado a costado de las bandas transportadoras de salida, esto sucederá al momento que el sensor identifique las botellas con ciertas imperfecciones, dichos datos serán enviados al sistema clasificador y este accionará el cilindro neumático para separar las botellas con imperfecciones desplazándolas hacia la banda con destino al proceso de reciclaje, tal como se observa en la figura 17.

**Figura 17**

*Sistema clasificador de botellas de vidrio por cilindro hidráulico*



Fuente: Elaboración propia

En cada una de las fases mencionadas se implementaron equipos para el debido funcionamiento de la máquina clasificadora de botellas tales como, moto reductores, sistemas de transmisión, mecanismo de ginebra, cilindros neumáticos entre otros componentes que deben seleccionarse de acuerdo a su capacidad y a lo que la empresa tiene como meta, para esto fue necesario realizar los respectivos cálculos establecer la capacidad de cada elemento usado para el diseño de la máquina.

### **3.6. Fase 1: Sistema de bandas transportadoras**

#### **3.6.1. Parámetros del diseño de la banda transportadora**

Para conocer con exactitud las necesidades que debía cumplir la máquina clasificadora, los propietarios del negocio proporcionaron ciertos detalles de la operación de la máquina, como velocidad de clasificación, peso que va a soportar la máquina, condiciones ambientales, etc.

Las especificaciones más importantes para el diseño son:

- La carga máxima para el diseño de la estructura es de 320 kg, ya que se va a suponer que un futuro ingrese otro tipo de contenidos a la maquina variando su peso.
- La capacidad de clasificación requerida es de aproximadamente 320 kg/hora.

### 3.6.2. Selección de materiales

Partiendo del diseño de la base o estructura de la maquina selectora de botellas, se elegirá la banda transportadora, lo principal característica de dicha banda es que la fricción y peso generado durante el traslado de la botella sea estable soportando el movimiento, por lo cual la banda se detalla se detalla con las siguientes características.

Entre los principales criterios de selección se detalla lo siguiente:

- El acabado de la cinta o banda transportadora debe ser liso, permitiendo el fácil desplazamiento de las botellas de vidrio.
- La banda debe ajustarse a los requerimientos y normas dependiendo de su aplicación, que para este caso es de grado alimenticio.
- Debe ser resistente al desgaste, humedad y álcalis.

#### 3.6.2.1. Determinación del ancho de la banda

**Tabla 5**

*Detalles técnicos y capacidad de la banda*

Botella de vidrio	Peso (Kg)	Diámetro (mm)	Altura (mm)
Dimensiones	0.3	56	200
Cantidad de botellas en todo el ancho de la banda		1 botella	
Ancho de la banda (mm)		100	
Largo (mm)		2500	
Peso de la banda (Kg)		5	

Espesor (mm)

2.5

Elaboración propia

Para la selección de la banda se considera la figura 18, la cual describe varios de los requerimientos que se ajustan al tipo de actividad descrito en este trabajo. Debido a que se va a transportar botellas de vidrio, debe existir un grado de estabilidad para evitar que las botellas se caigan y posteriormente se de quiebren, para aquello debido a sus propiedades adherentes con el vidrio se seleccionó la banda de poliéster/PVC.

### Figura 18

*Características de la banda transportadora seleccionada*

MOD	MATERIAL DE BANDA	ESPESOR	ACABADO DE BANDA	TENSION	TEMP.
ALG-1	BANDA DE ALGODON	1 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	200 KG/IN	80°C
ALG-2	BANDA DE ALGODON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG /IN	100°C
ALG-3	BANDA DE ALGODON	3 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	750 KG/IN	120°C
ALG-4	BANDA DE ALGODON	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG /IN	140°C
ALG-6	BANDA DE ALGODON	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1250 KG/IN	180°C
POL-2	BANDA DE POLIESTER	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650 KG/IN	100°C
POL-4	BANDA DE POLIESTER	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	120°C
POL-6	BANDA DE POLIESTER	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1950 KG/IN	140°C
PS-1	BANDA DE POLIESTER/PVC	1.5 MM	BANDA ACABADO LISO	200 KG/IN	100°C
PS-2	BANDA DE POLIESTER/PVC	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	500 KG/IN	120°C
S-30	BANDA DE ALGODON/SILICON	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	800 KG/IN	230°C
FF	BANDA DE ALGODON/TELURON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	140°C
TECA	BANDA DE ALGODON-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
TECP	BANDA DE POLIESTER-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	130°C
FF	BANDA DE POLIESTER/HULE	2, 4, 6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650-1300-1950	100°C
MINX16	BANDA DE POLIESTER/HULE	3,5,5,7,5MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MINX08	BANDA DE POLIESTER/HULE	5, 7, 9 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C
MIN168	BANDA DE POLIESTER/HULE	8,5, 10,5 MM	LISO, MALLA, TELA, GRIP-TOP	650-1300-1950	100°C

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: Página Oficial de comercioindustrial.net (2021)

De acuerdo con las exigencias respecto a la resistencia hacia ciertos factores externos e internos que se suscitan durante el transporte de botellas de vidrio lo cual genera desgaste en la banda, la figura 19 presenta el tipo de resistencia requerido para la elección de la banda.

## Figura 19

### Resistencia y aplicaciones de la banda seleccionada

MOD	RESISTENCIA	APLICACIONES DE BANDAS TRANSPORTADORAS
ALG-1	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, TRANSPORTACION LIGERA
ALG-2	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, QUIMICA, LAVANDERIA Y TRANSPORTACION LIGERA
ALG-3	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA DE EMPAQUE Y HARINERA
ALG-4	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CIMENTERA, ACUMULADORES, TRANSMISION DE FUERZA
ALG-6	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	FUERZA
POL-2	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA, ACUMULADORES, QUIMICA, TRANSPORTE DE CARGA MEDIANA
POL-4	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CIMENTERA, Y TRANSPORTACION PESADA
POL-6	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CIMENTERA, TRANSPORTACION PESADA
PS-1	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
PS-2	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
S-230	ALCALIS, DESGASTE	TRANSPORTACION MEDIANA
TF	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SALIDA DE HORNO
TECA	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
TECP	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
FF	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX16	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX08	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MIN168	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA

BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS

Fuente: Página Oficial de [comercioindustrial.net](http://comercioindustrial.net) (2021)

La figura 20 presenta la banda a utilizar para la maquina propuesta cuya longitud de la banda transportadora es de 2500 mm antes de llegar a la sección clasificadora de las botellas, la banda transportadora es accionada por una fuerza mecánica el cual ingresa potencia y trabajo eléctrico es convertida a movimiento mecánico dándole velocidad a la banda.

**Figura 20**

*Banda transportadora a utilizar*



Fuente: Elaboración propia

#### *3.6.2.2. Selección y longitud de los rodillos*

Cabe mencionar que la longitud del rodillo es igual al ancho de la banda transportadora, pero para el presente caso, el ancho de la banda (100 mm) es muy pequeño en comparación a los rodillos estándar que se encuentra en el mercado, para aquello la longitud del rodillo será de 200 mm.

Por lo tanto, el espacio restante se utilizará para la aceptación de guías, mismas que impedirán la caída de alguna botella, dichas guías estarán ubicadas a 51 mm desde la superficie de la estructura banda, dejando un espacio de 1 mm entre las guías y las botellas. De acuerdo a lo mencionado, las dimensiones del rodillo estarán dentro del rango presentado en la figura 21, respetando la longitud de los 200 mm.

## Figura 21

### Parámetros de selección del diámetro del cilindro

**Versión de eje: Rosca interior**

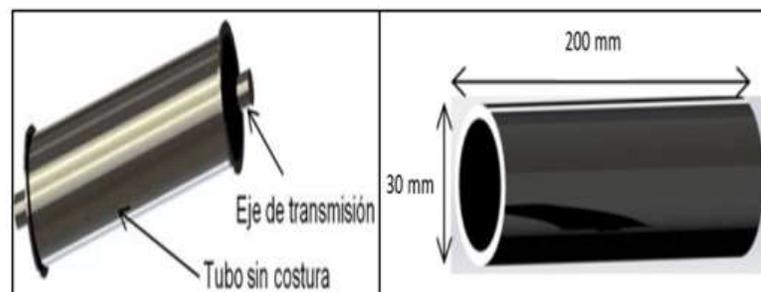
Tubo					Rodamiento de bolas	Eje Número de referencia Ø 8 mm (M5 x 12)
Material	Transmisión de par	Longitud del rodillo mm	Ø min. mm	Ø máx. mm		
Acero	Cabezal para correa redonda	150	23,4	31,4	689 2Z	3.52K.K21.EAK
		200	23,4	34,5	689 2Z	3.52K.K22.EAK
		250	23,4	37,7	689 2Z	3.52K.K23.EAK
		300	23,4	40,8	689 2Z	3.52K.K24.EAK
		350	23,4	43,9	689 2Z	3.52K.K25.EAK
		400	23,4	47,1	689 2Z	3.52K.K26.EAK
		450	23,4	50,2	689 2Z	3.52K.K27.EAK
		500	23,4	53,4	689 2Z	3.52K.K28.EAK

Fuente: Página Oficial de INTERROLL (2021)

En cuanto a los diámetros del cilindro, factor importante para la determinación de ciertos aspectos mecánicos de la máquina, tomando en consideración las dimensiones de la tabla A, se detalla las propiedades del motor, mismas que serán necesarias para los cálculos de fuerza. La figura 22 presenta las características esenciales del cilindro a utilizar.

## Figura 22

### Diseño del rodillo de la banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

La Figura 23, presenta las propiedades físicas de los cilindros de acero estándar, que se encuentran en el mercado, con dicha tabla se tiene a disposición e incluso determinar datos como:

- Peso del cilindro en Kg
- Diámetro exterior
- Diámetro interior
- Espesor
- Presión máxima

**Figura 23**

*Masa del rodillo seleccionado*

DIÁMETRO			PROPIEDADES				
INTERIOR	EXTERIOR (D)		ESPESOR (e)		PRESIÓN/PRUEBA		PESO
pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	kg/mts
1/2"	21,30	0,84	2,77	0,10	49	700	1,27
3/4"	26,70	1,05	2,87	0,11	49	700	1,68
1"	33,40	1,31	3,38	0,13	49	700	2,50
1 1/4"	42,20	1,66	3,56	0,14	91	1300	3,38
1 1/2"	48,30	1,90	3,68	0,14	91	1300	4,05
2"	60,30	2,37	3,91	0,15	176	2500	5,44
2 1/2"	73,00	2,87	5,16	0,20	176	2500	8,62
3"	88,90	3,50	5,49	0,21	176	2500	11,29
4"	114,30	4,50	6,02	0,23	155	2210	16,07
5"	141,30	5,56	6,55	0,25	137	1950	21,78
6"	168,30	6,62	7,11	0,28	125	1780	28,26
8"	219,10	8,62	8,18	0,32	110	1570	42,53
10"	273,00	10,75	9,27	0,36	101	1430	60,29
12"	323,80	12,75	10,31	0,40	94	1340	79,65
14"	355,60	14,00	11,13	0,43	92	1310	94,55

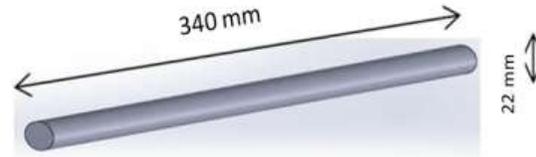
Fuente: Página Oficial de DIPAC (2021)

### 3.6.2.3. Eje de transmisión

Hecho de acero inoxidable la figura 24 presenta las dimensiones del eje de transmisión a utilizar.

## Figura 24

*Dimensiones del eje de transmisión*



Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3. Selección del motor

Luego de determinar los principales componentes para la funcionabilidad del sistema de transportador de botellas de vidrio se procede con la selección del motor, para aquello, en primer lugar, se deben establecer los parámetros de selección ya que, se quiere analizar entre la aplicación de un motor o un motor y reductor.

**Tabla 6**

*Parámetros de selección para el motor de la banda transportadora*

<b>Parámetros de selección</b>	<b>Motor</b>	<b>Motor y reductor</b>
Velocidades bajas	6	9
Eficiencia en transmisión de potencia	6	8
Facilidad de instalación	6	9
Facilidad de mantenimiento	8	8
Espacio de instalación	5	8
Costos bajos	7	6
<b>Ponderación total</b>	<b>38</b>	<b>48</b>

Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la ponderación presentados en la tabla 6, la mejor opción para el sistema de bandas es la aplicación de un motor con su respectivo reductor, ya que abarca en mayor magnitud los requerimientos para el funcionamiento de la máquina selectora de botellas de vidrio.

### 3.6.3.1. Potencia requerida

Uno de los parámetros para determinar la potencia es la capacidad máxima de transporte que es de 120 botellas ubicadas en una superficie de 2500 mm, con una masa total de 30 kg, además se debe ejercer una potencia que pueda hacer girar los cilindros ubicados. Para lo cual se aplicará la siguiente formula.

#### Ecuación 1

*Formula de la potencia*

$P = T \times \omega$	Donde:
	T: Torque
	$\omega$ : <i>Velocidad angular de rodillo</i>

Fuente: Shigley, Nisbett & Budynas (2019)

Por ende, es necesario determinar los valores del torque y la velocidad angular, valores que serán calculados a lo largo de la sección 3.5.3.1.

#### **Velocidad angular**

Para el cálculo de la velocidad angular de los rodillos, se tienen los siguientes datos:

Capacidad máxima de requerida: 320 kg/h

Masa de la botella de vidrio: 0.30 Kg

Para determinar el tiempo que se demora una botella en llegar de un extremo al otro, es necesario aplicar la siguiente formula:

**Ecuación 2**

*Tiempo traslado de la botella hasta la fase de posicionado*

$$t = \frac{\text{masa de la botella (Kg)}}{\text{capacidad maxima requerida } (\frac{Kg}{h})}$$

Fuente: Angos & Calpovilla (2013)

$$t = \frac{0.30 \text{ Kg}}{320 \text{ Kg/h}}$$

$$t = 9.375 \times 10^{-4} \text{ h}$$

Debido a que se requiere el tiempo en segundos se procede a transformar las horas obtenidas a segundos

$$t = 9.37 \times 10^{-4} \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$t = 3.37 \text{ seg}$$

Al obtener el tiempo de transporte por botella se puede determinar la velocidad de transporte de cada botella que es igual a la velocidad lineal con la que la banda trabaja, ya que se tiene un t de 3.37 segundos y la distancia a recorrer el cual corresponde a 2500 mm o 2.5 m.

**Ecuación 3**

*Velocidad de transporte*

$v = \frac{x}{t}$	Donde:
	x: Distancia recorrida
	t: <i>Tiempo de traslado</i>

Fuente: Beer, Johnston, Eisenberg & Sarubbi, (2010)

$$v = \frac{2.50 \text{ m}}{3.37 \text{ seg}}$$

$$v = 0.74 \text{ m/s}$$

Para el cálculo de la velocidad angular del rodillo, se aplica la siguiente formula

#### **Ecuación 4**

*Velocidad angular*

$\omega = \frac{v}{r}$	Donde:
	v: Velocidad de transporte
	r: <i>Radio del cilindro</i>

Fuente: Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica (Hibbeler, 2004)

Cabe mencionar que ambos datos ya se tienen a disposición por lo que el cálculo de la velocidad angular queda de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{0.74 \text{ m/s}}{0.0167 \text{ m}}$$

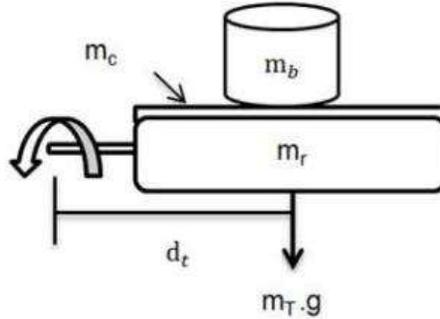
$$\omega = 44.31 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

#### **Fuerza de empuje**

La figura 25 describe todas las masas sobre la banda transportadora, ante esto es necesario calcular la masa total

**Figura 25**

*Diagrama de cuerpo libre del rodillo, banda y botella de vidrio*



Fuente: Elaboración propia

Donde:

Masa de las botellas:  $m_b = 30 \text{ kg}$

Masa de la cinta transportadora:  $m_c = 5 \text{ kg}$

Masa del rodillo:  $m_r = 2.50 \text{ kg/m} = 0.6 \text{ kg} \times 2 \text{ rodillos} = 1.26 \text{ kg}$

Masa del piñón:  $m_p = 0.8 \text{ kg}$

$$m_t = m_b + m_c + m_r + m_p$$

$$m_t = 30 + 5 + 1.26 + 0.8$$

$$m_t = 37.06 \text{ kg}$$

Al obtener la masa total se procede a calcular la fuerza de empuje de la banda, misma que se puede realizar mediante el cálculo de la siguiente fórmula.

**Ecuación 5***Fuerza de empuje*

$F = mt \times g$	Donde:
	mt: Masa total
	<i>g: Gravedad</i>

Fuente: Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica (Hibbeler, 2004)

$$F = 37.06 \text{ kg} \times 9.81 \text{ kg/s}^2$$

$$F = 363.55 \text{ N}$$

La fuerza de empuje requerida para ejercer movimiento al sistema de banda transportadora será de 363.55 N, partiendo de este dato es posible determinar aquellos datos restantes para determinar la potencia del sistema en mención y proceder con la selección del motor.

**Torque**

El momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia es determinado por el torque el cual se calcula de la siguiente manera

**Ecuación 6***Torque*

$T = F \times dt$	Donde:
	F: Fuerza de empuje
	<i>dt: Distancia del torque</i>

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

Donde la fuerza F se obtuvo a partir de la Ecuación 6 y la distancia del torque es la mitad de la longitud del eje de transmisión a usar en el rodillo presentado en la Figura 24

que en este caso es de 0.17 m, por lo que el torque requerido para mover el rodillo, la banda y las botellas es de:

$$T = 363.55 \text{ N} \times 0.17\text{m}$$

$$T = 61.80 \text{ Nm}$$

Por último, se aplica la Ecuación 1 para establecer la potencia requerida del motor para el correcto funcionamiento de la banda al momento de transportar las botellas.

$$P = T \times \omega$$

$$P = 61.80 \text{ Nm} \times 44.31 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 2738.57 \text{ Watts}$$

$$P = 2738.57 \text{ Watts}/746$$

$$P = 3.67 \text{ HP}$$

El resultado indica una potencia de 3.67 HP, es a partir de este valor que se procede a determinar la potencia corregida la cual depende del tipo de trabajo a realizar, la carga, las horas de trabajo entre otros aspectos a considerar.

### **Potencia de selección o potencia corregida (Ps)**

Para calcular la potencia de selección se debe multiplicar por un factor de servicio la cual viene dada de acuerdo a la figura 26.

## Figura 26

*Factor de servicio*

FACTORES DE SERVICIO				
TIPO DE MOTOR QUE ACCIONA EL REDUCTOR	HORAS / DIA	TIPO DE CARGA		
		UNIFORME	MEDIA	CON CHOQUES
MOTOR ELECTRICO ENTRADA CONSTANTE	2	0.9	1.1	1.5
	10	1.0	1.25	2.75
	24	1.25	1.50	2.00
MEDIANAMENTE IMPULSIVA	2	1.0	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00
	24	1.50	1.75	2.50

Fuente: Compañía levantina de reductores (2017)

Para la potencia corregida se requiere aplicar la Ecuación 7 donde la potencia P y el factor de seguridad  $F_s$  ya son conocidos.

### Ecuación 7

*Potencia corregida*

$P_s = P \times F_s$	Donde:
	P: Potencia
	$F_s$ : Factor de seguridad

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

$$P_s = 3.67 \text{ HP} \times 1.25$$

$$P_s = 4.6 \text{ HP} \cong 5 \text{ HP}$$

Se obtienen una potencia corregida de 4.6 HP, pese a que esta potencia no es estándar dentro de los motores en el mercado, la figura 27 presenta el motor que cumple con los resultados obtenidos, siendo este el que se encargará de ejercer el debido control de

velocidades, para este caso se seleccionó un motor de 5 HP, dado que se pretende incrementar la capacidad de la máquina a largo plazo lo que conlleva una mayor potencia a la que se obtuvo.

**Figura 27**

*Selección del motor para el sistema de banda transportadora*

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
1	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
1.5	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
2	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
3	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
5	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
	1200	208-230/460	213T	A7B10000012689	A7B10000048049
	900	208-230/460	213T	A7B10000048090	A7B10000048050
7.5	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
10	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
15	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
20	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032

Fuente: Página Oficial de WEG (2021)

### 3.6.3.2. Selección de la correa de transmisión.

Estos elementos tienen como función transmitir el movimiento rotacional del motor hacia los rodillos, los cuales son los encargados de mover la cinta transportadora.

#### **Criterios de selección:**

Los criterios de selección están basados de acuerdo con las condiciones de trabajo del módulo clasificador:

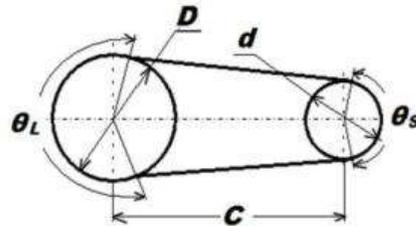
- Velocidad de transmisión baja.
- Distancia pequeña entre ejes de las poleas.
- Buena tolerancia a la desalineación.
- Costo bajo del elemento.
- Control de tensado bajo.

La longitud de correa se determina de acuerdo con la distancia entre ejes del rodillo y del motor. Se estima posicionar estos elementos a una distancia de 20cm, la misma que puede variar utilizando un sistema móvil entre poleas que a su vez ayude al tensado de la correa, dicha distancia se determina aplicando la ecuación 8.

Además, debido a que las revoluciones del motor son regulables la relación de transmisión será de uno a uno y no se requiere de cálculos ya que los diámetros de las poleas serán las mismas.

### Figura 28

*Distancia entre los ejes del rodillo y motor*



Fuente: Elaboración propia

**Ecuación 8***Potencia corregida*

$L = \sqrt{4C - (D - d)^2} + \frac{1}{2} (D\theta_L - d\theta_S)$	D: Diámetro de la polea mayor: 25 mm = 0.98 pulgadas
	d: Diámetro de la polea conducida: 25 mm = 0.98 pulgadas
	C: Distancia entre ejes de las poleas: 0.2 mm = 7,87 pulgadas
	$\theta$ : Ángulo de contacto

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

Para los ángulos de contacto es necesario determinar las ecuaciones necesarias para la longitud de la polea mayor y de la polea conducida, mismas que se presentan en la ecuación 9 y 10 respectivamente.

**Ecuación 9***Longitud de contacto de polea mayor*

$\theta_S = \pi - \text{Sen}^{-1} \frac{D - d}{2C}$	D: Diámetro de la polea mayor
	d: Diámetro de la polea conducida
	C: Distancia entre ejes de las poleas

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

**Ecuación 10***Longitud de contacto de polea conducida*

$\theta_L = \pi + \text{Sen}^{-1} \frac{D - d}{2C}$	D: Diámetro de la polea mayor
	d: Diámetro de la polea conducida
	C: Distancia entre ejes de las poleas

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

Al resolver las ecuaciones 8, 9 y 10 se obtiene como resultado que la longitud de la correa de transmisión será de aproximadamente 48 cm.

$$L = \sqrt{4(7.87)^2 - (0.98 - 0.98)^2} + \frac{1}{2} (0.98\theta_L - 0.98\theta_S)$$

$$\theta_S = \pi - \text{Sen}^{-1} \frac{0.98 - 0.98}{2(7.87)}$$

$$\theta_S = \pi$$

$$\theta_L = \pi + \text{Sen}^{-1} \frac{0.98 - 0.98}{2(7.87)}$$

$$\theta_L = \pi$$

$$L = \sqrt{4(7.87)^2 - (0.98 - 0.98)^2} + \frac{1}{2} (0.98\pi - 0.98\pi)$$

$$L = 18.81 \text{ pulgadas} = 47.7 \text{ cm} \cong 48 \text{ cm}$$

**3.7. Fase 2: Sistema posicionador de botellas de vidrio****3.7.1. Diseño del sistema posicionador de botellas de vidrio**

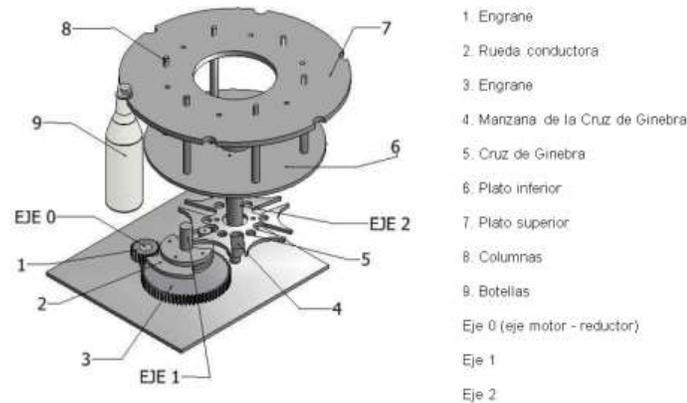
La base del sistema posicionador de envases es el mecanismo de ginebra conformada por la rueda conductora y la cruz de ginebra, encargado de controlar la velocidad de producción de la máquina y dividir los procesos de acuerdo con su número de pasos, este

sistema dispondrá de un motor mismo que generará la potencia requerida para el correcto funcionamiento de la máquina.

Este mecanismo consta de tiempo de reposo, ya que se trata de un mecanismo intermitente, además dispone de tiempos de movimiento que varían de acuerdo con el número de pasos de la cruz. El número de pasos seleccionado ( $k$ ) es de 8, lo que indica el número de ranuras que tendrá la cruz de Ginebra, a continuación, la figura 29 detalla el esquema del sistema propuesto.

### Figura 29

#### *Diseño del sistema posicionador de botellas*



Fuente: Elaboración propia

Respecto al análisis de tiempos, se entiendo como periodo ( $T$ ) al tiempo que tarda la rueda conductora en completar una revolución completa. Este mecanismo se comporta de acuerdo con las fórmulas a presentar, en función de la velocidad de la rueda conductora y el número de pasos de la cruz, que representan la velocidad de producción de la máquina ( $nrc = 80.21 \text{ RPM}$ ).

## Periodo de la cruz

### Ecuación 11

*Periodo del sistema posicionador de botellas*

$T = \frac{1}{ncr} \times 60$	Donde:
	<i>T</i> : Periodo
	<i>ncr</i> : Velocidad de producción de la máquina

Fuente: Diseño de máquina del mercado de barras corrugadas (Bada, 2016)

$$T = \frac{1}{80.21 \text{ RPM}} \times 60$$

$$T = 0.75 \text{ s}$$

La masa y la inercia de los componentes que conforman el sistema de posicionamiento de botellas de vidrio son presentadas en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Inercia y masas de los ejes a lo largo del eje 2*

ELEMENTO	MATERIAL	CANTIDAD	MASA (kg)	Ø (mm)	Ic (kg.mm <sup>2</sup> )	It (kg.mm <sup>2</sup> )	INERCIA TOTAL (kg.mm <sup>2</sup> )	MASA TOTAL (kg)
Plato Superior	Acero	1	1.70	0	31397.25	31397.25	31397.25	1.70
Plato Intermedio	Acero	1	1.53	0	27293.75	27293.75	27293.75	1.53
Plato Inferior	Acero	1	1.27	0	24362.58	24362.58	24362.58	1.27
Manzana plato Inferior	Acero	1	2.63	0	4339.61	4339.61	4339.61	2.63
Cruz de Ginebra	Acero	1	0.97	0	2423.27	2423.27	2423.27	0.97
Manzana Cruz	Acero	1	0.72	0	638.37	638.37	638.37	0.72
Eje 2	Acero	1	1.45	0	162.01	162.01	162.01	1.45

Columna	Acero	6	0.35	140	14.83	6874.83	41248.98	2.8
Botella	Vidrio	8	0.30	56	452.52	38477.52	192387.6	2.4
TOTAL							<b>299890.84</b>	<b>15.47</b>

*Nota: La masa e inercia de los elementos fueron calculadas mediante el software AutoCAD.*

**Donde:**

Ø: diámetro

Ic: inercia del cuerpo

It: inercia trasladada

Para obtener la inercia de trabajo (I) y la masa del sistema (M), se multiplicará toda la inercia del sistema y la masa total por un factor de carga ( $F_c = 1.5$ ) tomando en cuenta que algunos elementos no han sido considerados mientras que otros pueden incrementar su masa e inercia por motivos de construcción.

**Ecuación 12**

*Inercia de trabajo del sistema posicionador de botellas*

$I = F_c \sum I$	Donde:
	$F_c$ : Factor de carga
	$\sum I$ : Inercia total del sistema

Fuente: Transición del factor de carga para combinaciones por gravedad de NTC-2004 a NTC-2017 (Arroyo, y otros, 2018)

$$I = 1.5 \left( \frac{299890.84}{1000^2} \right) = 0.45 \text{ Kgm}^2$$

**Ecuación 13**

*Masa total del sistema posicionador de botellas*

$M = Fc \sum M$	Donde:
	$Fc$ : Factor de carga
	M: masa total del sistema

Fuente: Transición del factor de carga para combinaciones por gravedad de NTC-2004 a NTC-2017 (Arroyo, y otros, 2018)

$$M = 1.5 (15.47) = 23.20 \text{ Kg}$$

Se obtiene que la masa total y la inercia de todos los elementos correspondiente al sistema posicionador de botellas es de 23.20 kg y 0.45 kgm<sup>2</sup> respectivamente.

**Selección del motor en el sistema de posicionamiento de botellas de vidrio**

En primer lugar, se debe definir la inercia efectiva de los ejes, a fin de poder calcular la potencia requerida del motor para lo cual se aplica la Ecuación 14.

**Eje 2**

$I_2 =$  Inercia del eje 2

$$I_2 = 0.45 \text{ Kg m}^2$$

### Inercia efectiva del eje 2 ( $I_{e2}$ )

#### Ecuación 14

*Inercia efectiva del eje*

$I_{e2} = I_2 \left( \frac{\omega_2}{\omega_{motor}} \right)^2$	Donde
	$I_2 =$ Inercia del eje 2
	$\omega_2 =$ <i>Velocidad de producción de la máquina</i>
	$\omega_{motor} =$ Velocidad angular del motor

Fuente: Teoría de máquina (Avello, 2014)

$$I_{e2} = 0.45 \left( \frac{80.21}{340} \right)^2$$

$$I_{e2} = 0.03 \text{ kgm}^2$$

Cabe mencionar que la velocidad angular es la misma que las del sistema de banda a fin de mantener la sinergia entre cada sistema, por ende:

$$\omega_{motor} \text{ Sistema de bandas} = \omega_{motor} \text{ Sistema de posicionamiento}$$

$$\omega_{motor} = 44.31 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 80.21 \text{ RPM}$$

#### Eje 1

Se debe considerar que la velocidad angular del eje 2 es la misma que la del eje 1

$$\omega_2 = \omega_1$$

La tabla 8 detalla la inercia de los cuerpos que actúan sobre el eje 1

**Tabla 8***Inercia de cuerpos sobre el eje 1*

<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>MASA (Kg)</b>	<b>INERCIA (Kg.mm<sup>2</sup>)</b>
Eje 1	Acero	0,35	21,82
Engrane b	Acero	2,50	9039,96
Manzana Rueda Conductora	Acero	0,69	757,65
Rueda Conductora	Acero	1,31	2608,80
Manzana Engrane b	Acero	0,15	38,11
	<b>Sumatoria</b>	<b>5,00</b>	<b>12466,34</b>
	<b>FC</b>	1,50	1,50
	<b>TOTAL (II):</b>	<b>6,50</b>	<b>18699,51</b>

Elaboración propia

Para calcular la inercia de eje 1 se aplica la Ecuación 14, obteniendo como resultado una inercia de 0.02 kgm<sup>2</sup> considerando el factor de carga de 1.5.

$$I = 1.5 \left( \frac{12466.34}{1000^2} \right) = 0.02 \text{ Kg}m^2$$

**Inercia efectiva del eje 1 (I<sub>e1</sub>)**

La inercia efectiva del eje 1 (I<sub>e1</sub>) se calcula a fin de poder determinar la potencia requerida del motor para lo cual se aplica la Ecuación 16.

$$I_{e1} = I_1 \left( \frac{\omega_1}{\omega_{motor}} \right)^2$$

$$I_{e1} = 0.02 \left( \frac{80.21}{340} \right)^2$$

$$I_{e1} = 1.11 \times 10^{-3} \text{ kg } m^2$$

## Eje 0

En este caso se calcula la inercia del piñón ya que es el único componente presente en este eje, para aquello se asume este elemento como un disco, y tomando en consideración que la masa del piñón es de 0.8 kg.

### Ecuación 15

*Inercia del piñón*

$I_{\text{piñón}} = \frac{1}{2} m (r_{\text{ext}}^2 - r_{\text{int}}^2)$	Donde
	m = masa del piñón
	r int=Radio interno
	r ext= Radio externo

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley (Shigley, Nisbett, & Budynas, 2019)

$$I_{\text{piñón}} = \frac{1}{2} 0.8 (0.015_{\text{ext}}^2 - 0.011_{\text{int}}^2)$$

$$I_{\text{piñón}} = I_0 = 4.16 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

### Inercia efectiva del eje 0 ( $I_{e0}$ )

Nuevamente se aplica la Ecuación 16 para calcular inercia efectiva del piñón con el objetivo de poder determinar la potencia requerida del motor para lo cual se aplica la Ecuación 14.

$$I_{e0} = I_0 \left( \frac{\omega_0}{\omega_{\text{motor}}} \right)^2$$

$$I_{e0} = 4.16 \times 10^{-5} \left( \frac{80.21}{340} \right)^2$$

$$I_{e0} = 2.26 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$$

### Eje del motor

La inercia del reductor tiende a cero, de modo que no afecta en los cálculos. La inercia efectiva total es la suma de todas las inercias efectivas que se han calculado a lo largo de la sección 3.7.1.

$$I_e = \text{Inercia del motor}$$

$$I_e = I_{e2} + I_{e1} + I_{e0}$$

$$I_e = 0.03 + 1.11 \times 10^{-3} + 2.26 \times 10^{-6}$$

$$I_e = 0.031 \text{ kg m}^2$$

### Potencia requerida del motor en el sistema de posicionamiento de botellas de vidrio

Para calcular la potencia requerida, es necesario determinar la aceleración angular del motor en el sistema de posicionamiento.

$$\alpha_{motor} = \frac{\omega_{motor}}{\frac{t_m}{2}}$$

$$\alpha_{motor} = \frac{44.31 \text{ rad}}{\frac{0.28}{2} \text{ s}} \frac{1}{\text{s}}$$

$$\alpha_{motor} = 316.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Luego de obtener la aceleración angular del motor del sistema, se procede con el cálculo del torque requerido para el sistema, donde se aplica la Ecuación 16 para su cálculo.

**Ecuación 16***Torque del sistema posicionador*

$Torque = I_{Total} \times \alpha_{motor}$	Donde
	I = Inercia total del sistema
	$\alpha_{motor}$ = Aceleración angular

Fuente: Fundamentos de física (Serway, Vuille, Faughn, &amp; Campos, 2010)

$$Torque = I_{Total} \times \alpha_{motor}$$

$$Torque = 0.031 \times 316.5$$

$$Torque = 9.81 \text{ Nm}$$

**Potencia**

Para la potencia del motor en el sistema posicionador de botellas se aplica la Ecuación 1, donde intervienen incógnitas las cuales ya se conocen como el torque y la velocidad angular del motor.

$$Potencia = Torque \times \omega_{motor}$$

$$Potencia = 9.81 \times 44.31$$

$$Potencia = 434.68 \text{ Watts}$$

Sin embargo, se debe considerar un factor de servicio para este tipo de máquinas el cual corresponde a 1.5, además de la eficiencia del motor y su eficiencia mecánica, por ende, la potencia requerida para el motor del sistema posicionador de botellas, para aquello se aplica la Ecuación 17.

**Ecuación 17***Potencia requerida*

$Potencia' = \frac{F_{Servicio} \times P}{\varepsilon_m \times \varepsilon_e}$	Donde
	$F_{Servicio} = 1.5$
	$\varepsilon_e = \text{Eficiencia del motor electrico}$
	$\varepsilon_m = \text{Eficiencia mecanica}$
	$P = \text{Potencia}$

Fuente: Eficiencia de los motores (Campos, 2015)

Se aplica la siguiente formula:

$$Potencia' = \frac{1.5 \times 434.68}{0.7 \times 0.8}$$

$$Potencia' = 1164.32 \text{ watts}$$

$$Potencia' = 1.56 \text{ HP}$$

Los cálculos arrojan una potencia necesaria de 1.56 HP, para el presente trabajo se empleará un motor con una capacidad de 2 HP puesto que, a largo plazo se planea aumentar la capacidad de producción, la descripción del motor seleccionado se presenta en la figura 30 la cual detalla las características del motor en su ficha técnica.

**Figura 30***Detalle técnico del motor eléctrico de 2 HP*

Monofásicos Single phase						
6	Polos/Poles		1000 tours/min/rpm		V. 230	Hz 50
TIPO/TYPE	KW	HP	A	MF	Rev./1/rpm	Kg
56c	0,037	0,05	0,7	3,15	880	3,0
56e	0,05	0,07	0,93	4	890	4,0
63c	0,12	0,16	1,3	6,3	880	4,0
71b	0,18	0,25	1,7	10	900	5,5
71c	0,25	0,33	2	12,5	900	7,0
80b	0,37	0,5	3,1	14	900	10,5
80c	0,44	0,6	3,7	14	900	12,0
90Lb	0,55	0,75	5,4	20	920	15,0
90Lc	0,75	1	6,9	25	920	17,0
100Lb	1,1	1,5	7,2	40	940	20,0
100Le	1,5	2	10	50	940	27,0
112Mb	1,85	2,5	13	40	950	41,0
112Me	2,2	3	15	50	950	43,0

Fuente: Página Oficial de WEG (2021)

### **3.7.2. Sensor para la selección de botellas de vidrio**

Para la selección del sensor, encargado en la detección de deformidades, fisuras, partículas no deseadas entre otros factores que condicionan la selección de las botellas de vidrio, el sensor a implementar debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos.

- Capacidad de recolección de datos rápida
- Tiempo de salida ajustable
- Tiempo del interfaz rápido
- Fácil manejo
- Fácil Instalación
- Regulación de posición

Para determinar el tiempo en que una botella se demora en llegar a la salida del sistema de posicionamiento de botellas, se toma en consideración el periodo de tiempo que realiza la cruz de ginebra, el cual es de 0.75 segundos, ante esto se asume que el tiempo de la botella al llegar a la salida del sistema será igual o superior.

Por ende, el tiempo de respuesta del sensor debe ser menor o igual al periodo de la cruz, a fin de detectar alguna mala formación o contenido no deseado en las botellas, antes de que llegue a la salida del sistema de posicionamiento, y poder accionar el cilindro en caso de que se requiera.

Ante esto existen sensores en el mercado cuya capacidad de respuesta se exhibe en microsegundos, tal como se presenta en la figura 31, lo que nos indica que fácilmente se puede adquirir cualquier sensor en cuanto a requerimientos de tiempo. El sensor seleccionado para esta máquina es el sensor óptico de barrera por reflexión marca Pepperl+Fuchs serie OBR15M-R201-EP-IO-V3.

### **Figura 31**

*Detalle del tiempo de respuesta e interfaz del sensor R-201*



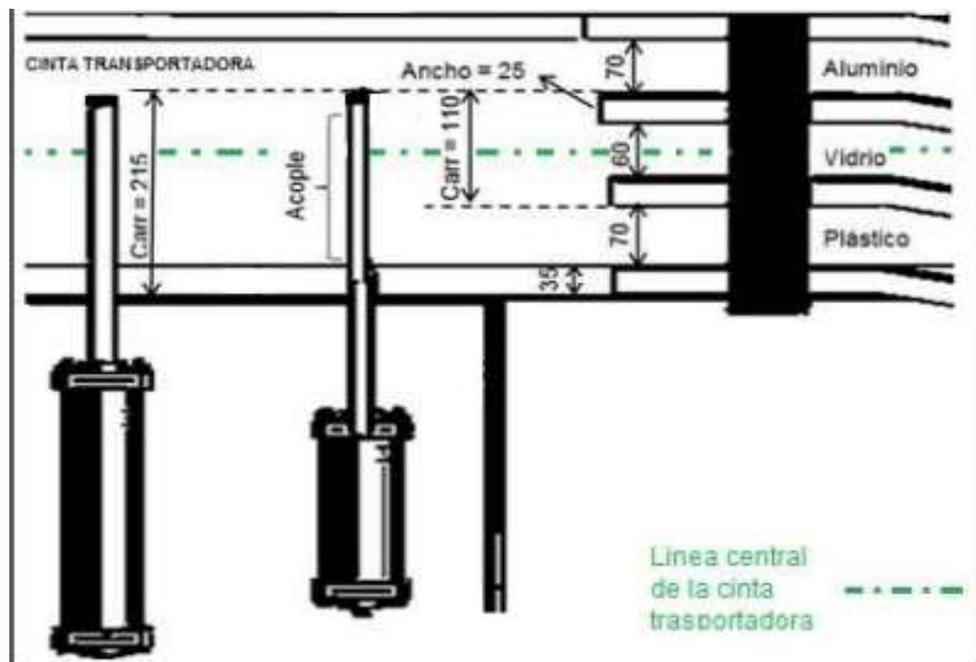
### 3.8. Fase 3: sistema de clasificación por cilindro neumático

#### 3.8.1. Selección de cilindros de doble efecto

Los cilindros tienen como función clasificar los envases mediante desplazamiento y cambio de carril de las botellas en la banda transportadora. El dimensionamiento de sus carreras se lo realiza de acuerdo a lo presentado en la figura 33, considerando que las botellas inicialmente se transportaran por la parte central de la cintra transportadora.

**Figura 33**

*Carrera del cilindro seleccionada para la separación de botellas*



Fuente: Elaboración propia

Longitud total a desplazar el vástago

$$L_t = 200 + 50$$

$$L_t = 250 \text{ mm}$$

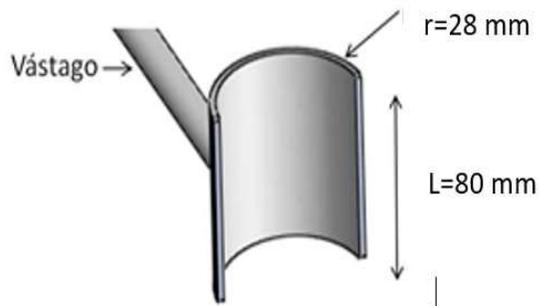
### 3.8.2. Acople del cilindro

Para desplazar los envases de un punto a otro se requiere de acoples en forma de media luna debido a que la forma superficial de los envases es cilíndrica.

Sabiendo que los envases de vidrio tienen un diámetro de 56 mm con una altura de 80mm, se realizó el diseño de las dimensiones y forma de los acoples, tal como se presenta en la figura 34.

#### Figura 34

*Diseño del acople*



Fuente: Elaboración propia

### 3.8.3. Cilindro para envases de vidrio

Se detalla las características de los componentes principales del sistema de clasificación de botellas de vidrio la cual dispone de un acople para el desplazamiento de botellas, un cilindro neumático y por ende la botella a clasificar.

Masa de la botella: 0.3 kg

Masa acople: 1.6 kg

Presión de trabajo: 2 bares =  $2 \times 10^5 P$

**Fuerza a mover**

Para determinar la fuerza requerida para realizar la función de clasificación por parte del cilindro neumático y mover las botellas con algún tipo imperfección se debe aplicar la Ecuación 5.

$$W = Fe$$

$$Fe = mt \times g$$

$$Fe = (0.30 + 1.6) \times 9.8$$

$$Fe = 18.62 \text{ N}$$

Al aplicar el factor de seguridad se obtiene que la fuerza efectiva de empuje requerida para el sistema de clasificación es de 27.93 N.

$$Fe = 18.62 \times fs$$

$$Fe = 18.62 \times 1.5$$

$$Fe = 27.93 \text{ N}$$

### Diámetro del cilindro

Para determinar el diámetro del cilindro al solo tener una incógnita en la ecuación y conociendo la potencia P, el diámetro del cilindro sale con un simple despeje, partiendo de la Ecuación 18.

### Ecuación 18

*Fuerza efectiva*

$Fe = Ft - Fr$	Donde
	Ft = Fuerza teórica del cilindro
	Fr: Fuerza de rozamiento

Fuente: Fundamentos de física (Serway, Vuille, Faughn, & Campos, 2010)

Donde se conoce que la fuerza de rozamiento equivale hasta un 20% de rozamiento sobre la fuerza teórica establecida.

$$\text{Rozamiento} = 5-20\% Ft$$

Además, la fuerza teórica se calcula por la Ecuación 19.

### Ecuación 19

*Fuerza teórica del cilindro*

$F_t = PA$	Donde
	P = Presión a ejercer por el cilindro
	A: Área del cilindro

Fuente: Mecánica de materiales (Beer F. P., Johnston, DeWolf, & Mazurek, 2010)

$$27.93 = PA - 0.2F_t$$

$$27.93 = PA - 0.2PA$$

$$27.93 = 0.8 PA$$

$$PA = \frac{27.93}{0.8}$$

$$PA = 34.91$$

$$A = \frac{34.91}{P}$$

$$A = \frac{34.91}{2 \times 10^5}$$

$$A = 1.74 \times 10^{-4} m^2$$

Par determinar el diámetro del cilindro la Ecuación 20 detalla la fórmula del área de la circunferencia del cilindro.

### Ecuación 20

*Área de la circunferencia del cilindro*

$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$	Donde
	$\phi^2$ = Diámetro el cilindro

Fuente: Mecánica de materiales (Beer F. P., Johnston, DeWolf, & Mazurek, 2010)

$$\phi = \sqrt{\frac{1.74 \times 10^{-4} (4)}{\pi}}$$

$$\phi = 14.90 \text{ mm} \cong 15 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro del cilindro no es estándar, se recomienda utilizar un cilindro con una carrera que cubra los 250 mm para cumplir con el objetivo principal, el cual consiste en seleccionar botellas de vidrio y desplazar aquellas que no lo son, la figura 35 presenta las características del cilindro seleccionado.

### Figura 35

*Selección del cilindro de doble efecto y su diámetro*

**Datos**

Presión de trabajo máx. 10 bar  
 Temperatura de trabajo máx. +80 °C  
 mín. -20 °C



**Doble efecto**  
 Amortiguación regulable



Diámetro mm	Carrera mm	Ref. de pedido
<b>16</b> Conex. M5	20	P1A-S016MS-0020
	25	P1A-S016MS-0025
	30	P1A-S016MS-0030
	40	P1A-S016MS-0040
	50	P1A-S016MS-0050
	80	P1A-S016MS-0080
	100	P1A-S016MS-0100
	125	P1A-S016MS-0125
	160	P1A-S016MS-0160
	200	P1A-S016MS-0200
	250	P1A-S016MS-0250
	320	P1A-S016MS-0320
	400	P1A-S016MS-0400
Carrera máxima 500 mm	500	P1A-S016MS-0500

Fuente: Página Oficial de Parker (2021)

Adicional a esto, la figura 36 presenta datos complementarios al cilindro seleccionado

Figura 36

Ficha técnica del cilindro seleccionado

P1A						Cilindro			
Datos generales									
Cilindro, designación	Cilindro		Vástago		rosca	Masa total con 0 mm de carrera kg	suplemento por cada 10 mm de carrera kg	Consumo de aire litros	Rosca de conexión
	diá.	área	diá.	área					
	mm	cm <sup>2</sup>	mm	cm <sup>2</sup>					
<b>De doble efecto con amortiguación</b>									
P1A-S010D	10	0,78	4	0,13	M4	0,04	0,003	0,0100 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S012D	12	1,13	6	0,28	M6	0,07	0,004	0,0139 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S016D	16	2,01	6	0,28	M6	0,09	0,005	0,0262 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S020D	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0405 <sup>1)</sup>	G1/8
P1A-S025D	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,25	0,011	0,0633 <sup>1)</sup>	G1/8
<b>De doble efecto, con amortiguación regulable</b>									
P1A-S016M	16	2,01	6	0,28	M6	0,09	0,005	0,0262 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S020M	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0405 <sup>1)</sup>	G1/8
P1A-S025M	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,25	0,011	0,0633 <sup>1)</sup>	G1/8
<b>Simple efecto, muelle para la carrera -</b>									
P1A-S010SS	10	0,78	4	0,13	M4	0,04	0,003	0,0055 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S012SS	12	1,13	6	0,28	M6	0,08	0,004	0,0079 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S016SS	16	2,01	6	0,28	M6	0,10	0,005	0,0141 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S020SS	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0220 <sup>1)</sup>	G1/8
P1A-S025SS	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,26	0,011	0,0344 <sup>1)</sup>	G1/8
<b>Simple efecto, muelle para la carrera +</b>									
P1A-S016TS	16	2,01	6	0,28	M6	0,10	0,005	0,0141 <sup>1)</sup>	M5
P1A-S020TS	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0220 <sup>1)</sup>	G1/8
P1A-S025TS	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,26	0,011	0,0344 <sup>1)</sup>	G1/8

1) Consumo de aire libre por 10 mm de carrera para doble embolada a 6 bares

Fuente: Página Oficial de Parker (2021)

### 3.8.4. Consumo de aire

Para comprender los detalles de un suministro de aire comprimido y calcular los costos involucrados, es importante conocer la cantidad de aire utilizada por su red neumática. El flujo de aire se puede calcular teniendo en cuenta la presión de trabajo, el diámetro y la carrera, tal como se presenta en la Ecuación 21.

#### Ecuación 21

Consumo de aire del cilindro

$V = (A_s + A'_s) \cdot n \cdot R_c$	Donde:
	A = Área embolo
	A' = Área embolo retorno
	s = carrera de cilindro
	n= número de ciclos del vástago
	R <sub>c</sub> = Relación de compresión

Fuente: Neumática: manual de estudio (Croser, 1991)

Para la relación de compresión se requiere de la presión atmosférica del cilindro y de la presión de trabajo la cual será empleada por el cilindro al momento de clasificar las botellas de vidrio, misma que se presenta en la Ecuación 22.

### Ecuación 22

*Relación de compresión*

$R_c = \frac{P_{atm} + P_{trab}}{P_{atm}}$	Donde
	$P_{atm}$ : Presión atmosférica
	$P_{trab}$ : Presión de trabajo del cilindro

Fuente: Neumática: manual de estudio (Croser, 1991)

$$R_c = \frac{1,013x10^5 P_a + 2x10^5 P_a}{1,013x10^5 P_a}$$

$$R_c = 2,97$$

Diámetro del cilindro = 16 mm

Vástago = 6mm

$$\dot{V} = \left[ \frac{\pi}{4} (0,016)^2 (0,25) + \frac{\pi}{4} (0,016^2 - 0,006^2) (0,25) \right] x n x R_c$$

$$\dot{V} = [6,185x10^{-5} + 5,195x10^{-5}] x n x 2,97$$

$$\dot{V} = [6,185x10^{-5} + 5,195x10^{-5}] x n x 2,97$$

$$\dot{V} = 2,77x10^{-4} m^3 \cdot 7$$

$$\dot{V} = 1,97x10^{-3} \frac{m^3}{min}$$

$$\dot{V} = 1,97 \frac{L_t}{min}$$

De acuerdo con los resultados el sistema accionado por el cilindro neumático tendrá un consumo de 1.97 litros por minuto.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

Luego del diseño y ensamble de la máquina propuesta para su implementación en la empresa objeto de estudio, se obtuvo como resultado una máquina cuyo sistema permita la clasificación de botellas de vidrio las cuales presenten una mal formación en su composición tal es el caso de fisuras, mal formaciones y de presencia de partículas dentro de estas, permitiendo solo el paso de las botellas que cumplan con los estándares de calidad dispuesto por la empresa.

### 4.1. Características técnicas

Las características técnicas de la máquina implementada son detalladas para cada una de las fases que comprende el sistema en general desde el sistema de bandas transportadoras tanto de entrada como de salida, el sistema de selección o clasificación de botellas de parte de la máquina selectora hasta el sistema de empuje de parte del cilindro neumático.

#### 4.1.1. Características generales de la máquina

**Tabla 9**

*Características de producción*

Capacidad de producción	320 kg/hora
Gama de trabajo	1067 botellas la hora de 0.3 kg (vacías)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Sistema de bandas transportadoras

**Tabla 10**

*Características técnicas del sistema de bandas transportadoras*

Motor banda de entrada	5 HP
Motor bandas de salida	5 HP
Correa de transmisión	48 cm longitud interna y 50 cm longitud externa
Velocidad de la banda	3.37 segundos

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 37**

*Sistema de bandas transportadora*



Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3. Sistema posicionador de botellas

**Tabla 11**

*Características técnicas del sistema posicionador de botellas*

Motor de la máquina selectora	2 HP
Periodo de la máquina selectora	0.75 segundos
Amplitud de datos procesados de sensor	2 bit de entrada y 2 bits de salida
Corriente de conmutación del sensor	100 mA

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 38**

*Sistema posicionador de botellas de vidrio*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Sistema de empuje por cilindro neumático

**Tabla 12**

*Características técnicas del sistema de empuje*

Presión de trabajo	2 bares
Fuerza de empuje	27.93 N
Consumo de aire	2 litros por minuto
Diámetro del cilindro	16 mm
Carrera del vástago	250 mm

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2. Análisis económico

El análisis económico tiene como objetivo determinar el valor total de recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, mismos que se divide en costos directos e indirectos.

#### 4.2.1. Costo de materiales

**Tabla 13**

*Costos de materiales*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Partes de la máquina</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Motor 0,25 KW	1	Transmisión Inferior	\$2.500,00	\$ 450,00
Taladro pedestal motor 3/4 HP	1	Transmisión superior	\$1.070,00	\$ 370,00
Actuador Doble Efecto	1	Mecanismo de descenso	\$1.155,00	\$ 255,00
Capsulador	1	Capsulador	\$1.200,00	\$ 800,00
Eje acero 1045 1 1/4"x440mm	1	Ejes transmisión inferior	\$150,00	\$ 10,00
Eje acero 1045 3 1/2"x80mm	1	Alojamientos	\$550,00	\$ 20,00
Eje acero inox 1 1/2"x460mm	1	Eje transmisión superior	\$120,00	\$ 42,00
Eje acero inox 3/4"x190mm	6	Columnas platos	\$900,65	\$ 27,90
Planchas de plástico 24"x24"	2	Platos	\$556,99	\$ 453,98
Plancha acero inox e=0,3 mm	2	Bastidor	\$962,55	\$ 205,10
Plancha acero e=6 mm	1	Bastidor	\$1.500,00	\$ 250,00

Retazos plancha de acero e=8mm	3	Elementos	\$950,00	\$ 45,00
Rodamiento 7304 B NTN	1	Transmisión Inferior	\$550,99	\$ 30,99
Rodamiento 7302 B FAG	1	Transmisión Inferior	\$250,00	\$ 29,99
Rodamiento 16006 SKF	1	Transmisión Inferior	\$289,00	\$ 11,99
Rodamiento 16002 SKF	1	Transmisión Inferior	\$350,00	\$ 9,99
Automatización	1	Automatización	\$1.200,00	\$ 1.200,00
Tubo Cuadrado 40mmx40mmx6m e=3mm	3	Bastidor	\$350,00	\$ 109,99
Policarbonato espesor 3/8" (48"x48")	1	Guías	\$550,00	\$ 200,00
Pernos/Tuercas	-	General	\$150,00	\$ 75,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$25.648,66</b>
			<b>IVA (12%)</b>	<b>\$3.078,38</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$28.727,04</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Costo de mano de obra para diseño de piezas

**Tabla 14**

*Costos de mano de obra*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Actividad realizada</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
Platos posicionadores	3	Torneado/Fresado	\$2.050,00	\$6.150,00
Manzana plato inferior	1	Torneado/Fresado	\$1.500,00	\$1.500,00
Cruz de malta	1	Torneado/Fresado (CNC)	\$1.380,00	\$1.380,00
Manzana cruz	1	Torneado/Fresado	\$980,00	\$980,00
Ejes sistema de bandas	6	Torneado/Fresado	\$1.050,00	\$6.300,00
Columnas portantes	6	Torneado	\$890,00	\$5.340,00
Columnas guías/collarines	12	Torneado/Fresado	\$1.600,00	\$19.200,00
Calzos superiores	6	Corte/Taladrado	\$1.500,00	\$9.000,00
Alojamientos	6	Torneado/Fresado	\$1.890,00	\$11.340,00
Rueda Conductora	1	Torneado/Fresado	\$1.050,00	\$1.050,00
Manzana Rueda Conductora	1	Torneado/Fresado	\$3.000,00	\$3.000,00
Engrane b	1	Torneado/Fresado de dientes	\$1.500,00	\$1.500,00

Engrane a	1	Torneado/Fresado de dientes	\$989,00	\$989,00
Planchas	2	Perforaciones en fresa	\$890,00	\$1.780,00
Acople Descenso	1	Torneado	\$1.050,00	\$1.050,00
Guías	3	Fresado	\$800,00	\$2.400,00
Rodillos de transmisión para bandas	6	Especialista	\$1.500,00	\$9.000,00
Bandas transportadoras	3	Especialista	\$1.000,00	\$3.000,00
Bastidor	1	Carpintería metálica /Soldadura	\$999,00	\$999,00
			<b>Subtotal</b>	<b>\$85.958,00</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>\$10.314,96</b>
			<b>Total</b>	<b>\$96.272,96</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3. Costo del proyecto

**Tabla 15**

*Costos del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Fase de la máquina</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
Diseño de la máquina selectora	1	Sistema de posicionamiento	\$ 18.600,00	\$18.600,00
Diseño de sistemas de bandas transportadoras	1	Sistema de bandas transportadoras	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
Diseño de sistema de empuje	1	Sistema de empuje	\$ 10.008,00	\$ 10.008,00
Importación de piezas especiales	1	Las 3 fases de la máquina	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Improvistos	1	Proyecto en general	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Capital de emergencia	1	Proyecto en general	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
			<b>Subtotal</b>	\$ 111.608,00
			<b>IVA 12%</b>	\$ 13.392,00
			<b>Total</b>	\$125.000,00

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.4. Total de la inversión

Para determinar el valor total de la inversión se toman los montos obtenidos de los costos de materiales, mano de obra y costos relacionados al diseño, importación de piezas específicas y capital de reserva del proyecto, se procede a sumar cada uno de estos, arrojando una inversión total de \$ 250.000,00

**Tabla 16***Total de inversión*

<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
Costo de materiales	\$28.727,04
Costo de mano de obra	\$96.272,96
Costo del proyecto	\$ 125.000,00
<b>Total de la inversión</b>	<b>\$ 250.000,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

**4.3. Análisis financiero**

Como valor agregado al proyecto técnico la implementación de la máquina selectora pretende reducir los costos de mano de obra e incrementar la capacidad de producción respecto a la clasificación de botellas de vidrio aptas para el despacho, para esto se presenta la Tabla 17, la cual detalla la producción antes y después de la implementación de la máquina, además de los ingresos que estos representan para la empresa, de esta manera se realiza el análisis financiero con la finalidad de determinar en cuanto tiempo se recuperará la inversión.

La inversión total fue de \$ 250.000,00, la máquina selectora de botellas de vidrio está en capacidad de distribuir 170.720 unidades mensuales, cabe mencionar que dicho valor se fuera ideal si los demás procesos que abarcan la línea de producción funcionaran a la misma velocidad que la máquina, por tal motivo, se ha decidido solo hacer el análisis de la mitad de dicha capacidad, siendo esto un total de 85.360 unidades, cantidad que la empresa está dispuesta a producir.

Para el análisis financiero se requiere de los datos de parte del área de producción durante el último mes de operación sin la máquina, estos valores serán comparados con la capacidad de producción de la máquina propuesta, a fin de analizar los costos que incurren luego de la implementación esta, cabe mencionar que, debido a la demanda de recursos que

exige la máquina costos como de electricidad presentarán un incremento, por otro los costos de mano de obra disminuirán.

**Tabla 17**

*Comparación antes de la máquina y después*

Sin la máquina		Con la máquina	
Detalles	Valor	Detalle	Valor
Cantidad	25608	Cantidad	85360
Ganancia por unidad	0.07	Ganancia por unidad	0.07
Ingresos de ventas	1792.56	Ingresos de ventas	5975.2
Gastos de mano de obra	1200	Gastos de mano de obra	400
Consumo eléctrico	76.83	Consumo eléctrico	290.4
Otros gastos	200	Otros gastos	200
Costo total	1499.54	Costo total	890.4
<b>Utilidad (1)</b>	<b>\$315.73</b>	<b>Utilidad (2)</b>	<b>\$5084.8</b>

Fuente: Elaboración Propia

La producción puede incrementarse de 25608 unidades mensuales a 85360 unidades mensuales, obteniendo un ahorro mediante la diferencia de las utilidades de los periodos establecidos \$3190.02, tal como se muestra en la Ecuación 23.

### **Ecuación 23**

*Ahorro obtenido*

$$\text{Ahorro a obtener} = \text{Utilidad (2)} - \text{Utilidad (1)}$$

$$\text{Ahorro a obtener} = \$5084.8 - \$315.73$$

$$\text{Ahorro a obtener} = \$ 4769.07$$

#### **4.3.1. Flujo de caja**

Para conocer la factibilidad económica del proyecto se debe elaborar un flujo de caja a 5 años con el cual se conocerá cuáles serán los egresos e ingresos en el transcurso de los primeros 5 años de gestión, valores que serán calculados tomando como referencia la tasa de inflación del país que corresponde a 1,05%.

**Tabla 18***Flujo de caja*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad	1.024.320	1.035.075	1.045.943	1.056.925	1.068.022
Ganancia por unidad	\$0,07	\$0,07	\$0,07	\$0,08	\$0,08
Ingresos de ventas	\$71.702,4	\$72.455,28	\$73.216,06	\$73.984,82	\$74.761,66
Gastos de mano de obra	\$4.800,00	\$4.850,40	\$4.901,3	\$4.952,79	\$5.004,80
Consumo eléctrico	\$3.484,80	\$3.521,39	\$3.558,36	\$3.595,73	\$3.633,48
Otros gastos	\$5.000,00	\$5.052,50	\$5.105,55	\$5.159,16	\$5.213,33
Costo total	\$13.284,80	\$13.424,29	\$13.565,25	\$13.707,68	\$13.851,61

Elaboración propia

**4.3.2. Periodo de recuperación de la inversión**

El periodo necesario para recuperar la inversión se determina mediante una relación entre la inversión total de la máquina propuesta y el ahorro obtenido mediante la diferencia de utilidades.

**Ecuación 24***Periodo de recuperación de la inversión*

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Ahorro obtenido}}$$

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión} = \frac{250.122.08}{4769.07}$$

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión} = 52.44$$

La inversión será recuperada a largo plazo, en este caso será en 4 años, 5 meses y 14 días.

### 4.3.3. Valor actual neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno

Las siglas VAN corresponde al valor actual neto el cual calcula los flujos de ingresos que la empresa recibe, los egresos que se generan versus la inversión. La cual se obtiene de la ecuación 25.

#### Ecuación 25

*Fórmula para obtener el VAN*

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0$$

El valor actual neto calculado complementa los resultados del flujo de caja indicado y del periodo de recuperación ya que efectivamente a partir del año 5 ya que habrá recuperado el total de la inversión.

#### Tabla 19

*Calculo del VAN*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja	-\$250.000,00	\$71.702,4	\$72.455,28	\$73.216,06	\$73.984,82	\$74.761,66
Saldo actualizado	-\$250.000,00	\$63.658,18	\$58.478,72	\$53.720,68	\$49.349,77	\$45.334,49
Saldo actualizado acumulado	-\$250.000,00	-\$186.341,82	-\$127.863,10	-\$74.142,42	-\$24.792,65	\$20.541,84

Elaboración propia

Obteniendo como resultado que con una tasa del 10% de interés se obtiene que a partir del 5 año se recupera la inversión y con un VAN de \$20.541,84 dólares, lo cual indica que le proyecto es económicamente factible.

El TIR o tasa interna de retorno indica el porcentaje de utilidad o perdida que se tendrá al implementar un proyecto. Misma que se obtiene a partir de la ecuación 26.

**Ecuación 26**

*Formula para obtener el TIR*

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

El TIR obtenido es del 14%, dicho porcentaje al ser superior al 10% de la TMAR sirve como indicador de que el proyecto es viable.

**Tabla 20**

*Resultados del VAN y TIR*

Inversión	-\$250.000,00
TMAR	10%
VAN	\$20.541,84
TIR	14%

Elaboración propia

## CONCLUSIONES

Se determinó que la inversión inicial de la máquina selectora será de \$ 250.000,00, la cual tendrá un periodo de recuperación a largo plazo de aproximadamente 4 años y medio, este valor se desglosa en \$28.727,04 los costos de materiales para la fabricación de la máquina, un total de \$96.272,96 fue arrojado por los costos de mano de obra y, por último, el costo del proyecto arroja un monto de \$ 120.000,00.

Se calculó la capacidad de cada uno de los elementos esenciales para el correcto funcionamiento de la máquina selectora de botellas de vidrio tales como los motores, el cilindro de empuje, y el mecanismo del sistema posicionador de botellas.

La máquina selectora implementada consta de 3 fases, siendo la primera compuesta por un sistema de bandas transportadoras las cuales permiten el traslado de las botellas, cada una de las 3 bandas a usar tiene a su disposición un motor de 5 HP de esta manera será capaz de lograr la capacidad de producción establecida por la empresa, misma que equivale a los 320 kg/h.

Se analizó la segunda fase del sistema, la cual representa el componente principal de la máquina, siendo este un sistema posicionador de botellas de vidrio, que está constituido por el mecanismo de cruz de ginebra la cual será activada por un motor de 2 HP, y tendrá una capacidad de alojamiento de 8 botellas por ciclo.

La fase final constituye el sistema de empuje, el cual se accionará dependiendo del registro del sensor marca Pepperl+Fuchs el cual tiene un tiempo de registro de 0,5 microsegundos, el encargado de dicha función será el cilindro cuya fuerza de empuje es de 28 N a una presión de 2 bares.

## **RECOMENDACIONES**

La empresa recomienda colocar una banda transportadora para botellas ajustable en altura para diferentes tamaños de botellas y tener una mayor apertura a otros mercados que requieran de botellas de vidrio.

Es importante contar con los recursos financieros adecuados antes de iniciar un proyecto para evitar interrupciones comerciales.

Para asegurar un funcionamiento satisfactorio, se recomienda que siga el programa de mantenimiento preventivo de cada elemento de la máquina como se especifica en los manuales de las piezas.

A la hora de adquirir o fabricar una pieza o elemento para la máquina, es recomendable realizar un control de calidad minucioso para evitar mal funcionamiento en equipos o dimensiones.

Se recomienda seleccionar elementos de mercado estándar para facilitar la creación de dicho proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, P., & Medina, J. (2013). Administración y calidad de la información de los sistemas de información contable de las PYMES. *Cuadernos de Administración*, 9.
- Ahumada, E., & Perusquia, J. (2015). Inteligencia de negocios: estrategia para el desarrollo de competitividad en empresas de base tecnológica. *Contaduría y Administración*, 127-158.
- Alonso, M. (2016). *Investigación de Mercados: Manual universitario*. España: Diaz de Santo.
- Álvarez, P. (2020). *Causas de la desviación del índice de consumo de combustible en los generadores eléctricos Hyundai*. S/c: Ingeniería Energética.
- Andrade, M., Cano, Y., Cortes, J., & Romero, L. (2019). APLICACIÓN DE MATERIALES DIDÁCTICOS SUSTENTADOS EN EL MÉTODO FÓNICO-ANALÍTICO-SINTÉTICO PARA DESARROLLAR LA LECTO-ESCRITURA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA. *Revista Cognosis*, 2588.
- Angos, M., & Calpovilla, H. (2013). *Diseño construcción y simulación de una máquina clasificadora de frutos por su tamaño*. ESPE.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 6ta. Caracas: Editorial Episteme.
- Arroyo, E., G. M., Sánchez, A., Toxqui, J., Ramírez, S., & Flores, J. (2018). Transición del factor de carga para combinaciones por gravedad de NTC-2004 a NTC-2017. *Conciencia Tecnológica*, (56), 26-34.
- Avello, A. (2014). *Teoría de máquinas*. Navarra: Tecnun Universidad de Navarra.
- Bada, I. (2016). *Diseño de una máquina para el marcado de barras corrugadas en ensayo de tracción*.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2010). *Mecánica de materiales*. México DF: McGraw-Hill.
- Beer, F., Johnston, E., Eisenberg, E., & Sarubbi, R. (2010). *Mecánica vectorial para ingenieros*. McGraw-Hill.
- Bolaños, E. (2016). *La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015*. S/c: Universidad del Rosario.
- Caballero, C. (2019). *Reducción de defectos en los envases de vidrio rediseñando el sistema de refrigeración en los premoldes y aumentar la eficiencia de las máquinas formadoras (OI)*. S/c: Universidad Antonio Ruiz de Montoya.
- Campos, M. (2015). La eficiencia de los motores. *URE*.
- Castaño, A. (2017). *Administración de riesgos en la gestión logística de Vidrio Andino S.A*. S/c: POLI.

- Castrillón, J., Cabeza, L., & Lombana, J. (2015). Competencias más importantes para la disciplina administrativa en Colombia. *Contaduría y Administración*, 20.
- Cevallos, W. (2017). *Doc player*. Obtenido de Doc player: <https://docplayer.es/75854615-Universidad-tecnica-del-norte-facultad-de-ingenieria-en-ciencias-aplicadas-escuela-de-ingenieria-en-mecatronica-tema.html>
- Compañía levantina de reductores. (2017). *Compañía levantina de reductores*. Obtenido de Compañía levantina de reductores: <https://clr.es/blog/que-es-factor-de-servicio-calcularlo/>
- Cravero, M. (2017). *ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA DEL VIDRIO ARQUITECTÓNICO CASO "VIDRIOS PIAZZE"*. S/c: SIGLO 21.
- Croser, P. (1991). *Neumática: manual de estudio. Nivel básico*. Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Dolores, K. (2017). *RECICLADO DE VIDRIO PARA LA FABRICACIÓN DE DOSÍMETROS USANDO LOS IONES CU Y AG COMO ACTIVADORES*. S/c: Jóvenes de la ciencia.
- Dynamic macroweb. (2019). *mantenu*. Obtenido de mantenu: <http://www.mantenu.com/antbuspre.asp?nombre=1751&cod=1751>
- Flores, D. (2017). *Diseño de un sistema automático clasificador de envases de bebidas previo al reciclaje*. S/c: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS FACULTAD: INGENIERÍA MECATRÓNICA.
- Fuentes, H. (2017). *Metodología para la reconstrucción de un horno para fundir 200 ton. /día de vidrio, en la fabricación de envases comerciales*. S/c: Dspace.
- García, A. (2016). *doc player*. Obtenido de doc player: <https://docplayer.es/11863841-Leccion-14-vidrio-procedimientos-de-conformacion-del-vidrio-proceso-flotado.html>
- García, H. (2018). *Análisis de ciclo de vida de los paneles de lana mineral de vidrio para la construcción de conductos de climatización. Verificación externa*. Informes de la Construcción.
- Gómez, J. (2018). *Modelo multicriterio como soporte a la gestión de residuos de vidrio en una cadena de suministro de ciclo cerrado*. S/c: Espacios.
- González, D. (2019). *Diseño y construcción de una máquina semiautomática lavadora de botellas de vidrio con capacidad de 6 botellas de 750 ml por ciclo*. S/c: [dspace.ups.edu.ec](https://dspace.ups.edu.ec).
- Guerrero, L., & Livia, G. (2018). *La satisfacción laboral y su relación con la productividad laboral en la Empresa Novaplaza, Huaraz-2018*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Gutiérrez Méndez, M. (2017). *importaciones*. Obtenido de importaciones: <https://larevista.aqpsoluciones.com/2020/10/30/maquina-semiautomatica-sopladora-de-botellas/>

- Gutiérrez, E., & Mosquera, D. (2016). *Efectos de los programas de capacitaciones efectivas en la productividad laboral, en la empresa Caxamarca gas de Cajamarca, 2015-2016*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Hernández, D. (2015). *Library*. Obtenido de Library: <https://1library.co/document/eqokn9ky-sensor-de-vibraciones-con-fibra-optica.html>
- Heuft-Dorenbosch. (2012). *Heuft*. Obtenido de Heuft: <https://www.directindustry.es/prod/heuft-systemtechnik/product-40526-1577889.html>
- Hibbeler, R. C. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica*. Pearson Educación.
- ing mecánica*. (2021). Obtenido de ing mecánica: <https://ingmecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>
- Isidro, J. (2018). *Pruebas de cianuración en botellas y columnas para minerales mixtos auríferos en la empresa minera J.J inversiones mineras SAC en Abancay*. S/c: UNJBG.
- Jiménez, & Naranjo. (2016). *Innovación o Imitación*. Colombia: Esmerald.
- Lauritzen, E. K., & Hahn, N. J. (2014). *Producción de residuos*. Madrid: Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.
- Loayza, N. (2017). *La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el Perú y el mundo*. Lima: La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el Perú y el mundo.
- loctite erosion . (2018). *loctite erosion* . Obtenido de loctite erosion : <https://blog.reparacion-vehiculos.es/11-cosas-interesantes-sobre-los-cojinetes>
- López, D. (2014). *Actualidad motora*. Obtenido de Actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/la-polea-del-ciguenal/>
- López, F. (2018). *Diseño de incorporación de tres líneas de envasado de la empresa Kronos de refrescos carbonatados (botellas de vidrio retornable, botellas de pet y latas)*. S/c: Universidad de Cádiz.
- López, R. (2016). *Vidrios bioactivos en odontología*. S/c: Dialnet.
- Manzanares, C., Rivera, B., & Rodríguez, F. (2019). *Intervención didáctica con enfoque por competencias para generar pensamiento crítico en la asignatura Filosofía con los estudiantes de 11mo grado del Colegio Parroquial Hermano Pedro Betancourt de Managua*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- masmoto*. (2012). Obtenido de masmoto: <https://www.masmotoourense.com/shop/producto/1533/CORREA+TRANSMISION+KEEWAY+200013160000+>
- Miire*. (2008). Obtenido de Miire: [http://www.cafmiira.com/es/mercancias/ejes\\_p80.html](http://www.cafmiira.com/es/mercancias/ejes_p80.html)
- Molas, L. (2017). *REPARACIÓN DE DEFECTOS SEGMENTALES OSEOS CON VIDRIO BIOACTIVO y UNA MEMBRANA NO ABSORBIBLE*. S/c: Ciencia Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias.

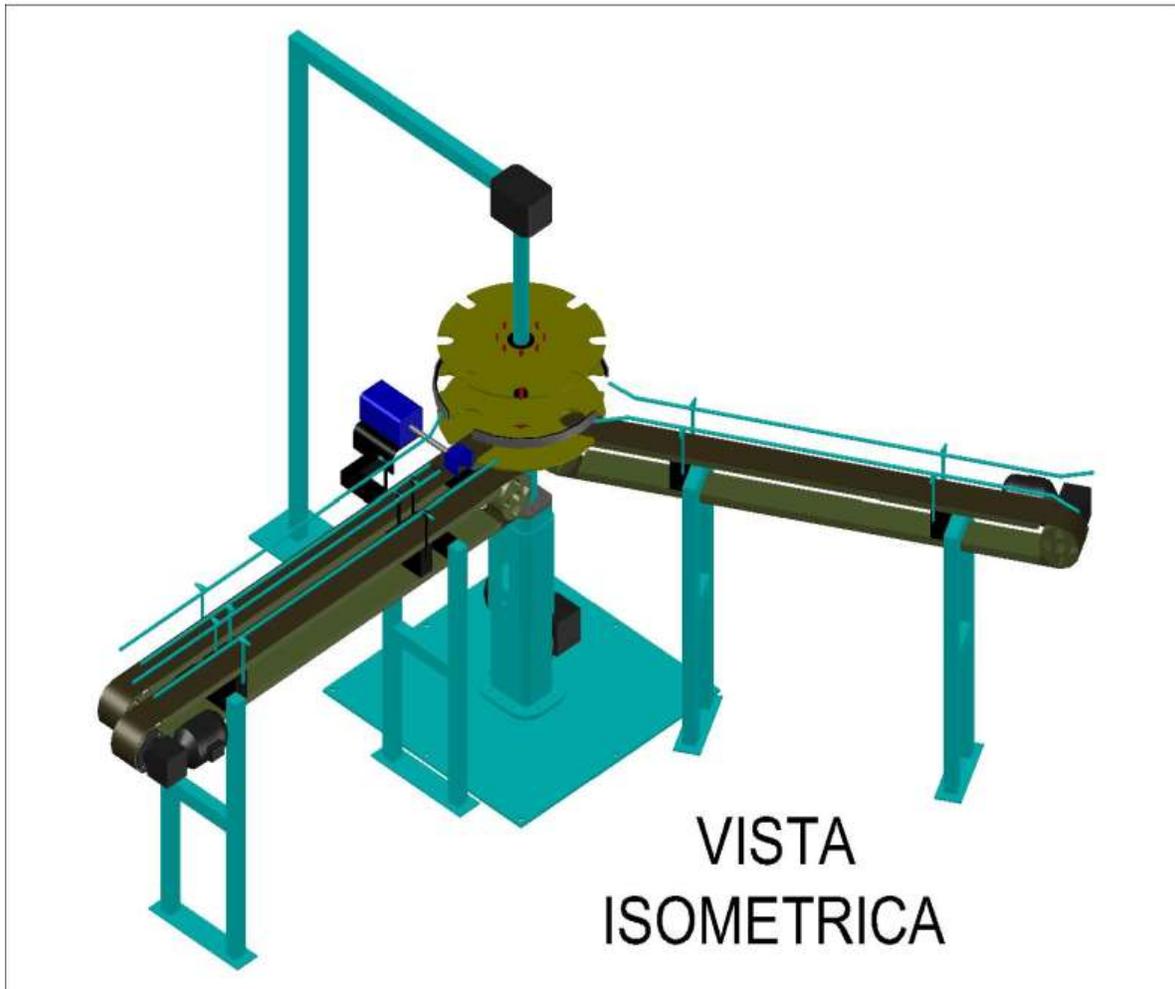
- Molina, D. (2015). *La limitada Comunicación para el Desarrollo en el Municipio de Latacunga genera ausencia del proceso de Reciclaje de Bsura Inorgánica (plástico), en el sector urbano del cantón Latacunga, durante el primer semestre 2011*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Molina, M. (2018). *Caracterización de la gestión de calidad bajo la Norma OHSAS 18001, en las micro y pequeñas empresas del sector manufactura del rubro fabricación de vidrios y productos de vidrios (vidrierías) en la ciudad de Huaraz, 2014*. S/c: ULADECH.
- Montero, S. (2019). *Identificación automática de marcadores lingüísticos de ingredientes de receta de cocina costarricense mediante modelos de lenguaje y clasificadores automáticos*. S/c: Kérwá.
- Montoya, C. (2016). *El recurso humano como elemento fundamental para la gestión de calidad y la competitividad organizacional*. S/c: repository.ucc.edu.co.
- Mora, F. (2016). *Concreto Ecológico a Partir de Material PET, Vidrio y Tapas de Bebidas Refrescantes y Alcohólicas*. S/c: repositorio.unal.edu.co.
- Morales, P. (2016). *ANÁLISIS DE LOS MECANISMOS DE FALLA EN BARRAS PULTRUIDAS DE RESINA*. S/c: Congreso Internacional de metalurgia y materiales.
- Muños, M. (2016). *Sistema de Gestión de la calidad*. S/c: UVM.
- Nadine, J. (2017). *La Hispania antigua y medieval a través del vidrio: la aportación de la arqueometría*. ELSEVIER.
- Olmos, B. (2018). *Estimación del daño en paneles de vidrio*. Hidalgo: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Omron Electronics Iberia. (2019). *AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0*. Obtenido de AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0: <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/243047-Pepperl-Fuchs-lanza-sensores-opticos-R200-R201-distancias-operativas-mas-largas.html>
- Pantoja, P. (2018). *Viabilidad del uso de tubérculos como materia prima para la elaboración de galletas*. Guayaquil: TES.
- Paredes, E. (2019). *Programa de estrategias de investigación en CTA fundamentadas en las teorías de los procesos conscientes y el aprendizaje por descubrimiento para mejorar el desarrollo de capacidades y habilidades en comprensión de información e indagación y experimentación*. Labayenque: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO.
- Pepperl+Fuch. (2021). *www.pepperl-fuchs.com*. Obtenido de [https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid\\_11.htm?view=productdetails&prodid=90346](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_11.htm?view=productdetails&prodid=90346)
- Pepperl+Fuchs. (2015). Obtenido de Pepperl+Fuchs: [https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid\\_2395.htm](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_2395.htm)
- Peralta, J. (2018). *Materia prima, hornos y utillaje en la producción de vidrio de la ciudad de México, siglo XVIII*. Ciudad de México: SciELO.

- Peralta, K. (2019). *Elaboración de un Procedimiento Operativo Estándar de calibración de material volumétrico de vidrio para el Centro de Control de Calidad de Medicamentos de la Universidad Nacional de Trujillo*. S/c: Universidad Nacional de Trujillo.
- Peralta, Mejía, Barrio, & Tulio. (2018). *Creación De Una Fundación Para El Manejo Y Tratamiento De Los Residuos Sólidos Reciclables*. Guayas: DSpace - SPOL.
- Pino, M. (2017). *Papa: materia prima para colorantes*. S/c: INIA.
- Prieto, B. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos De Contabilidad*, 18-46.
- Ramos, A. (2017). *Modelo probabilístico para el dimensionamiento de elementos de vidrio estructural bajo sollicitación estática y dinámica*. Dialnet.
- Reyes, J. (2018). *Envase de vidrio en recto*. S/c: SciELO Perú.
- Rodríguez, D. (2020). *La evaluación en tecnología e informática en la educación básica secundaria: ¿una práctica formal o formativa?* Bogotá: Universidad.
- Rodríguez, R., Escamilla, A., & Cuevas, J. (2016). *Cambios en la inversión tecnológica y su relación con la desigualdad salarial y productividad laboral en la manufactura de México*. México: Universidad Autónoma de Coahuila.
- Rojas, C. (2019). *La economía circular: modelo de gestión de calidad en el Perú*. S/c: PURIQ.
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. LIMA: Universidad Ricardo Palma.
- SENA. (2014). *Sistema de biblioteca del SENA*. Obtenido de Sistema de biblioteca del SENA: [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos\\_maquinas/vol7/volumen07.html](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol7/volumen07.html)
- Serway, R., Vuille, C., Faughn, J., & Campos, V. (2010). *Fundamentos de física*.
- Shigley, J., Nisbett, J., & Budynas, R. (2019). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw-Hill Interamericana.
- Sidex. (2018). Obtenido de Sidex: <http://www.sidex.es/es/sistemas-de-posicionamiento/>
- Torres, J. (2019). *Uso del vidrio reciclado en el diseño de mezcla asfáltica para la Av. Chulucanas entre Av. Sánchez Cerro y Av. Principal de Santa Margarita- Piura, 2018*. S/c: repositorio.ucv.edu.pe.
- Vladimir, A. (2011). *Slideplayer*. Obtenido de Slideplayer: <https://slideplayer.es/slide/1645335/>
- Zarzo, A. (2016). *Evaluación del comportamiento tribológico de recubrimientos híbridos vidrio/grafeno del sistema Y2O3-Al2O3-SiO2*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

## ANEXOS

### Anexo 1

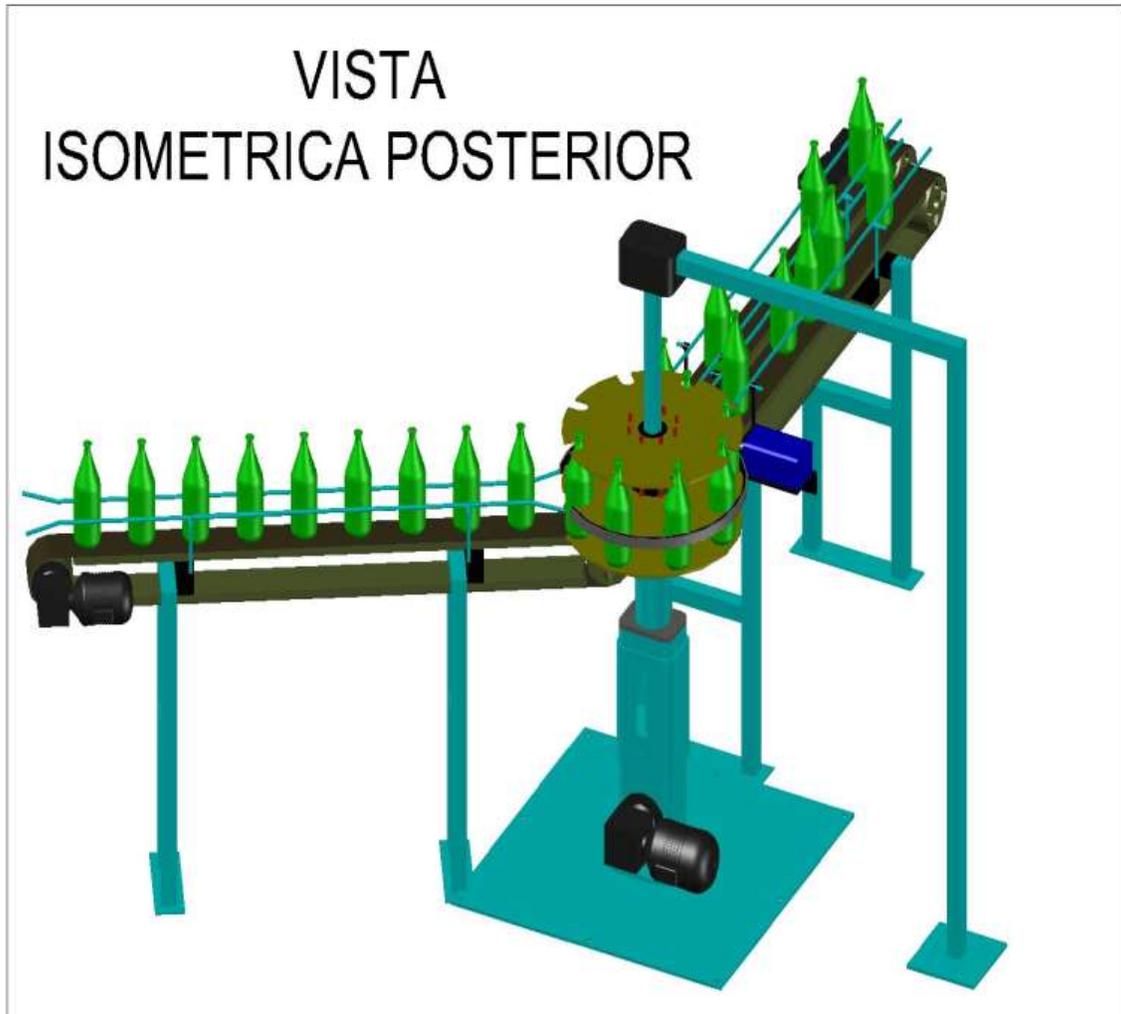
*Diseño del sistema clasificador de botellas de vidrio (Vista isométrica)*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 2**

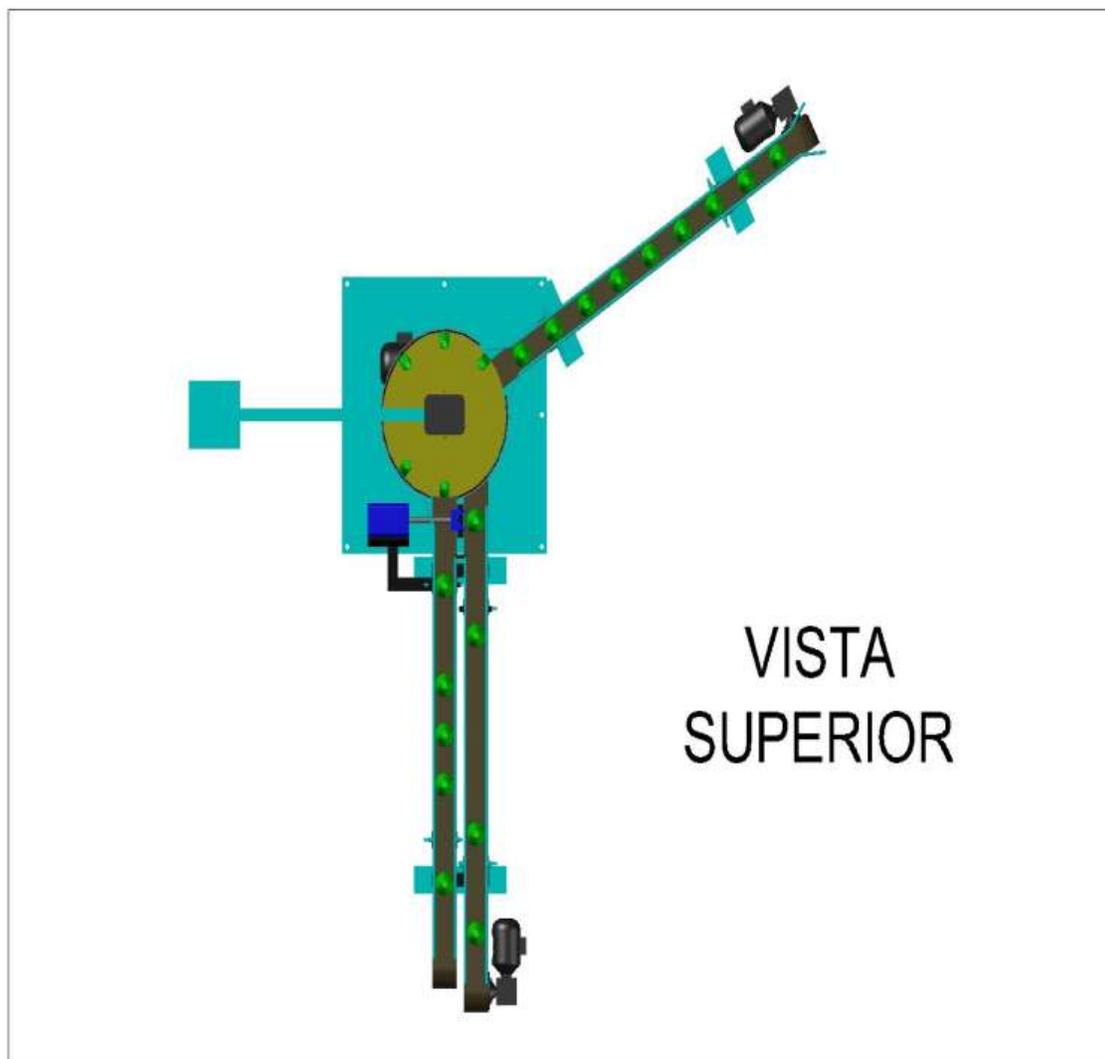
*Diseño del sistema clasificador de botellas de vidrio (Vista isométrica posterior)*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3**

*Diseño del sistema clasificador de botellas de vidrio (Vista superior)*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 4**

*Diseño del motor del eje principal de la selectora de botellas*

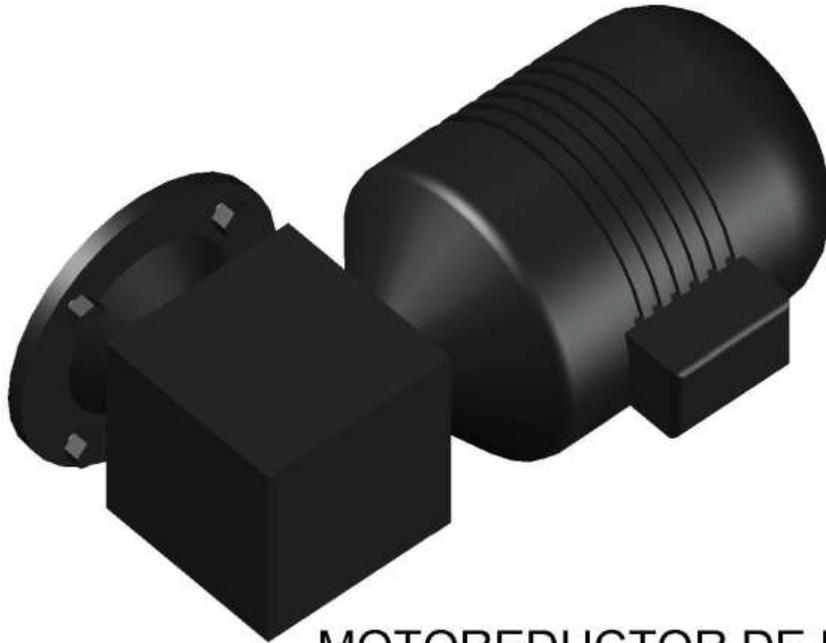


**MOTOR DEL EJE PRINCIPAL**

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 5**

*Diseño del motor del motorreductor de la banda transportadora*



MOTOREDUCTOR DE BANDA  
TRANSPORTADORA

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6***Montaje del sistema posicionador de botellas de vidrio*

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 7**

*Toma de medidas del plato superior del sistema posicionador de botellas de vidrio*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 8**

*Montaje del plato superior al sistema posicionador de botellas de vidrio*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 9***Encapsuladora de botellas del sistema posicionador*

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 10**

*Sistema posicionador de botellas de vidrio totalmente ensamblado*



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 11***Sistema de correas del sistema posicionador de botellas*

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 12**

*Correa de transmisión del eje principal del sistema posicionador de botellas de vidrio*



Fuente: Elaboración propia