



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA DOSIFICADORA DE  
CONDIMENTOS PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA  
TRÉBOL ROJO S.A.S.**

**Brayan Julián Parra Torres**

**Oscar David Gómez Benavidez**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Ciudad, Colombia  
Año 2021

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA DOSIFICADORA DE  
CONDIMENTOS PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA  
TRÉBOL ROJO S.A.S.**

**Brayan Julián Parra Torres**

**Oscar David Gómez Benavidez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director:

Ingeniero Carlos Arturo García Gómez

Línea de Investigación:

Implementación de máquinas en pequeñas industrias.

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ciudad, Colombia

Año 2021

*Dejen que el futuro diga la verdad y evalúe a cada uno de acuerdo a sus trabajos y a sus logros. El presente es de ellos, pero el futuro, por el cual trabajé tanto, es mío.*

*Nikola Tesla*

## Resumen

El presente proyecto explica el diseño y la implementación de una dosificadora volumétrica semiautomática para la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S, con el objetivo de dosificar diferentes condimentos en polvos. El desarrollo de esta máquina fue conformado por el diseño de: una tolva que tiene capacidad para 30 kilos con alimentación manual, un disco rotatorio que contiene tres contenedores telescópicos o moldes volumétricos, este disco se encuentra acoplado a un sistema mecánico dirigido por un motor AC con caja reductora, cuenta con un control de operación (ON/OFF) en el disco rotatorio, además de un control de seguridad (Paro de emergencia), el sistema funciona teniendo en cuenta las cantidades específicas de la producción, teniendo como base moldes de libra o media libra según la demanda de producción.

La implementación de esta máquina en las instalaciones de la empresa demostró un aumento en los estándares de los procesos de productividad en la cuarta etapa de producción de la empresa, proporcionando una mejora en la ejecución de sus tareas, reduciendo el tiempo de producción y minimizando el recurso humano en el área de dosificado.

Por último, se pueden encontrar los planos descriptivos del diseño, el plano eléctrico y los manuales de funcionamiento de la máquina con el respectivo mantenimiento del sistema dosificador, realizados con asesoría y aprobación de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S.

**Palabras clave: Sistema dosificador, implementación, optimización.**

## **Abstract**

This project explains the design and implementation of a semiautomatic volumetric dispenser for the company TRÉBOL ROJO S.A.S, with the aim of dispensing different powdered condiments. The development of this machine was shaped by the design of: a hopper that has a capacity for 30 kilos with manual feeding, a rotating disk that contains three telescopic containers or volumetric molds, this disk is coupled to a mechanical system directed by an AC motor with gearbox, it has an operation control (ON / OFF) on the rotating disk as well as a safety control (Emergency stop), the system works taking into account the specific quantities of production, whether it is pound molds or half a pound according to production demand.

The implementation of this machine in the company's facilities, demonstrated an increase in the standards of productivity processes in the fourth stage of production of the company, providing an improvement in the execution of its tasks, reducing production time and minimizing the human resource in the dosing area.

Finally, you can find both the descriptive drawings of the design, electrical plan and operating manuals of the machine with the respective maintenance of the dosing system, carried out with the advice and approval of the company TRÉBOL ROJO S.A.S.

**Keywords: Dosing system, implementation, optimization.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IV</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>X</b>
<b>1. Descripción General</b> .....	<b>14</b>
1.1 Planteamiento y descripción del problema .....	14
1.2 Justificación.....	19
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General .....	20
1.3.2 Objetivos Especificos.....	20
1.4 Alcance .....	21
<b>2. Marco teórico</b> .....	<b>22</b>
2.1 Sistemas de dosificación de bajo volumen .....	22
2.1.1 Definición.....	22
2.1.2 Tipos de dosificadores .....	22
2.1.3 Dosificador volumétrico.....	23
2.1.4 Dosificador a tornillo sin fin .....	23
2.1.5 Dosificador por medio de balanza multi cabezal .....	24
2.1.6 Dosificador a tornillo y balanza .....	25
2.2 Normatividad y sanidad en la industria alimenticia en Colombia.....	25
2.2.1 Materiales necesarios en la construcción de sistemas de dosificación .....	26
2.2.1.1 Acero Inoxidable.....	27
2.2.1.2 Politetrafluoroetileno.....	28
2.3 Elementos de diseño para un sistema dosificador.....	29
2.3.1 Eje de transmisión .....	29
2.3.2 Tolva.....	30
2.3.3 Estructura .....	30
2.3.4 Lógica cableada.....	30
2.3.5 Motor de inducción .....	31
2.3.6 Caja reductora .....	32
2.3.7 Elementos de seguridad del mecanismo .....	32
2.3.7.1 Interruptor termomagnético .....	32
2.3.7.2 Sensor capacitivo .....	33

2.3.7.3	Paro de emergencia .....	33
2.4	Análisis de software de diseño .....	34
2.4.1	Autodesk Inventor .....	34
2.4.2	SolidWorks .....	34
2.4.2.1	SolidWorks Electrical .....	34
2.5	seguridad y operabilidad de máquinas dosificadoras .....	35
<b>3.</b>	<b>Cálculos y diseño .....</b>	<b>36</b>
3.1	Selección del sistema de dosificación .....	36
3.1.2	Sistema de control .....	38
3.1.3	Dimensiones .....	38
3.1.4	Mecanismos .....	39
3.1.5	Material .....	39
3.1.5.1	Selección de Acero inoxidable .....	39
3.1.5.2	Selección politetrafluoroetileno.....	40
3.2	Obtención de datos del producto .....	40
3.2.1	Resultado de las pruebas de densidad.....	40
3.3	Dimensionamiento de la tolva .....	41
3.3.1	Dimensionamiento del soporte de la tolva .....	44
3.4	Dimensionamiento de vasos volumétricos. ....	47
3.4.1	Dimensionamiento del soporte disco inferior. ....	48
3.5	Dimensionamiento de la columna que soportara la tolva .....	51
3.6	Dimensionamiento del eje.....	53
3.7	Selección y dimensionamiento del motor y motor reductor. ....	54
<b>4.</b>	<b>Desarrollo metodológico .....</b>	<b>55</b>
4.1	Fase 1. Análisis y Diseño del sistema de dosificación.....	55
4.1.1	Tipo de productos a dosificar .....	55
4.1.5.1.1	Tolva y soporte de la tolva.....	56
4.1.5.1.2	Soporte del disco inferior.....	56
4.1.1	Presupuesto .....	57
4.2	Fase 2. Planeación. ....	57
4.2.1	Desarrollo de la tolva.....	58
4.2.2	Desarrollo de los moldes volumétricos .....	59
4.2.3	Desarrollo de los discos. ....	60
4.2.4	Desarrollo del eje .....	60
4.3	Fase 3. Ejecución. ....	61
4.3.1	Construcción de la tolva y sus respectivos soportes.....	61
4.3.2	Construcción de la estructura y puesta de ruedas .....	63
4.3.3	Desarrollo del soporte del motorreductor y chumaceras.....	63
4.3.4	Construcción de los discos y moldes volumétricos de libra y media libra.....	64
4.3.5	Ensamble del sistema de dosificación .....	65
4.3.6	Implementación .....	65
4.4	Fase 4. Evaluación. ....	67
<b>5.</b>	<b>Resultados obtenidos.....</b>	<b>70</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>72</b>

# Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1-1</b> <i>Etapa uno:</i> Alistamiento y preparación de equipos e ingredientes .....	15
<b>Figura 1-2</b> <i>Etapa dos:</i> Tratamiento de la materia prima .....	15
<b>Figura 1-3</b> <i>Etapa tres:</i> Homogenización de las sustancias.....	15
<b>Figura 1-4</b> <i>Etapa cuatro:</i> dosificación.....	16
<b>Figura 1-5</b> <i>Etapa cinco:</i> Almacenamiento. ....	16
<b>Figura 1-6</b> Evaluación de los tiempos de producción en función de las actividades. Como se observa en la parte central, las etapas que mayor tiempo demandan son la etapa 3 y 4, colores verde y morado respectivamente. ....	18
<b>Figura 1-7</b> Cuarta etapa de producción de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S. (tanto la dosificación como el empaquetado se realiza manualmente, ocasionando latencias importantes en el proceso) .....	18
<b>Figura 2-1</b> Dosificador volumétrico .....	23
<b>Figura 2-2</b> Dosificador a tornillo sin fin.....	24
<b>Figura 2-3</b> Dosificador por medio de balanza multi cabezal.....	24
<b>Figura 2-4</b> Dosificador a tornillo y balanza .....	25
<b>Figura 2-5</b> Propiedades y características técnicas de PTFE .....	28
<b>Figura 2-6</b> Eje de transmisión .....	29
<b>Figura 2-7</b> Tipos de tolvas .....	30
<b>Figura 2-8</b> Motor de inducción .....	31
<b>Figura 2-9</b> Caja reductora.....	32
<b>Figura 2-10</b> Interruptor termomagnético.....	32
<b>Figura 2-11</b> Sensor capacitivo .....	33
<b>Figura 2-12</b> Botón de paro de emergencia.....	33
<b>Figura 3-1</b> Gramaje de los productos; Color rojo, Color amarillo y Pimienta en polvo ....	41
<b>Figura 3-2</b> Variables del cono truncado .....	42
<b>Figura 3-3</b> Área del cono truncado.....	42
<b>Figura 3-4</b> Diagrama de cuerpo libre de la viga que soportara la tolva .....	45
<b>Figura 3-5</b> Diagrama fuerza cortante de la tova .....	46
<b>Figura 3-6</b> Diagrama de momento flector de la tolva.....	46
<b>Figura 3-7</b> Diagrama de cuerpo libre del disco superior .....	49
<b>Figura 3-8</b> Diagrama de fuerza cortante del disco .....	50

<b>Figura 3-9</b> Diagrama de momento flector del disco .....	50
<b>Figura 3-10</b> Ficha técnica del motor reductor. ....	54
<b>Figura 4-1</b> Diseño máquina dosificadora .....	58
<b>Figura 4-2</b> Plano eléctrico del sistema dosificador.....	58
<b>Figura 4-3</b> Dimensionamiento de la tolva con sus respectivas medidas en milímetros ...	59
<b>Figura 4-4</b> Dimensionamiento de molde volumétrico (Capacidad 1 Libra), con sus respectivas medidas en milímetros .....	59
<b>Figura 4-5</b> Dimensionamiento de disco superior giratorio, con sus respectivas medidas en milímetros .....	60
<b>Figura 4-6</b> Dimensionamiento de disco inferior estático, con sus respectivas medidas en milímetros .....	60
<b>Figura 4-7</b> Eje de transmisión del sistema dosificador.....	61
<b>Figura 4-8</b> Construcción de la tolva .....	62
<b>Figura 4-9</b> Soportes de la tolva .....	62
<b>Figura 4-10</b> Desarrollo, construcción de la estructura y ruedas .....	63
<b>Figura 4-11</b> Soportes y montaje del motor, caja reductora y eje sobre la estructura.....	64
<b>Figura 4-12</b> Construcción de moldes volumétricos, Disco inferior y superior .....	64
<b>Figura 4-13</b> Ensamble del sistema de dosificación.....	65
<b>Figura 4-14</b> Tiempo de optimización antes y después de la dosificación en cantidades de media libra .....	68
<b>Figura 4-15</b> Tiempo de optimización antes y después de la dosificación en cantidades de libra.....	69

# Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Estimación promedio de tiempos de trabajo del personal para cada una de las etapas en la cadena de producción. (Fuente: TRÉBOL ROJO S.A.S).....	17
<b>Tabla 2</b> Diagrama de flujo de la línea de producción para el procesamiento de condimentos EL TRÉBOL ROJO S.A.S.....	17
<b>Tabla 3</b> Tabla de características técnicas del acero inoxidable AISI 304.....	27
<b>Tabla 4</b> Tabla de recomendaciones sobre mecanizado del acero inoxidable AISI 304...	28
<b>Tabla 5</b> Comparación de los diferentes sistemas dosificadores posibles para la construcción y diseño, teniendo en cuenta los criterios mínimos para la selección, con su respectiva calificación.....	36
<b>Tabla 6</b> Matriz con los cálculos, en la cual se comparan los resultados de la calificación con el porcentaje de aprobación asignado a cada uno de los criterios .....	37
<b>Tabla 7</b> Ventajas y desventajas al seleccionar el sistema dosificador volumétrico .....	38
<b>Tabla 8</b> Factor de diseño (N).....	46
<b>Tabla 9</b> Propiedades de tubo 0.060*0.060 m de acero inoxidable AISI 304 .....	51
<b>Tabla 10</b> Catálogo técnico de tubos estructurales en acero inoxidable. ....	56
<b>Tabla 11</b> Presupuesto consolidado en el diseño e implementación de la dosificadora volumétrica.....	57
<b>Tabla 12</b> Lista de chequeo general para evaluar las condiciones básicas de planeación técnica de diseño del sistema dosificador en la compañía EL TRÉBOL ROJO S.A.S. ...	66
<b>Tabla 13</b> Evaluación de optimización de tiempos, sin implementar vs implementando el sistema de dosificación en porciones de media libra .....	68
<b>Tabla 14</b> Evaluación de optimización de tiempos, sin implementar vs implementando el sistema de dosificación en porciones de libra.....	69

# Introducción

La compañía TRÉBOL ROJO S.A.S es una entidad privada, dedicada exclusivamente a la fabricación y distribución de condimentos; se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá D.C en la localidad de Bosa, barrio Bosa Centro. Es una compañía la cual lleva en el mercado más de cinco años, produciendo y especializándose cada día en sus productos alimenticios como: el bicarbonato, la pimienta, color, salsa; entre otros productos y subproductos de otras especias. Las principales metas de TRÉBOL ROJO S.A.S, son emprender y demostrar que sus productos son elaborados de manera única, buscando una visión tecnológica en su línea de producción [1].

Como antecedente en la realización de proyectos similares, el mercado actual cuenta con sistemas de dosificación totalmente automatizado; empresas colombianas implementan estos mecanismos para tener un mayor impacto en el mercado y mejorar el tiempo en sus procesos, además cabe resaltar que existen compañías que cuentan con máquinas mucho más robustas, por ende, más costosas y de difícil adquisición a empresas pequeñas y medianas. Las compañías de gran magnitud como las arroceras del país, ARROZ DIANA [2], ROA [3]; compañía que procesan especias, productos y subproductos alimenticios como CONDIMENTOS EL REY [4]; empresas farmacéuticas, entre otras, cuentan con un sistema de dosificación bastante robusto, con una infraestructura muy amplia y un alto nivel de demanda.

Empresas como FESTO, BOSCH, ITEPACP, dedicadas a la realización de maquinaria para diferentes procesos, ofrecen dosificadoras para granos, polvos, líquidos, con costos muy elevados y para infraestructuras grandes, lo que conlleva a que pequeñas y medianas empresas no puedan adquirir este tipo de máquinas.

En Colombia, empresas como TEM S.A.S, MAPLASCALI SAS, MSA COLOMBIA, e INTERTEC, ofrecen sistemas dosificadores a precios accesibles ya sean para grandes y medianas empresas en donde el precio varía a partir de la capacidad de almacenamiento y dosificado, automatización total o parcial, de este modo partiendo de los parámetros más básicos de una la dosificadora sencilla, puede llegar a un costo entre los ocho y los quince millones de pesos colombianos. Con base en la investigación realizada, se evidenciaron proyectos de grado similares y artículos, los cuales se han constatado en universidades tales como:

1. UNIVERSIDAD DE LA SALLE la cual presenta el proyecto, "*Prototipo de una máquina automática dosificadora de cocteles*" [5], que es capaz de dosificar cocteles de 750ml y 1000ml con una desviación estándar de 0.7ml. Esta máquina cuenta con cuatro partes principales: Bastidor, Dosificador, Mecanismo de desplazamiento, base principal y diseño electrónico de seis etapas.

2. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA con el proyecto, "*Construcción de una máquina dosificadora de chocolate*" [6], realizado en la microempresa del sector alimenticio MAXICAFE haciendo un mecanismo semiautomático donde sus componentes principales son: una tolva, pistones de dosificación, base y boquillas para la fabricación de bombones de chocolate.

3. UNIVERSIDAD DE SAN BUENA AVENTURA con su proyecto, "*Diseño y construcción de una máquina dosificadora de grano pequeño para pequeñas industrias*" [7], donde se escoge un método que consta de un tornillo sin fin acoplado a un motorreductor, apoyado por microcontroladores en el pesado y una banda transportadora; comparando la eficiencia de dos empresas que hacen la dosificación de 500, 1000 y 1500 gr de forma manual.

4. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA presenta el proyecto "*Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo*" [8], Su enfoque principal será el cálculo y el diseño del dosificador, desarrollando un proyecto evaluado por sistemas de simulación y modelamiento para jabón en polvo, el cual mejorará los tiempos de fabricación del producto para medianas empresas.

5. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO con el proyecto “*Diseño y construcción de un prototipo de una máquina dosificadora y selladora para condimentos*” [9], este proyecto se presenta para la empresa de condimentos EXTRACTOS ANDINOS S.A con el fin de reducir el tiempo de llenado y sellado de los sachet. El sistema de dosificación tiene la capacidad de trabajar con cualquier condimento ya que cuenta con un giroscopio el cual es ajustable, garantizando así la ejecución de llenado. Cabe resaltar que este es un proyecto muy similar al presente en cuanto a su finalidad y desarrollo permitiendo tener una visión de viabilidad.

6. MÁQUINA DOSIFICADORA VOLUMETRICA Y SELLADORA DE MANÍ ENCONFITADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL [10], es un artículo presentado por la Universidad Técnica del Norte ubicada en Ecuador, donde se puede observar un modelo de diseño el cual consta de una tolva, disco giratorio, vasos dosificadores, un disco fijo y una tolva de descarga.

# 1.Descripción General

## 1.1 Planteamiento y descripción del problema

La compañía TRÉBOL ROJO S.A.S cuenta con una línea de producción derivada en cinco etapas, las cuales son, **etapa uno:** En esta sección los trabajadores alistan y preparan los equipos e ingredientes para la posterior realización de los productos (ver figura1-1); **etapa dos:** En esta sección los operarios son los encargados del debido tratamiento de la materia prima, como preparar y moler las porciones exactas de sustancias para la elaboración de sus productos (ver figura 1-2); **etapa tres:** Homogenización de las sustancias, donde todos los ingredientes son vertidos y mezclados para una etapa final de conformación del producto (ver figura1-3); **etapa cuatro:** Dosificación, los operarios vierten sus productos tentativamente en bolsas de media libra y libra, esta operación se realiza en tandas de 25 kg, hasta completar 250kg de su producto, completando su producción diaria (ver figura 1-4) y culminando en la **etapa cinco:** Almacenamiento ver figura 1-5.

De acuerdo con inspecciones realizadas, se constató que la cuarta etapa presenta deficiencias, como una operación y una estructura del proceso de dosificación que exigen un tiempo mayor al necesario, la medición y el comportamiento de sus equipos no son suficientes para que el trabajador se desempeñe de manera correcta; lo que lleva a un desgaste operativo, limitando los procesos en jornadas que exigen una mayor productividad, de igual manera llevando a sus equipos a mayores tiempos de producción y un aumento en sus costos de mantenimiento.

Debido a los anteriores inconvenientes, su fuente principal y su único recurso de efectividad es el esfuerzo que dedican día a día sus operarios y encargados en estas

desgastantes labores, puesto que todos sus procesos deben tener a cargo dos personas, extendiendo sus horas laborales y aumentando el agotamiento al finalizar cada semana.

**Figura 1-1** *Etapa uno:* Alistamiento y preparación de equipos e ingredientes



**Fuente:** Propia.

**Figura 1-2** *Etapa dos:* Tratamiento de la materia prima



**Fuente:** Propia

**Figura 1-3** *Etapa tres:* Homogenización de las sustancias



**Fuente:** Propia.

**Figura 1-4** *Etapa cuatro:* dosificación



**Fuente:** Propia.

**Figura 1-5** *Etapa cinco:* Almacenamiento.



**Fuente:** Propia.

Vale la pena destacar que, para el funcionamiento adecuado de toda la cadena de producción, todas las etapas deben cumplir su tarea en el menor tiempo posible, ya que un retraso en alguna de estas etapas podría afectar significativamente todo el proceso.

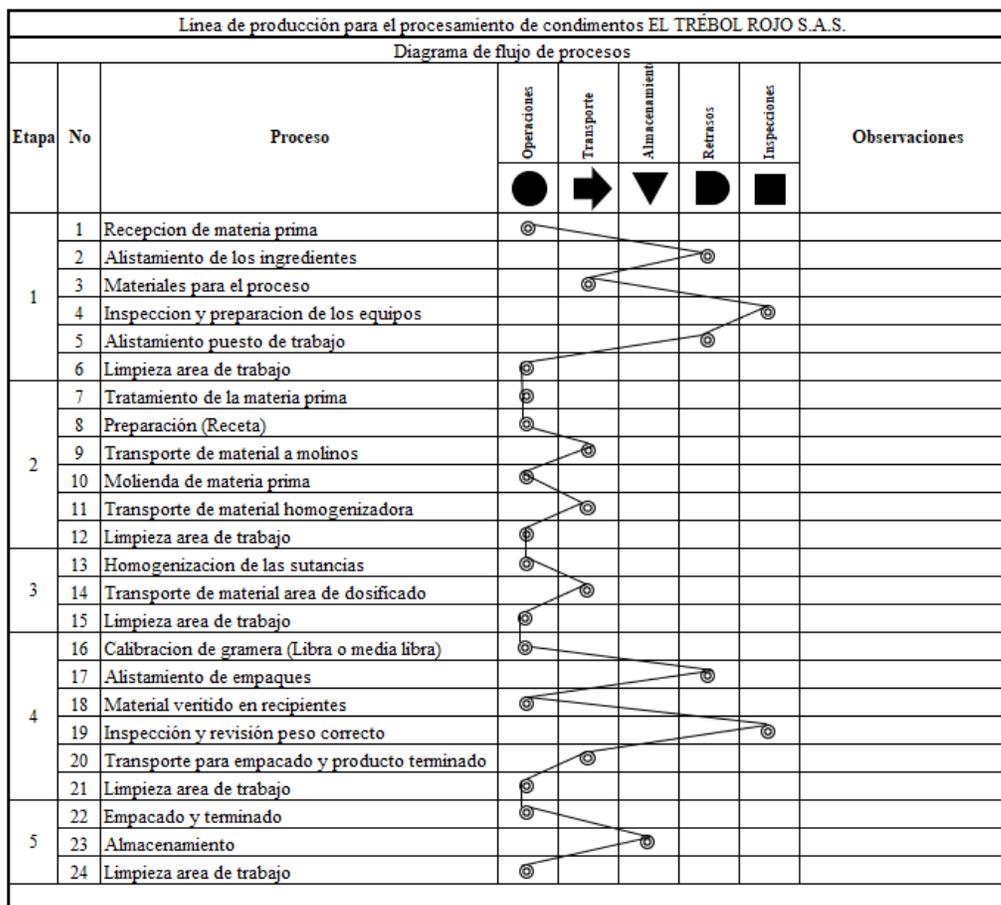
A continuación, se muestra en la tabla 1, una estimación promedio de los tiempos que requiere cada una de las etapas dentro de la línea de producción, los valores de los tiempos fueron tomados en diferentes visitas realizadas a la empresa y en diferentes jornadas, consolidando un valor total en minutos de la preparación de herramientas y personal, producción y limpieza. Además, en la tabla 2 se detalla la operación con un diagrama de flujo de acuerdo a la línea de producción de la compañía para sus procesos productivos de fabricación, empaque y almacenamiento de condimentos.

**Tabla 1** Estimación promedio de tiempos de trabajo del personal para cada una de las etapas en la cadena de producción. (Fuente: TRÉBOL ROJO S.A.S)

Etapas	Preparación de herramientas y personal (min)	Producción (min)	Limpieza (min)
1	5	45	5
2	10	74	10
3	15	96	25
4	5	230	10
5	5	50	15
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>495</b>	<b>65</b>

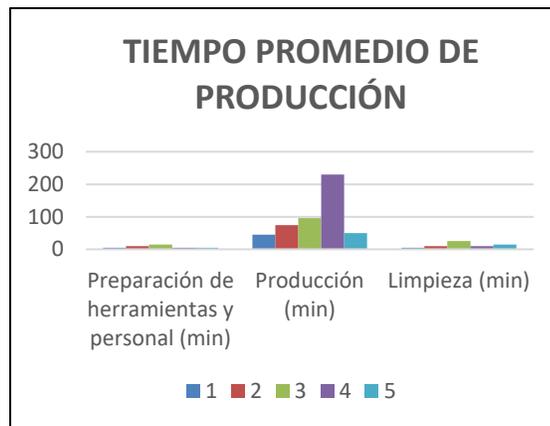
Fuente: Propia.

**Tabla 2** Diagrama de flujo de la línea de producción para el procesamiento de condimentos EL TRÉBOL ROJO S.A.S.



Fuente: Propia.

**Figura 1-6** Evaluación de los tiempos de producción en función de las actividades. Como se observa en la parte central, las etapas que mayor tiempo demandan son la etapa 3 y 4, colores verde y morado respectivamente.



**Fuente:** Propia.

Luego de una evaluación del proceso y con los datos suministrados por el gerente de la compañía, se detectó que el principal inconveniente, Es que su eficiencia no es la mejor, es en el área de dosificación (ver figura 1-6), que hace parte de la cuarta etapa de la línea de producción, ya que, teniendo en cuenta los tiempos del proceso, es la etapa en el que incurre una mayor exigencia; este problema radica en que la compañía no cuenta con una máquina la cual dosifique sus sustancias, haciendo así una etapa engorrosa, el proceso de pesar cada uno de sus productos tentativamente por unidad (ver figura 1-7), por ende, aumenta los tiempos de producción a niveles de sobrecarga con sus trabajadores y disminuye la eficiencia en sus procesos.

**Figura 1-7** Cuarta etapa de producción de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S. (tanto la dosificación como el empaquetado se realiza manualmente, ocasionando latencias importantes en el proceso)



**Fuente:** Propia.

Posteriormente se determina la zona de afectación que posee esta compañía, se ve la necesidad de adaptar un mecanismo en el cual automaticé y proporcione un mayor rendimiento, minimizando la carga laboral y generando un mejoramiento en sus procesos.

## **1.2 Justificación**

La búsqueda de nuevas herramientas, además de la ayuda que brindan las máquinas, ha llevado a las empresas a niveles superiores en virtud de eficiencia, por esto es importante para cualquier compañía que busca mejorar el desarrollo de sus procesos, facilitarles a sus empleados herramientas que puedan optimizar su labor; el apoyo de estos equipos disminuye el tiempo en realizar una actividad, además minimiza la carga laboral del personal [11].

Después de realizado el estudio de la cuarta etapa de producción de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S, se evidencia que el proceso es rústico y poco amigable con el operario, el proceso de operación lo realizan dos personas, el primer encargado debe estar vertiendo la materia procesada en un contenedor, al terminar de depositar toda la sustancia en tandas de 25 kg, se dispone a ayudar al segundo encargado haciendo un gramaje tentativo de la sustancia hasta llegar a un peso establecido por la empresa de libra o media libra según lo requerido, estas bolsas, luego de realizar el pesaje correspondiente, son selladas en la siguiente etapa, esta operación tarda aproximadamente 4 horas para realizar la dosificación de 250 kg de materia procesada.

Por lo tanto, con la implementación de la dosificadora volumétrica, se busca minimizar y optimizar los tiempos de dosificado, proporcionalmente se reduce las pérdidas de materia procesada, dado que, se evidencian malas prácticas de tanteo por conseguir el peso ideal, ocasionando desperdicio del producto en el traslado de un recipiente a otro, y está pérdida se ve reflejada en las cantidades finales de empaçado.

Otro de los aspectos de mejora que traería consigo la implementación de este proyecto, es la disminución del esfuerzo que sus operarios realizan en estos procedimientos, ya que la operación de la máquina requiere menos personal mejorando el ambiente laboral, además los tiempos en los procesos de producción disminuirán, aumentando el rendimiento de operatividad.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e Implementar una dosificadora para condimentos, con una tolva de capacidad máxima de 30 kg, que contenga tres moldes volumétricos intercambiables en un disco rotatorio, dependiendo de la producción podrán manejar 2 medidas de dosificación (media libra y libra), dispuesta a satisfacer la etapa de dosificación de la línea de producción de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar el diseño a partir de los cálculos de los elementos que conformaran el dispositivo y mecanismos del sistema dosificador, como son: parámetros de la tolva, disco rotatorio, acople de contenedores telescópicos para una y media libra, y el acople del motor reductor al sistema, entre otros.
- Elaborar planos descriptivos de los diseños aprobados por la compañía Trébol Rojo S.A.S. y un plano eléctrico por medio de programas CAD como SolidWorks o AutoCAD.
- Implementar el sistema de dosificación y control de operación (ON/OFF) del disco rotatorio, teniendo en cuenta la operatividad segura de los encargados en la zona de implementación.
- Verificar la funcionalidad mecánica y el control de la operación de la dosificadora, para evaluar los resultados obtenidos y la eficiencia, teniendo en cuenta la puesta en marcha del sistema de dosificación en la cuarta etapa de producción.
- Elaborar los respectivos manuales de funcionamiento y mantenimiento del sistema dosificador, y proporcionar capacitación al personal de la compañía, en el manejo y posibles riesgos de la máquina (máximo 2 horas de capacitación).

## **1.4 Alcance**

Con la implementación del proyecto se estima que se podrá alcanzar una reducción de mano de obra de aproximadamente un 50%, con este mejoramiento también se espera que el ambiente laboral sea más agradable y la operatividad sea menos desgastante para el personal.

La operación de esta etapa de dosificación tarda aproximadamente cuatro horas en culminar 250 kg, con la ejecución de la dosificadora se pretende una reducción de tiempo hasta de 125 minutos, de este modo, aumentará la productividad en la cuarta etapa de la línea de producción TRÉBOL ROJO S.A.S. Para alcanzar esta mejora, se debe proporcionar una adecuación correcta, elaborando el sistema de dosificación de tal manera, que no exceda las dimensiones y la complejidad para que así, el operario a cargo pueda realizar su labor sin ninguna dificultad en la operatividad.

La inversión que se pronostica según el consolidado con la compañía es alrededor de 4 millones de pesos, este dinero se contempla teniendo en cuenta la compra de materiales, tales como motor, caja reductora, lamina de acero inoxidable y otros gastos como el mecanizado de las piezas y soldadura.

## **2.Marco teórico**

### **2.1 Sistemas de dosificación de bajo volumen**

#### **2.1.1 Definición**

Los sistemas de dosificación son mecanismos, utilizados con el propósito de facilitar y aumentar la productividad, de manera que al dosificar mecánicamente disminuye el tiempo de los procesos, minimiza el recurso humano, además; se entregan en cantidades iguales los productos. Prestos a un empaquetado posterior, estos dispositivos dan una solución optimizada a cualquier línea de producción, donde siempre de manera racionada se genera una entrega ágil y con el menor desperdicio de la sustancia procesada, siendo este, de gran utilidad en industrias alimenticias [12,13,14].

#### **2.1.2 Tipos de dosificadores**

Se ha identificado que en las industrias son ampliamente utilizados estos mecanismos para optimizar sus procesos; en virtud de que, por medio de operaciones no manuales, sus productos sean dosificados de manera ágil, de este modo, los productos necesitan un sistema que satisfaga este propósito, por ende, se exponen los diferentes tipos de dosificadores dispuestos para una predeterminada labor, entre los más utilizados en industrias alimenticias se encuentran los siguientes: [12,13,15]

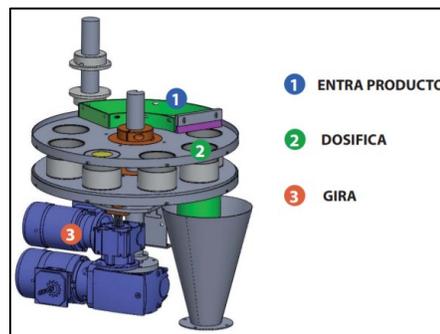
- Dosificador volumétrico
- Dosificador a tornillo sin fin
- Dosificador por medio de balanza multi cabezal
- Dosificador a tornillo y balanza

### 2.1.3 Dosificador volumétrico

Este sistema es bastante conveniente cuando el producto tiene cierta facilidad de deslizamiento, como se muestra en la figura 2-1 en el cual, por medio de una tolva de alimentación, cae a unos recipientes o moldes volumétricos en los cuales se aloja el producto dosificado respecto a especificaciones o necesidades establecidas por la entidad o los niveles de producción que demanden, estos moldes están en un disco giratorio dirigido por un motor, cuando los moldes cruzan por una segunda tolva de desalojo, unas escotillas o un segundo plato con apertura dejan caer el producto por gravedad prestas al empaquetado o envasado posterior.

Esta máquina tiene un uso bastante común en industrias de alimentos por su facilidad y accesibilidad económica. Este dosificador está diseñado para productos sólidos homogéneos [14,15,16].

**Figura 2-1** Dosificador volumétrico

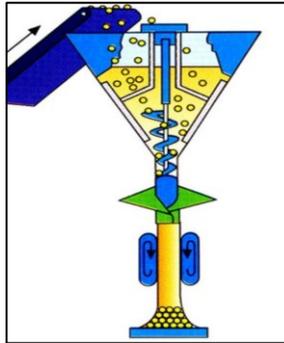


**Fuente:** Span Group S.L, Julio 2010. Dosificador volumétrico productos granulados [Imagen]. Recuperado de [https://www.grupospan.es/wp-content/uploads/2018/08/GRUPOSPAN\\_Dosificador\\_VOLUMETRICO.pdf](https://www.grupospan.es/wp-content/uploads/2018/08/GRUPOSPAN_Dosificador_VOLUMETRICO.pdf).

### 2.1.4 Dosificador a tornillo sin fin

Este sistema funciona mediante una fuente de control, la cual se compone de un tornillo sinfín que atraviesa la tolva de alimentación como se ilustra en la figura 2-2, este dispositivo es utilizado para productos de difícil deslizamiento en el cual, la pendiente de la tolva no es suficiente para que el material llene los contenedores prestos al envasarse, este tornillo funciona de manera independiente, esto quiere decir que, el sentido de giro no es inconveniente ya que el motor de este mecanismo está dirigido por un variador de tensión y temporizado a conveniencia. Está máquina está diseñada para productos en polvos con cierto grado de humedad [16,17].

**Figura 2-2** Dosificador a tornillo sin fin



**Fuente:** Audion. Dosificadora de tornillo Audin. [Imagen]. Recuperado de <https://www.audion.com/es/product/auger-filler/>.

### 2.1.5 Dosificador por medio de balanza multi cabezal

Este sistema como su nombre lo dice tiene múltiples cabezas como se muestra en la figura 2-3, la función de cada cabeza o cabezote es resguardar el material que cae de un elevador de cargas; al llenar sus cabezotes, se hace un gramaje interno de manera precisa y a gran velocidad, de la misma manera, sale empaquetado o envasado ahorrando tiempo de producción y manutención.

Esta máquina tiene un uso elevado en industrias de alimentos y metalmecánicas por su precisión y rapidez, este dosificador está diseñado tanto para sólidos homogéneos como sólidos heterogéneos [15].

**Figura 2-3** Dosificador por medio de balanza multi cabezal



**Fuente:** Alpha pack usa corp., 2019 Dosificadora por medio de balanza multi cabezal. [Imagen]. Recuperado de <https://alphapack.us/es/productos/producto/4>.

## 2.1.6 Dosificador a tornillo y balanza

Este dosificador está impuestado para manejar polvos que no fluyan de manera sencilla en el material, cuenta con una tolva, un tornillo sin fin y un sistema programable de control, este sistema es totalmente automatizado como se detalla en la figura 2-4, el funcionamiento de este mecanismo se basa en que, el tornillo es accionado mediante una señal de inicio, al girar va introduciendo el producto en celdas de carga, de esta manera llega información al PLC (controlador lógico programable) la cual es una computadora que automatiza y controla las acciones mecánicas del dosificador, éste regula la detención o accionamiento del tornillo dependiendo si ha alcanzado o no el peso indicado.

Esta máquina garantiza altos niveles de precisión con un porcentaje de efectividad de alrededor del 99.5% con margen de error del 0.5% [15].

**Figura 2-4** Dosificador a tornillo y balanza



**Fuente:** Guamani Tomas, Duran Tenesaca., noviembre 2012 Dimensionamiento y construcción de una máquina para el dosificado y sellado de envases de yogurt semiindustrial con el uso de un mini PLC para la empresa Infaine. [Imagen]. <https://docplayer.es/77668248-Escuela-politecnica-nacional.html>.

## 2.2 Normatividad y sanidad en la industria alimenticia en Colombia

En Colombia tanto para cualquier país, el tratamiento de las sustancias alimenticias es una fuente primordial para el cuidado y protección de la salud de las personas que lo consumen, por esta razón, existen resoluciones y entidades que mantienen un riguroso protocolo de seguridad alimenticia, en este proyecto se trataran materias primas que deben estar en ciertas condiciones y van a ser expuestas a otras, por ende, es de esencial cuidado tener presente la normatividad establecida para el trato de alimentos [20].

El ministerio de salud y protección social en virtud a esta resolución 2674 del 2013 [19], tienen puntos a tomar con respecto a los principios básicos para tratar las sustancias alimenticias desde equipos y utensilios para un debido procesamiento, hasta en términos de que estos dispositivos deben estar sincronizados y puestos en marcha, deben tener estándares higiénicos y de construcción para tratar por individual sus partes, con el fin de facilitar el mantenimiento del equipo, por medio de la desinfección y limpieza de cada extremidad de la máquina, de esta manera, los materiales de fabricación deben contener cierta resistencia a la corrosión debido a que se va a tener en constante limpieza y cualquier material no soporta estas condiciones, por ende, aceros inoxidable y otros polímeros son utilizados en el desarrollo de máquinas para que cumplan a cabalidad estas exigencias.

La resolución 683, 4142 y 4143 del 2012 [19] se deben cumplir, ya que todas las superficies que estén en contacto con la materia deben ser lisas y no contener algún tipo de filtración o porosidad, teniendo en cuenta que la sustancia podría acumularse y traer contaminación a futuras producciones, los parámetros que con anterioridad se han venido puntuando, son necesarios para una debida y adecuada implementación de cualquier máquina y/o dispositivo que labore con alimentos.

### **2.2.1 Materiales necesarios en la construcción de sistemas de dosificación**

Los tipos de materiales en los cuales se va a enfocar el proyecto, se establecieron teniendo en cuenta la normatividad sanitaria de Colombia, la cual como se ha venido sustentando, es que todo material que este en contacto con los alimentos debe tener una resistencia a la corrosión bastante aceptable, es decir, que pueda soportar variedad de sustancias y no ocasionar algún tipo de reacción como la oxidación, la otra recomendación es que la superficies sean lisas y no contengan algún tipo de imperfección como abolladura o poros en su estructura, ya que esto podría causar acumulación de materia prima y ocasionar daños en el material, por ende, a continuación se presentaran los materiales que se van a utilizar para el sistema de dosificación [19].

## 2.2.1.1 Acero Inoxidable

El acero inoxidable es un material que es utilizado en procesos industriales como fabricación de cualquier tipo de componentes o dispositivos, ya que contiene unas propiedades físicas bastante significativas en la estética o apariencia del material, además su fuerza está involucrada en sus implementaciones de la capacidad anticorrosiva, que se le atribuye al cromo, una aleación y el porcentaje de níquel conformando, el AISI 304, este tipo de acero es bastante conocido por las empresas por su nivel de resistir a los ácidos más oxidantes, además, maneja una desinfección mayor a la de otros aceros comunes, este material es muy utilizado y recomendado para estructuras de cocina y alimentos.

Aunque este acero es bastante resistente tiene unos límites como se muestra en la Tabla 2, donde su composición química tanto física demuestra que es un material resistente en ciertas condiciones ambientales, ya que la durabilidad de este acero se ve afectada por ambientes salinos, además, es susceptible a soluciones de cloruro, en la Tabla 3 se presenta las características y recomendaciones de mecanizado que se consideran para tratar este acero, ya que con una manipulación inadecuada cambia la resistencia mecánica del material [21,22,18].

**Tabla 3** Tabla de características técnicas del acero inoxidable AISI 304

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		304
TIPO AISI		Acero al Cromo - Níquel <b>304</b>
DESIGNACIÓN	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10.5%*
	TIPO AISI	<b>304</b>
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(kg/cm <sup>3</sup> ) 7.9
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm <sup>2</sup> ) 193,000
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K) 500
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K) 15 / 16
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )	16.0 - 17.30
INTERVALO DE FUSIÓN	(C) 1398/1454	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1.008
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(µΩm) 0.72 - 0.73
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm <sup>2</sup> ) 520 - 720 / 540 - 750
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm <sup>2</sup> ) 210 / 230
	ELONGACIÓN (A <sub>5</sub> ) MIN	(%) ≥ 45
	RESILIENCIA KCVL / KVL	(J/cm <sup>2</sup> ) 160 / 180
	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm <sup>2</sup> ) 125 / 97 / 93 RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm <sup>2</sup> ) 147 / 127 / 107
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ1(0 <sup>2</sup> /t (N/mm <sup>2</sup> ) 68 / 42 / 34.5 / 4.9
	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(DC) ENFR. RÁPIDO 1008/1120 NO ES POSIBLE
TRATAMIENTO TÉRMICOS	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C) 1200 / 925
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%
	EMBUCCIÓN	MUY BUENA

\* Son aceptables tolerancias de un 1%

**Fuente:** Carbone Stainless Steel., Ficha técnica del acero inoxidable 1 p. [Tabla]. Recuperado de <https://www.empresascarbone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>

**Tabla 4** Tabla de recomendaciones sobre mecanizado del acero inoxidable AISI 304

Tallado con broca HSS			
Diámetro	25	30	40
Velocidad de corte (vc) m/min	200	200	200
Avance (f) mm/v	0.01	0.12	0.15

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido	
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (vc) m/min	170 - 145	160 - 210	25 - 45	
Avance (f) mm/v	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2	0.1 - 0.5	
Profundidad de corte (ap) mm	3 - 4	0.5 - 1	0.5 - 3	
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10		

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte (vc) m/min	80 - 120	100 - 155
Avance (f) mm/v	0.2 - 0.3	0.2
Profundidad de corte (ap) mm	≤ 4	≤ 0.6
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10

**Fuente:** Carbone Stainless Steel., Ficha técnica del acero inoxidable 2 p. [Tabla]. Recuperado de <https://www.empresascarbone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>

### 2.2.1.2 Politetrafluoroetileno

Es un material plástico con un grado de cristalinidad alto, además posee una resistencia en consideración con ácidos, ozono, bases concentradas, bases diluidas y disolventes orgánicos.

Además, es un material maleable que se puede mecanizar de una manera amigable, no presenta un desgaste mecánico considerable, de manera que tiene un coeficiente de rozamiento bajo y es un auto lubricante bastante resistente a altas temperaturas, antiadherente y con un porcentaje casi nulo de conductor eléctrico, como se muestra en la Figura 2-8, este material cuenta con innumerables aplicaciones en la industria alimenticia debido a su estabilidad sanitaria, es ideal en múltiples aplicaciones de revestimiento, puede ser utilizado en máquinas dosificadoras como sellantes de los moldes volumétricos, cilindro superior e inferior que conforma la tolva y en la elaboración de disco giratorio [23,24].

**Figura 2-5** Propiedades y características técnicas de PTFE

<p><b>PROPIEDADES GENERALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de temperatura de trabajo: -260 a + 260° C.</li> <li>• Excelente resistencia a los hidrocarburos.</li> <li>• Excelente resistencia a la intemperie y a los rayos solares.</li> <li>• Posee baja resistencia al desgaste por roce.</li> <li>• Muy baja absorción de agua.</li> <li>• Antitácido, atóxico, antiadherente, altamente sanitario.</li> <li>• Aprobado para contacto con alimentos.</li> </ul>
<p><b>APLICACIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juntas especiales bajo plano.</li> <li>• Sellos especiales, fuelles, guías.</li> <li>• Arandelas; anillos, esferas, diafragmas.</li> <li>• Cojinetes, ruedas, piezas bajo plano.</li> <li>• Aisladores, piezas antiadherentes, revestimientos.</li> <li>• Piezas de tomógrafos.</li> </ul>
<p><b>PRESENTACION COMERCIAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Planchas</b> Espesores desde 1 mm hasta 50 mm de espesor. Anchos de 300 mm, 500 mm, 1000 mm. Largo 300 mm, 500mm,1000mm o especiales a pedido.</li> <li>• <b>Barras</b> Diámetros desde 10mm hasta 200 mm. Largos 300 mm a 1000 mm.</li> <li>• <b>Barras</b> Consultar medidas.</li> </ul>

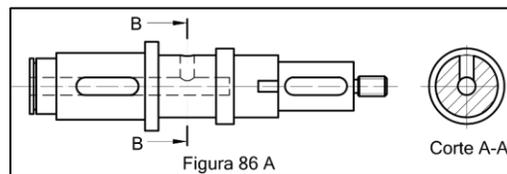
**Fuente:** Indeltec (piezas plásticas de ingeniería), Ficha técnica del politetrafluoroetileno. [Imagen]. Recuperado de <http://www.indeltec.com.ar/ficha-tecnica/PTFE-TEFLON.pdf>

## 2.3 Elementos de diseño para un sistema dosificador

### 2.3.1 Eje de transmisión

Un eje de transmisión o bien llamado árbol como se muestra en la figura 2-6, es un mecanismo que transmite movimiento rotatorio y potencia, un componente que al tener acoplado una pieza guía, ejerce un trabajo para una aplicación específica como por ejemplo transmitir su energía a un disco dosificador. Es parte principal de cualquier sistema mecánico donde la potencia que transmite puede ser desde un motor primario hasta un motor eléctrico [25, p. 531].

**Figura 2-6** Eje de transmisión



**Fuente:** Sanchez Krisrian. Agosto 2013 Dibujo técnico: cortes y secciones. [Imagen]. Recuperado de <http://cortesyseccionesdt.blogspot.com/2013/08/>

A continuación, se presentan algunos parámetros de consideración para el diseño de ejes de transmisión:

1. Determinar las necesidades al que va a estar expuesto el eje, como la velocidad de giro.
2. Identificar las necesidades de potencia.
3. Especificar los elementos que contendrá el eje de transmisión, cabe resaltar que a cada necesidad se satisface, en el número y el lugar del elemento que vaya en el árbol.
4. Determinar las dimensiones de cada elemento puesto en el eje, la longitud y diámetro del mismo.
5. Consideración al desarrollar un eje y sus dispositivos acoplado en una fácil operatividad de montaje y desmontaje, accesibilidad para su mantenimiento, seguridad de piezas y alineamientos para evitar momentos flectores.
6. Hacer el respectivo estudio de cada uno de los esfuerzos a los que van a estar sometidos y los que se producen con regularidad en cualquier sistema.
7. Selección de un material resistente tanto al ambiente al que va a estar expuesto, como al estudio establecido con anterioridad (sus dimensiones) [25,26].

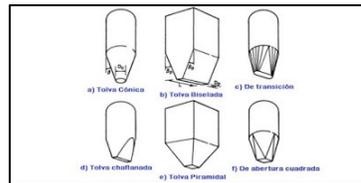
## 2.3.2 Tolva

Es un dispositivo de almacenamiento, contenedor o depósito en forma cilíndrica o cuadrada dependiendo de las solicitudes o necesidades a las que esté dispuesta a servir, el cual tiene por lo general forma de cono invertido, la parte superior se compone de un agujero grande por donde vierten o alimentan con diferentes sustancias y un agujero inferior de menor tamaño, el cual desaloja la materia, finalmente cuenta con una pendiente en su estructura que depende de la sustancia, ya sea granular o pulverizados [13,28].

En sistemas de dosificación la tolva que se usa con más frecuencia es la tolva cónica o piramidal ver (figura 2-7), debido a que se ajusta con los requerimientos estructurales para que el producto tenga la pendiente y las propiedades de deslizamiento necesarias, para que el material no se acumule en el dispositivo.

En las máquinas por lo general es utilizada para la alimentación del sistema por lo general de forma cónica debido a una mayor eficiencia.

**Figura 2-7** Tipos de tolvas



**Fuente:** Tema fantástico, S.A. enero 2017 DISEÑO MECÁNICO DE TOLVAS INDUSTRIALES (PRIMERA PARTE). [Imagen]. Recuperado de <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/01/disenio-mecanico-de-tolvas-industriales.html>

## 2.3.3 Estructura

Es la base o soporte, de un conjunto de elementos acoplados en un solo sistema, es el alma de toda máquina o edificación, este elemento cumple la función de resistir las cargas de cada componente, permitiendo brindar las condiciones específicas de estabilidad y equilibrio, cada articulación o parte de la estructura tiene y satisface con una función específica que conforma una completa ejecución de soportes [25].

## 2.3.4 Lógica cableada

Es un método bastante utilizado en extensos campos industriales, en los cuales se ven involucrados la conformación de lógica cableada para una solución eficaz de

automatización y control, reemplazando microcontroladores y tarjetas controladas, haciendo un manejo más estructural de manera ágil y segura, en donde sus entradas y salidas se ven involucradas por protecciones eléctricas, contactores, relevos, interruptores, botones etc.

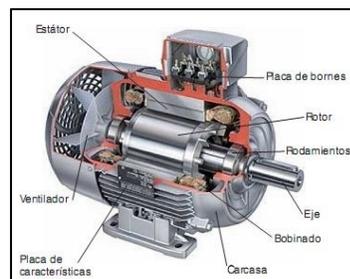
Describiendo sus características de funcionalidad de manera simbólica, permitiendo organizar los circuitos de forma segura, ya sea de tipo eléctrico y/o datos. La contra de manejar esta lógica cableada es el tamaño que ocupa el control además de que sus aplicaciones son limitadas por su complejidad [29,30].

La lógica cableada juega un papel muy importante en la maquina pues ayuda a obtener un control de esta con un sistema muy económico

### 2.3.5 Motor de inducción

Los motores eléctricos como su nombre lo indica, son máquinas que operan con electricidad, ya que es un motor de inducción, no requiere una conexión en la parte del rotor, debido a que este mecanismo transfiere la energía inductiva electromagnéticamente como se muestra en la figura 2-8, en esta parte, es donde se generan cargas eléctricas con el fin de obtener un movimiento que se transmite por el eje, este artefacto tiene bastante aplicación en industrias ya que cumple con el objetivo de generar una ayuda mecánica, además colaborando con un precio accesible, rendimiento a plena carga y bajos costos de mantenimiento [13,27].

**Figura 2-8** Motor de inducción

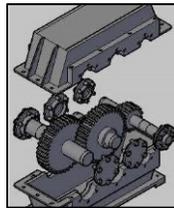


**Fuente:** Rocío Rontome, Argentina. 2011 motores eléctricos. [Imagen]. Recuperado de <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>.

### 2.3.6 Caja reductora

La caja reductora es un mecanismo acoplado al motor, para realizar la función de aumentar o disminuir la velocidad (rpm) del mismo, como se aprecia en la figura 2-9; es una caja con engranes de diferentes tipos como, rectos o helicoidales, cada engrane tiene una tarea específica, la cual si alguno falla todo el sistema queda obsoleto. Este mecanismo es utilizado en dosificadoras para variar la velocidad de dosificado dependiendo las necesidades o exigencias que se requieran [16, p. 77,25].

**Figura 2-9** Caja reductora



**Fuente:** Gutiérrez Juan. Bibliocad reductora 3d y vistas. [Imagen]. Recuperado de [https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/caja-reductora-3d-y-vistas\\_40137/](https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/caja-reductora-3d-y-vistas_40137/).

### 2.3.7 Elementos de seguridad del mecanismo

#### 2.3.7.1 Interruptor termomagnético

Es un aparato protector eléctrico útil para cualquier dispositivo, componente o máquina, este mecanismo combina efectos magnéticos y de temperatura, su funcionamiento deriva de un anclaje magnético, admitiendo cargas eléctricas a cualquier sistema eléctrico; al notar un incremento de amperaje se alerta y abre las compuertas electromagnéticas quitando cualquier contacto y energía, es decir, que un aumento de temperatura incrementa la corriente que transita en el circuito y al exceder la capacidad del dispositivo se interrumpe la señal eléctrica del circuito [29].

**Figura 2-10** Interruptor termomagnético

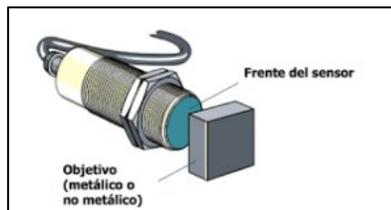


**Fuente:** SIEMENS. 2020 interruptor electromagnético de 50A. [Imagen]. Recuperado de <https://www.grainger.com.mx/producto/SIEMENS-Interruptor-Termomagn%C3%A9tico%2C50A%2C2-Polos/p/56ZC15>

### 2.3.7.2 Sensor capacitivo

Es un objeto capaz de variar las magnitudes tanto físicas, en particular el sensor capacitivo es capaz de detectar un material (vidrio, agua, papel, plástico) que se aproximan hacia él, sin tener algún tipo de contacto físico, como se muestra en la figura 2-11, la función es parecida a un interruptor, cuando detecta un material cierra el contacto enviando una señal a la bobina del contactor, enclavando los contactos de potencia de esta manera generando energía para el sistema acoplado. [14].

**Figura 2-11** Sensor capacitivo



**Fuente:** Ingeniería Mecafenix. Sensor-capacitivo. [Imagen]. Recuperado de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>

### 2.3.7.3 Paro de emergencia

Es un interruptor de fácil accionamiento, el cual su operación es accionar de manera manual o automática ya sea por motivos de producción o en cualquier caso de posible riesgo operativo, su funcionalidad es que al ser accionado ver (figura 2-12), brinda un momento de alivio en la operación, ya que todo el sistema que se encuentre vinculado al paro de emergencia se detendrá inmediatamente, su función es abrir el circuito de potencia des energizando el sistema. [36, p. 102].

**Figura 2-12** Botón de paro de emergencia



**Fuente:** Banner. Botón de Paro de Emergencia para montaje en Panel. [Imagen]. Recuperado de <https://www.bannerengineering.com/mx/es/products/machine-safety/emergency-stop-and-stop-controls/panel-mount-emergency-stop-button.html?sort=4#all>

## **2.4 Análisis de software de diseño**

### **2.4.1 Autodesk Inventor**

Es un software de diseño e ingeniería que trabaja con un vasto conjunto de herramientas, este CAD Inventor® proporciona grandes materiales de estudio de calidad profesional para diseño mecánico en 3D, documentación, simulación totalmente personalizada o con ayudas de bases de datos de otros agentes. Tiene un rendimiento bastante bueno en el campo de trabajo, adquiriendo una combinación potente de capacidades de diseño paramétricos, directo, de formas libres [33].

### **2.4.2 SolidWorks**

Es un software que facilita la creación de planos en 2D y 3D, CAD diseñado para una asistencia por computadora, un modelado de piezas, ensambles mecánicos y eléctricos, desarrollando además planos. El software ofrece un amplio catálogo de posibles soluciones para cualquier proceso que involucre un proceso de desarrollo del producto. Ofrece posibilidades de diseño en los cuales se puede satisfacer la necesidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestión de datos.<sup>1</sup>

#### **2.4.2.1 SolidWorks Electrical**

El software de diseño eléctrico, permite reagrupar la información eléctrica y de diseño mecánico la cual hace una interfaz bastante útil ya que mediante un diseño conjunto se puede recrear todo un proyecto de diseño en un solo programa el cual reduce costos y además optimiza el tiempo de creación de estos proyecto, simplificando el desarrollo de labores eléctricas gracias a una serie de herramientas elaboradas necesariamente para carreras a fin de ingeniería y a gracias a la interfaz intuitiva agiliza el diseño de sistemas unificados, de modo que el trabajo se realiza paralelamente de ambos campos permitiendo desarrollar un producto a plenitud desde los inicios de las etapas de diseño [34]<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Dassault Systèmes SolidWorks (DS SolidWorks). (s. f). Que es y para qué sirve. <https://solid-bi.es/solidworks/>

## **2.5 seguridad y operabilidad de máquinas dosificadoras**

La operabilidad va encaminada a la seguridad, ya que si presenta algún déficit en alguna de estas dos partes puede traer altercados irreversibles, a partir de esto habrá que crear protocolos en equipo, y desarrollar labores preparatorias para minimizar cualquier riesgo y actos inseguros de operación.

Una vez establecidos los posibles errores en la operación se definirán los objetivos y el alcance puesta en análisis, y obtención de datos, de esta manera con una documentación suficiente el equipo de trabajo planificará el programa de prevención de trabajo para su desarrollo. De modo así, evaluar el análisis de riesgos y mostrar resultados cuantitativos, estableciendo valores en magnitudes numéricas de la posibilidad de riesgo esperado y del valor de las consecuencias.

Los componentes de cualquier sistema mecánico o eléctrico en instalaciones son diseñados para saciar las necesidades que se les asigna, deben trabajar a en condiciones normales y tiempos de exigencia, pero deben ser capaces de soportar alteraciones inesperadas sin ser causantes de daños al personal o tercero que se encuentre en el área.

Causas de accidentes en las instalaciones:

1. Fallos de componentes
2. Mal dimensionamiento de componentes internos y externos, corrosión del medio y temperatura
3. Fallos mecánicos
4. Fallos de sistemas de control
5. Fallos de sistema de seguridad
6. Fallos de operabilidad
7. Mala manipulación e intervención de mantenimiento
8. Fallos eléctricos [2,25].

## 3. Cálculos y diseño

### 3.1 Selección del sistema de dosificación

Se analizó los diferentes métodos de dosificación existentes mediante una matriz comparativa para tomar la mejor opción que satisfaga las necesidades presentadas por la compañía El TRÉBOL ROJO S.A.S. En la tabla 5 se muestra la comparación de cuatro diseños posibles de sistemas dosificadores que se estudiaron en los numerales 2.1.3 - 2.1.6, en esta tabla se muestran las ventajas y desventajas de cada sistema dividido en seis criterios mínimos establecidos para diseño, construcción y funcionamiento, dando de esta manera consensuando una calificación ingenieril y empresarial.

**Tabla 5** Comparación de los diferentes sistemas dosificadores posibles para la construcción y diseño, teniendo en cuenta los criterios mínimos para la selección, con su respectiva calificación.

Diseño 1: Dosificadora volumétrica				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	No contiene sellador de empaquetado	La mayoría de sus partes son móviles	5
2	Facilidad de operación	Facilita el material sobrante al no tener	Presenta material sobrante	3
3	Seguridad	Fallas detectables por inspección visual	La mayoría de sus partes son externas	4
4	Mantenimiento	Fácil acceso	Precaución en el ajuste de las piezas	3
5	Efectividad en el descargue	Mayor control en las cantidad del producto	Posible desajuste del disco giratorio o los moldes	4
6	Costo	Bajo costo en el mantenimiento y construcción	Un buen número de partes	3
<b>TOTAL</b>				<b>22</b>

Diseño 2: Dosificadora tornillo sinfin				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	No contiene sellador de empaquetado	Requiere ajustes adicionales por manejo de	3
2	Facilidad de operación	Es totalmente automática	Sobrecargas por densidad del producto	3
3	Seguridad	En su totalidad es sellada	Atrapamiento del operario al realizar mantenimiento	4
4	Mantenimiento	No posee piezas cambiables	Las Fallas no son evidentes por inspección visual	3
5	Efectividad en el descargue	Proceso continuo	Poca exactitud en la entrega	4
6	Costo	Bajo costo en mantenimiento	Alto costo en tornillo sinfin	2
<b>TOTAL</b>				<b>19</b>

Diseño 3: Dosificadora por medio de balanza multi cabezal				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	Contiene sellador	Requiere ajustes adicionales en instalación y	2
2	Facilidad de operación	Es totalmente automática	Operario calificado	2
3	Seguridad	En su totalidad es sellada	Atrapamiento del operario delimitación de área	4
4	Mantenimiento	No posee piezas cambiables	Las Fallas no son evidentes por inspección visual	2
5	Efectividad en el descargue	Proceso continuo y exacto	No posee	4
6	Costo	No posee piezas cambiables	Alto costo en mantenimiento y construcción	2
<b>TOTAL</b>				<b>16</b>

Diseño 4: Dosificadora a tornillo y balanza				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	No contiene sellador de empaquetado	Requiere ajustes adicionales en instalación,	4
2	Facilidad de operación	Es totalmente automática	Sobrecargas por densidad del producto	2
3	Seguridad	En su totalidad es sellada	Atrapamiento del operario al realizar mantenimiento	4
4	Mantenimiento	No posee piezas cambiables	Las Fallas no son evidentes por inspección visual	2
5	Efectividad en el descargue	Proceso continuo y exacto	No posee	4
6	Costo	Bajo costo en mantenimiento	Alto costo en tornillo sinfin y balanza	2
<b>TOTAL</b>				<b>18</b>

Fuente: Propia.

**Tabla 6** Matriz con los cálculos, en la cual se comparan los resultados de la calificación con el porcentaje de aprobación asignado a cada uno de los criterios

Número	Criterio	Porcentaje aprobación	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
1	Facilidad de ensamble o construcción	10%	5	3	2	4
2	Facilidad de operación	15%	3	3	2	2
3	Seguridad	20%	4	4	4	4
4	Mantenimiento	10%	3	3	2	2
5	Efectividad en el descargue	10%	4	4	4	4
6	Costo	35%	3	2	2	2
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	3,5	2,95	2,6	2,8

**Fuente:** Propia.

Como se muestra en la tabla 6 se ve reflejada la información planteada para escoger la mejor opción como sistema dosificador, teniendo en cuenta cada criterio establecido con su respectivo porcentaje de importancia establecido para cada ítem. De esta manera el sistema dosificador seleccionado fue el que más se aproximó y se ajustó a las necesidades de la compañía por facilidad en sus procesos, economía, recomendaciones de fabricación, además de tener la mayor calificación ante los demás diseños fue el sistema de dosificación volumétrico, ya que este sistema está diseñado para productos sólidos homogéneos tales como azúcar, sal, condimentos, en la tabla 7 se profundiza los pros y contras acerca de este sistema, pero se puede apreciar que hay grandes beneficios que satisfacen a las necesidades presentadas.

De acuerdo a esto el sistema dosificador es de tipo volumétrico que consta de una tolva que acumula el producto, vertiéndolos en moldes volumétricos que contendrán la cantidad específica del producto (libra y media libra), siguiendo los estándares y políticas de la compañía, esta tolva va a hacer alimentada manualmente por el encargado de la etapa, la tolva se encuentra fija, mientras que el disco que contienen los vasos gira por el accionamiento de un motor sus revoluciones van a estar comprendidas por la caja reductora. Cuando los vasos pasan justo por debajo de la tolva, se llena con la cantidad deseada, es trasladada hacia el punto de descarga saliendo por una segunda tolva, en el cual que entra a un empaquetado posterior, además de toda la estructura y soportes que comprenden a cada elemento que o disponga.

**Tabla 7** Ventajas y desventajas al seleccionar el sistema dosificador volumétrico

Ventajas
• Los recipientes volumétricos se pueden intercambiar según la cantidad dispuesta en la producción (media libra y libra).
• Rendimiento de operabilidad, dado que se dispone de tres vasos en un solo disco giratorio, además, se puede graduar la velocidad de giro.
• Exactitud aceptable al envasar el producto, debido a que los moldes volumétricos son calculados con densidades específicas el gramaje de los productos no tiene una variación considerable, de igual manera, la compañía maneja cierto porcentaje de error, para corroborar variaciones consideradas.
• Facilidad de mantenimiento, todas las piezas se pueden tratar por individual esto hace el reemplazo de componentes más sencillo.
Desventajas
• Variación en los costos por dimensiones o alguna especificación técnica puesta por la empresa para la máquina, aumentando los gastos y manutención del sistema.

Fuente: Propia.

### 3.1.2 Sistema de control

El sistema de control de la máquina va a estar definido por los siguientes dispositivos: sensor capacitivo, interruptores de muletilla, indicadores lumínicos, interruptor de pedal, sistema de seguridad (paro de emergencia) y sus respectivas protecciones (breaker), este tipo de dosificador tendrá una tensión de 110V. El sistema de potencia consta de dos arranques directos: uno para el modo automático y el otro semiautomático permitiendo así un arranque del motor a plena carga.

### 3.1.3 Dimensiones

Las dimensiones fueron establecidas por la compañía cumpliendo con ciertos parámetros específicos, se consolidó las medidas correspondientes para lograr la mejor adecuación posible, presentó ciertas dificultades ya que el espacio de las instalaciones de la compañía es reducido, para lo cual las máquinas y productos de las diferentes áreas abarcan un 90 % de su capacidad, el área fue delimitada por una zona de planta de 2 m<sup>2</sup> con una altura de 2.30 m, de esta manera la máquina cumplió y no excedió estas dimensiones, con respecto al diseño la altura se estableció no mayor 1.80m ya que el llenado de la tolva es manual, de modo que debe quedar 0.50m de tolerancia para verter el producto.

Para la dimensión de la capacidad de la tolva, debido a que el espacio es muy reducido se tuvo en cuenta las limitaciones por altura que presentaba al momento de ser implementada, de esta manera la altura adecuada se estableció de 0.60m, por ende, se delimito el contenido en kg que la tolva soportaría de igual manera el mínimo requerido de pendiente sería 50° de modo que se obtuvo un diseño eficiente

### **3.1.4 Mecanismos**

Esta sección está relacionada con los instrumentos utilizados y enfocados en la facilidad de obtener un sistema funcional, seguro y de un precio asequible para la compañía, de esta manera se realizó un diseño haciendo uso de una cantidad mayor de mecanismos estándar (dimensiones comunes) disponibles en el mercado, entre los que se pueden destacar:

- Generación de potencia: tipo de motor (Torque y revoluciones requeridas)
- Control: se estableció teniendo en cuenta las solicitudes y parámetros de la compañía, de manera que fuera un sistema dividido en dos partes: llenado y descarga, las cuales con ayuda del sistema de control se desarrolla la operación de manera óptima con respecto al tiempo, donde la orden de arranque del motor la envía el sensor o interruptor de pedal, la detención es generada por un final de carrera esto desenergiza el motor además, gracias a la relación de alta este se detiene de manera inmediata.
- Transmisión de potencia: se elige un sistema mecánico compuesto por: eje, chumaceras y un acople.

### **3.1.5 Material**

El material se seleccionó teniendo en cuenta la resolución 2674 del 2013, del ministerio de salud y protección social, capítulo II que adopta como título Equipos y Utensilios, y capítulo IV que adopta como título Requisitos Higiénicos de Fabricación [19].

La estética de la máquina va a estar ligada al acero inoxidable contando con una estructura sólida en su aspecto, de este modo quedará un sistema estéticamente metálico, ergonómico y económico.

#### **3.1.5.1 Selección de Acero inoxidable**

La selección del material que se utiliza en diferentes tipos de dosificadoras va encabezado a la exigencia a la cual van a hacer sometidos estos mecanismos, ya que se sabe de antemano que los productos tratados son condimentos (polvos), y de igual manera el sistema escogido fue de un dosificador volumétrico, de modo que se necesitó un material que resistiera la corrosión, que fuera maleable, fácil en tratamientos de soldadura, y que cumpliera con los estándares y niveles de sanidad establecidos por el Ministerio de Salud

y Protección Social, el material que se utilizó fue el acero inoxidable AISI 304 (Ver Tabla 2).

Este acero con sus respectivas propiedades es uno de los más utilizados en el mercado industrial, gracias al nivel de resistencia a la corrosión que posee, propiedades de cromo y níquel, teniendo unas propiedades bastante útiles para soportar el condimento [18]. El sistema de dosificación compuesto por tolva, soporte de la tolva, soporte del disco inferior, eje, acoples y buje, además de la estructura y el recubrimiento de esta. Estos componentes y partes fueron establecidos en acero inoxidable AISI 304.

### **3.1.5.2 Selección politetrafluoroetileno**

La selección del material que se utiliza en diferentes tipos de dosificadoras va encabezado a la exigencia que van a hacer sometidos estos mecanismos, se sabe de antemano que los productos tratados son condimentos (polvos) y de igual manera el sistema escogido fue de un dosificador volumétrico, de modo que se necesitó un material que resistiera la corrosión, que fuera maleable, facilidad de mecanizado y niveles necesarios de sanidad establecidos por el Ministerio de Salud y Protección Social, de este modo el material a utilizar es politetrafluoroetileno (Ver Figura 2-8), este material fue escogido para la conformación de los moldes volumétricos de libra y media libra, disco superior, disco inferior.

## **3.2 Obtención de datos del producto**

### **3.2.1 Resultado de las pruebas de densidad**

Para la obtención de estas densidades se realizaron pruebas de gramaje, consistentes en pesar en una balanza electrónica la cantidad a envasar, y una vez obtenido este dato se procede a medir en un recipiente con medidas estándar para conseguir el volumen y obtener la densidad de los productos de la compañía, se tomaron tres productos los cuales consisten en Color rojo, Color amarillo y pimienta en polvo.

*Recipiente estándar:*

- 1 onza que equivale a  $0.029574 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  (el peso del recipiente es insignificante para la obtención de las densidades).

**Figura 3-1** Gramaje de los productos; Color rojo, Color amarillo y Pimienta en polvo



**Fuente:** Propia.

De acuerdo con los datos obtenidos para los productos de la compañía, tanto para el Color rojo, Color amarillo y la pimienta en polvo, en masa y volumen poseen las mismas características  $m = 0.02207 \text{ kg}$ ,  $v = 0.029574 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , de manera que se puede establecer una densidad en general de:

$$\rho = \frac{m}{v} = 746.26 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- $\rho$ : Densidad absoluta  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$ .
- $v$ : Volumen ( $\text{m}^3$ ).
- $m$ : Masa (kg).

De esta manera calculada la densidad igual para los tres productos, se realizó un análisis de un producto en particular, que en este caso se tomara la pimienta en polvo, para así determinar el volumen de la tolva y el peso que esta va a soportar, teniendo en cuenta los requerimientos y solicitud de la compañía, ya que su línea de producción se especifica que cada tanda de dosificado será de 25 kg hasta completar los 250 kg de producción, de acuerdo con esto, se establece un parámetro mínimo para la capacidad de la tolva, de modo que se podrá calcular el volumen correcto de la tolva.

### 3.3 Dimensionamiento de la tolva

Procedemos a calcular el volumen de la tolva, ya que en la sección anterior se acordó con la compañía un mínimo de 25 kg de almacenaje para la tolva, se estableció una carga de 30 kg, con una densidad general de  $746.26 \text{ kg/m}^3$ .

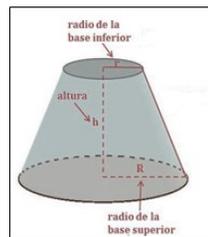
Despejamos de la ecuación (Ec.1) el volumen, con ello se encantarará el volumen que ocupará los productos así mismo se podrá dimensionar la tolva.

$$V_{\text{tolva}} = 0.040 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.2})$$

La tolva se construyó teniendo en cuenta la medida que se estableció con respecto a los moldes volumétricos donde la salida de la tolva debe ser no menor que el diámetro de los moldes para un desempeño de llenado mejor, de este modo, el diámetro de la sección cilíndrica inferior (salida) será de  $\varnothing=0.089 \text{ m}$ .

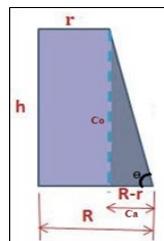
El cono truncado tendrá una pendiente específica, con un ángulo de  $54.4^\circ$ , este grado se obtuvo por la teoría de D. LAFORGE Y BORUFF A, esta teoría es basada mediante experimentos en que el autor toma pendientes experimentales de la sección cónica en el cual su conclusión fue; “Indiscutiblemente la tolva de  $60^\circ$  de pendiente produce un flujo mucho más uniforme y mayor caudal de salida que la tolva de  $20^\circ$  o de fondo plano” [28, p. 31], teniendo como referencia esta teoría se realizaron pruebas de como el material se lograba deslizar, se establecieron diferentes escenarios en los cuales la pendiente se variaba encontrando un grado perfecto para el desempeño del material con el producto, de manera experimental se estableció una pendiente de  $\theta=54.4^\circ$ .

**Figura 3-2** Variables del cono truncado



**Fuente:** Universo Formulas. Tronco de cono. [Imagen]. Recuperado de <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/tronco-cono/>.

**Figura 3-3** Área del cono truncado



**Fuente:** Universo Formulas. Tronco de cono. [Imagen]. Recuperado de <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/tronco-cono/>.

Donde sus variables se expresan de la siguiente manera ver figura 3-4, 3-5:

- h: Altura (m).
- R: radio base superior (m).
- r: radio base inferior (m).

Ahora se calculará el volumen de la tolva a partir de lo siguiente. Se define un radio de la base inferior de  $r = 0.0445$  m ya que con anterioridad se dijo que la tolva tendría una salida de  $\varnothing = 0.089$  m, con una altura de  $h = 0.400$  m.

Para calcular el radio de la base superior (ver figura 3-5) se obtuvo de la siguiente manera:

$$\tan\theta = \frac{C_o}{C_a} \quad (\text{Ec.3})$$

Se procede a despejar de la (Ec.4) el Cateto adyacente ( $C_a$ ):

$$C_a = \frac{C_o}{\tan\theta} = 0.286 \text{ m} \quad (\text{Ec.4})$$

Entonces, el radio de la base superior es:

$$R = C_a + r = 0.330 \text{ m} \quad (\text{Ec.5})$$

El radio de la base superior del cono truncado resulto de  $R = 0.330$  m, por diseño y estética para que el cono no tenga inconvenientes en su construcción y ocupe más espacio en su implementación se establece un  $R = 0.250$  m.

A continuación, se presenta la ecuación del volumen del cono truncado, que en este caso será la fórmula del volumen de la tolva sin contar los cilindros superior e inferior, se reemplaza en la ecuación con los datos hallados con anterioridad donde  $h = 0.400$  m,  $R = 0.250$  m,  $r = 0.0445$  m.

$$V_{\text{Cono truncado}} = \frac{\pi(R^2 + r^2 + R*r)h}{3} = 0.0316 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.6})$$

- V: Volumen cono truncado ( $\text{m}^3$ ).

Para corroborar si el Volumen de la tolva corresponde a los parámetros establecidos por la compañía en cual debe ser de 30 kg, se calcula los cilindros, teniendo como referencia el cálculo del cilindro de entrada del material (parte superior ver figura 3-4), donde se

escoge una altura,  $h = 0.100$  m,  $r=0.0445$  m, para con ello encontrar la altura de del cilindro de entrada entonces:

$$V_{\text{Cilindro entrada}} = \pi * r^2 * h = 0.0196 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.7})$$

- V: Volumen cilindro hueco de entrada ( $\text{m}^3$ ).

Ahora, se hace la sumatoria de los volúmenes ver (Ec. 2-6-7) para saber si se cumple con el volumen requerido para los 30 kg.

$$V_{\text{tolva}} = V_{\text{Cono truncado}} + V_{\text{Cilindro entrada}} = 0.0513 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.8})$$

Ya que, el volumen de la tolva es  $0.040 \text{ m}^3$ , y la suma de los cilindros es de  $0.0513 \text{ m}^3$ , se puede deducir que la tolva se encuentra en perfectas condiciones de almacenar 30 kg, que por diseño del cilindro de salida no tiene ninguna ocurrencia en el desarrollo de la tolva, de esta manera se establece una altura de  $h = 0.060$  m,  $r = 0.0445$  m.

$$V_{\text{Cilindro salida}} = \pi * r^2 * h = 0.37 * 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.9})$$

- V: Volumen cilindro de salida ( $\text{m}^3$ ).

De este modo, se calcula el volumen máximo de capacidad que podrá soportar y contener la tolva:

$$V_{\text{tolva máx. cap.}} = V_{\text{Cono truncado}} + V_{\text{Cilindro entrada}} + V_{\text{Cilindro salida}} = 0.0516 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.10})$$

$$m = V_{\text{tolva máx. cap.}} * \rho_{\text{producto}} = 38.55 \text{ kg} \quad (\text{Ec.11})$$

Para concluir, la tolva en condiciones extremas de producción podrá almacenar aproximadamente 38.55 kg ver (Ec.11), aunque la compañía no llegara a este límite de almacenamiento, aprobó que la tolva tuviera estas condiciones por estética.

### 3.3.1 Dimensionamiento del soporte de la tolva

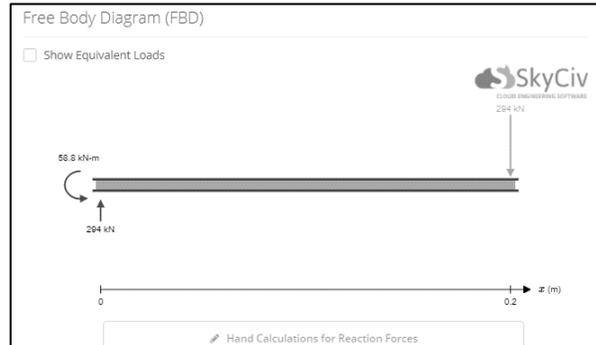
Para calcular la viga que va a sostener la tolva, se calcula a partir del peso que soportara la tolva a partir de la Ec.12, dado que  $m = 30$  kg y  $a = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

$$F = m * a = 294 \text{ N} \quad (\text{Ec.12})$$

- m: masa (kg).

- F: Fuerza (N).
- a: Aceleración gravitacional ( $\frac{m}{s^2}$ )

**Figura 3-4** Diagrama de cuerpo libre de la viga que soportara la tolva



**Fuente:** Propia<sup>2</sup>

Se calcula los momentos:

$$\sum M_a = 0 \quad (\text{Ec. 13})$$

$$M_a - (294 \text{ N} \cdot 0.2 \text{ m}) = 0 ; M_a = 58.8 \text{ Nm} \quad (\text{Ec. 14})$$

- $M_a$  = momentum en a (Nm)

Se calcula las Reacciones:

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{Ec. 15})$$

$$R_{ax} = 0 \quad (\text{Ec. 16})$$

- $R_{ay}$  = Reaccion (ax) (N)

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 17})$$

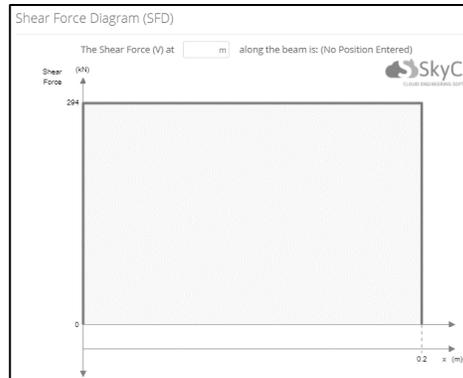
$$R_{ay} - 294 \text{ N} = 0 ; R_{ay} = 294 \text{ N} \quad (\text{Ec. 18})$$

---

<sup>2</sup> En los siguientes apartados se soportarán los cálculos obtenidos mediante diagramas obtenidos mediante el software de uso libre, llamado "calculadora de momento libre de inercia", [37].

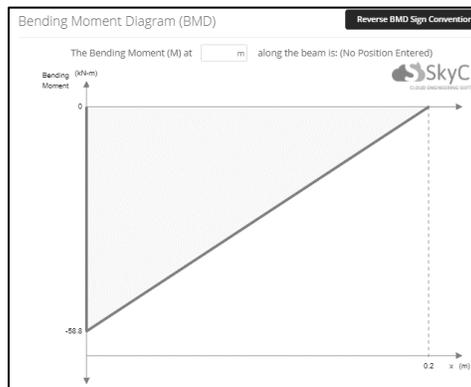
- $R_{ay} = \text{Reaccion (ay) (N)}$

**Figura 3-5** Diagrama fuerza cortante de la tova



Fuente: Propia<sup>2</sup>.

**Figura 3-6** Diagrama de momento flector de la tova.



Fuente Propia<sup>2</sup>.

**Tabla 8** Factor de diseño (N)

Forma de carga	Material dúctil	Material quebradizo
Estática	$\sigma_d = S_y / 2$	$\sigma_d = S_u / 6$
Repetida	$\sigma_d = S_u / 8$	$\sigma_d = S_u / 10$
De impacto o de choque	$\sigma_d = S_u / 12$	$\sigma_d = S_u / 15$

**Fuente:** Libro resistencia de materiales. Diseño de elementos estructurales sometidos a esfuerzo directo. [Tabla]. <http://resistenciadelosmaterialeseip445.blogspot.com/2012/10/capitulo-3.html#:~:text=El%20esfuerzo%20de%20dise%C3%B1o%20es,que%20se%20basar%C3%A1%20el%20dise%C3%B1o.>

Se selecciona una carga estática con un factor de diseño  $N=2$  (ver Tabla4), donde el módulo del acero inoxidable AISI 304 es  $S_y = 3.78 \cdot \frac{N}{m^2}$  (ver Tabla2), para el respectivo cálculo de esfuerzo por diseño.

El esfuerzo de diseño es:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = 6.89 * 10^6 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Ec.19})$$

- $\sigma_d$  = Esfuerzo de diseño ( $\frac{N}{m^2}$ )
- $S_y$  = Resistencia de fluencia ( $\frac{N}{m^2}$ )
- $N$  = Factor de diseño

Se calcula el módulo de selección para con este resultado poder seleccionar las dimensiones y calibre del soporte:

$$S = \frac{M_a}{\sigma_d} = 8.53 * 10^{-6} m^3 \quad (\text{Ec.20})$$

- $S$  = Modulo de selección( $m^3$ ).

### 3.4 Dimensionamiento de vasos volumétricos.

Para el dimensionamiento de estos vasos o contenedores volumétricos, se toma como consideración el peso de los productos que se han estudiado con antelación, calculando de esta manera el volumen.

Se realizo el dimensionamiento de los moldes, teniendo en cuenta el cilindro inferior de la tolva en la cual los moldes no debe superar estas dimensiones, así se estableció un diámetro interno estético y que cumpliera con los parámetros de la tolva, para con ello concluir con un  $\varnothing = 0.0762$  m, para las cantidades de media libra y libra, realizando el debido cálculo de la altura del molde, que satisfaga las necesidades presentadas, se procede a obtener el valor correspondiente con relación a la densidad del producto.

Para el molde de media libra se aproxima la masa a  $m = 0.25$  kg por estándares de la compañía, cual admite un porcentaje de error del 0.5%, contando con la densidad del producto en general de  $\rho = 746.26$  kg/ $m^3$ .

El volumen del molde volumétrico para media libra es:

$$V_{\text{Molde}\frac{1}{2}} = \frac{m}{\rho} = 0.335 * 10^{-3} m^3 \quad (\text{Ec.21})$$

La altura que le corresponde al molde volumétrico de media libra esta dado por la siguiente ecuación:

$$h_{\text{Moldes}\frac{1}{2}} = \frac{V_{\text{Molde}\frac{1}{2}} * 4}{\pi * d^2} = 0.0738 \text{ m} \quad (\text{Ec.22})$$

Donde:

h: Altura (m).

d: Diámetro (m).

Para el molde libra se aproxima la masa a  $m = 0.5 \text{ kg}$  por estándares de la compañía en el cual admite un porcentaje de error del 0.5%, contando con la densidad del producto en general de  $\rho = 746.26 \text{ kg/m}^3$ .

$$V_{\text{Molde}1} = \frac{m}{\rho} = 0.67 * 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.23})$$

La altura que le corresponde al molde volumétrico de libra esta dado por la siguiente ecuación:

$$h_{\text{Moldes}1} = \frac{V_{\text{Molde}1} * 4}{\pi * d^2} = 0.1477 \text{ m} \quad (\text{Ec.24})$$

Donde:

h: Altura (m).

d: Diámetro (m).

### 3.4.1 Dimensionamiento del soporte disco inferior.

Se calcula la masa y la fuerza ver (Ec.12), que va a ejercer el disco que va girar, el disco tendrá un radio de  $r = 0.200 \text{ m}$ , contará con una altura de  $h = 0.020 \text{ m}$  y una densidad de  $\rho = 2200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

$$V_{\text{disco}} = \pi * r^2 * h = 2.51 * 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (\text{Ec.25})$$

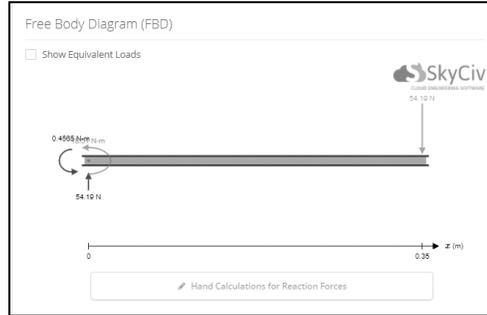
- $V_{\text{disco}}$  = volumen del disco ( $\text{m}^3$ )

$$m_{\text{disco}} = \rho * V_{\text{disco}} = 5.53 \text{ kg} \quad (\text{Ec.26})$$

- $m$  = masa del disco (kg)

$$F = m * a = 54.19 \text{ N} \quad (\text{Ec.27})$$

**Figura 3-7** Diagrama de cuerpo libre del disco superior



**Fuente:** Propia<sup>2</sup>.

Se calcula los momentos:

$$\curvearrowleft + \sum M_a = 0 \quad (\text{Ec.28})$$

$$M_a - (294 \text{ N} \cdot 0.2 \text{ m}) = 0 ; M_a = 18.51 \text{ Nm} \quad (\text{Ec.29})$$

- $M_a$  = momentum a (Nm)

Se calcula las Reacciones:

$$\rightarrow + \sum F_x = 0 \quad (\text{Ec.30})$$

$$R_{ax} = 0 \quad (\text{Ec.31})$$

- $R_{ay}$  = Reaccion (ax) (N)

$$\uparrow + \sum F_y = 0 \quad (\text{Ec.32})$$

$$R_{ay} - 18.51 \text{ N} = 0 ; R_{ay} = 18.51 \text{ N} \quad (\text{Ec.33})$$

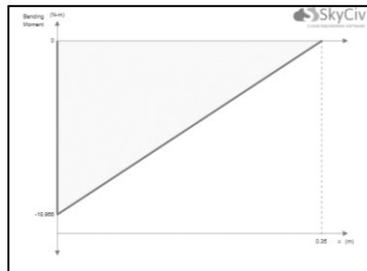
- $R_{ay}$  = Reaccion (ay) (N)

**Figura 3-8** Diagrama de fuerza cortante del disco



**Fuente:** Propia<sup>2</sup>.

**Figura 3-9** Diagrama de momento flector del disco



**Fuente:** Propia<sup>2</sup>.

Se selecciona una carga estática con un factor de diseño  $N=2$  (ver Tabla4), donde el módulo del acero inoxidable AISI 304 es  $S_y = 3.78 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}$  (ver Tabla2), para el respectivo cálculo de esfuerzo por diseño.

El esfuerzo de diseño es:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = 6.89 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Ec.34})$$

- $\sigma_d$  = Esfuerzo de diseño ( $\frac{N}{m^2}$ )
- $S_y$  = Resistencia de fluencia ( $\frac{N}{m^2}$ )
- $N$  = Factor de diseño

Se calcula el módulo de selección para con este resultado poder seleccionar las dimensiones y calibre del soporte:

$$S = \frac{M_a}{\sigma_d} = 1.23 \cdot 10^{-6} m^3 \quad (\text{Ec.35})$$

- $S$  = Modulo de selección( $m^3$ ).

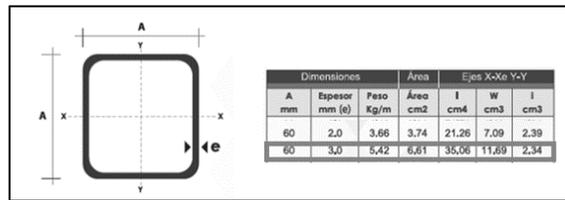
### 3.5 Dimensionamiento de la columna que soportara la tolva

Para el cálculo de la columna de la tolva se debe tomar en cuenta el criterio de pandeo inelástico de la columna con carga exentica, para el análisis se parte de las siguientes consideraciones:

- Factor de fijación  $K=2.1$  según la figura 6-3 (empotrada libre)
- Esfuerzo de fluencia  $S_y = 213.74 * 10^6 (\frac{N}{m^2})$  (Tabla 2)
- Módulo de elasticidad  $E = 187502.92 * 10^6 (\frac{N}{m^2})$  (Tabla 2)
- Factor de seguridad  $N=2$

Para un tubo cuadrado de 0.060 m\*0.060 m:

**Tabla 9** Propiedades de tubo 0.060\*0.060 m de acero inoxidable AISI 304



Dimensiones			Area		Ejes X-Xe Y-Y	
A	Esesor	Peso	Área	I	W	I
mm	mm (e)	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34

**Fuente:** DIPAC. (10 de 10 de 2020). Tubo cuadrado en acero inoxidable. Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable/tubo-inox-acero>

Área de la sección transversal ver tabla 5:

$$A=6.61 \text{ cm}^2 = 0.661 * 10^{-3} \text{ m}^2 \tag{Ec.36}$$

Momento de inercia ver tabla 5

$$I=35.06 \text{ cm}^4 = 0.3605 * 10^{-6} \text{ m}^4 \tag{Ec.37}$$

Radio de giro

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0.0230 \text{ m} \tag{Ec.38}$$

Masa total que soportará la columna que sostendrá la tolva:

$$m_t = m_{\text{tolva}} + m_{\text{condimento}} + m_{\text{disco}} = 54.53 \text{ kg} \tag{Ec.39}$$

- $m_t$ =masa total (kg)
- $m_{\text{tolva}}$ = masa de la tolva (kg)

- mcondimento=masa del condimento (kg)
- mdisco= masa del disco (kg)

Peso máximo de la columna

$$P = mt*a = 534.394 \text{ N} \quad (\text{Ec.40})$$

- P= Peso columna (N)
- a=Aceleración gravitacional ( $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

Excentricidad de la carga P

$$e = \frac{M_a}{P} = 0.110 \text{ m} \quad (\text{Ec.41})$$

- $M_a$  = momento a ver Ec.14 (Nm)
- e=Excentricidad (m)
- Longitud = 0.7m

Distancia de eje neutro

$$C = \frac{A}{2} = \frac{0.060 \text{ m}}{2} = 0.03 \text{ m} \quad (\text{Ec.42})$$

- C = Distancia de eje neutro (m)
- A= Área del tubo de acero inoxidable. (m)

Para el cálculo de la resistencia de la columna se utiliza la ecuación de la fluencia permisible para cargas excéntricas [25], se reemplaza las variables encontradas con anterioridad.

$$S_y = \frac{N*P}{A} \left[ 1 + \frac{e*c}{r^2} * \sec \left( \frac{k*l}{2r} \sqrt{\frac{N*P}{AE}} \right) \right] = 162.79 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (\text{Ec.43})$$

$$S_y' < S_y = 237.579. * 10^6 \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) < 241.32 * 10^6 \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) \quad (\text{Ec.44})$$

Al comparar el esfuerzo de fluencia permisible del material ver (Tabla 2) con el esfuerzo de fluencia calculada (Ec. 44), se observa que la columna soportará la carga ejercida por la tolva y el disco.

### 3.6 Dimensionamiento del eje.

Como en el eje no hay fuerzas, ni flexión, ni torsión. El momento flexionante es cero, porque el eje está girando libremente, el único esfuerzo que soportara el eje de transmisión va a ser el peso del disco, por ende, los valores que entran en contacto con el eje son de vencer la inercia del disco, las chumaceras y buje no provocan ningún efecto en el eje en este caso son despreciables.

Se calcula la inercia del disco, donde se tiene en cuenta el diámetro del disco  $D=0.40$  m y su altura  $h=0.20$  m, la densidad politetrafluoroetileno es  $\rho=\frac{4510\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

$$I = \frac{\pi * D^4 * \rho}{2} * h = 3.627 \text{ kg*m}^2 \quad (\text{Ec.45})$$

- $I$  = Momentum de inercia ( $\text{kg*m}^2$ )

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia del disco, donde las revoluciones al que va a girar el eje van a hacer de  $w=1.57 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ , según especificaciones del motor reductor.

$$T = I * w^2 = 8.94 \text{ Nm} \quad (\text{Ec.46})$$

- Torque (Nm)

Se calcula el diámetro mínimo en la sección crítica<sup>3</sup> donde  $N=2$  (ver Tabla 2),  $S_y=13.78 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  y un torque de  $T= 8.94$  Nm.

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.00252 \text{ m} \quad (\text{Ec.47})$$

Donde:

N: Factor de seguridad

T: Esfuerzo de Torsión (Nm)

$S_y$ = Resistencia de fluencia ( $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ )

S = Modulo de selección( $\text{m}^3$ ).

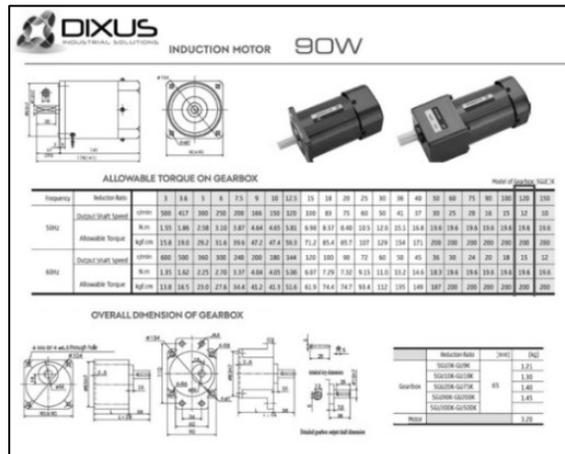
D = Diámetro (m)

Por estética al conjunto esta sección, el eje tendrá un diámetro de 0.00254 m por facilidad comercial y de construcción, este eje de transmisión estará en conjunto con dos chumacera y acoples.

### 3.7 Selección y dimensionamiento del motor y motor reductor.

La selección del motor y motor reductor se estableció con el torque generado del disco giratorio ya que este no va tener ninguna carga externa , solamente deberá vencer la inercia del disco que consiste en un torque igual a 8.94Nm, estos cálculos también se pueden consolidar en el apartado (3.5 dimensionamiento del eje) la capacidad de este motor inducción es de 19.6 Nm el cual cumple con las especificaciones mínimas de funcionamiento, las revoluciones establecidas para este sistema, fue de 15 rpm, este motor y motor reductor, tiene sus dimensiones y sus características técnicas que se pueden encontrar en la figura 3-18.

Figura 3-10 Ficha técnica del motor reductor.



Fuente: (Dixus, s.f.)

## **4.Desarrollo metodológico**

A continuación, se presenta el desarrollo metodológico propuesto, estas siguientes líneas se expresa los acuerdos de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S, en el diseño y la implementación de un sistema dosificador para su cuarta etapa de producción.

Cada ítem es de importancia, por ende, se basó en estudios, investigaciones y acuerdos realizados en conjunto con la empresa, con la colaboración de personas cuyo trabajo se encuentra vinculado con todo lo relacionado a la cuarta etapa de producción, para así garantizar y contemplar tanto las variables como los detalles del diseño en cuestión, dando como resultado la selección más apropiada.

### **4.1 Fase 1. Análisis y Diseño del sistema de dosificación**

Esta fase está relacionada con la selección de los parámetros de diseño del sistema de dosificación para la compañía. Los siguientes criterios se establecieron buscando la mejor opción para así hallar una solución acorde a los problemas presentados por la compañía en su cuarta etapa. Teniendo en cuenta lo siguiente: tipos de sustancias a dosificar, selección de un sistema de dosificación ajustado a las necesidades establecidas, tamaño general del ensamble, espacio de las instalaciones para la implementación, selección de materiales y costos de fabricación.

#### **4.1.1 Tipo de productos a dosificar**

La máquina está diseñada para productos alimenticios solidos homogéneos y para polvos, tales productos son manejados por la empresa TRÉBOL ROJO S.A.S que se desean empacar son productos alimenticios en polvo, condimentos como es el caso del color rojo, color amarillo, pimienta en polvo entre otros. Se estableció una medida que comprendiera

una densidad igual a 746.26 kg/m<sup>3</sup> ya que los productos estudiados poseen las mismas características de masa y volumen.

#### 4.1.5.1.1 Tolva y soporte de la tolva

Siguiendo la resolución de sanidad, para el soporte de la tolva se seleccionó un perfil del catálogo técnico tubos estructurales en acero inoxidable, con un módulo de flexión elástico(WP)  $S = 8.53 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  (ver Tabla 7), en el cual un tubo estructural de 0.050\*0.050 m soportaría en condiciones normales la tolva, esto soportado por los cálculos hallados en la sección 3.2 y 3.2.1, además llevando a situaciones de exigencia estos componentes, la decisión en conjunto con la compañía fue tener más confiabilidad, ya que cabe la posibilidad que eleven su producción un 15%, teniendo a consideración estas situaciones el soporte de la tolva, se va a construir aumentando el espesor del tubo a 0.005 m, escogiendo un tubo estructural de 0.040\*0.040 m con  $S= 6.92 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  (ver Tabla 7) en acero inoxidable AISI 304 calibre 16.

**Tabla 10** Catálogo técnico de tubos estructurales en acero inoxidable.

Dimensiones H x B (mm)	Espesor S (mm)	Masa M (kg/m)	Área de la sección A (cm <sup>2</sup> )	Momento de inercia J (cm <sup>4</sup> )	Radio de giro I (cm)	Módulo de flexión elástico W (cm <sup>3</sup> )	Módulo de flexión plástico Wp (cm <sup>3</sup> )	Constantes de torsión		Área superficial por metro lineal m <sup>2</sup> / m	Largo (l') aprox. por l (m)
								Jv (cm <sup>4</sup> )	Wv (cm <sup>3</sup> )		
20x20	2.0	1.12	1.42	0.76	0.73	0.76	0.95	1.22	1.07	0.076	893
	2.5	1.28	1.72	0.97	0.71	0.88	1.12	1.41	1.21	0.075	741
	3.0	1.41	1.92	1.59	0.94	1.27	1.56	2.52	1.81	0.096	700
25x25	2.5	1.71	2.22	1.85	0.91	1.48	1.86	2.97	2.09	0.095	574
	3.0	2.04	2.60	2.06	0.89	1.85	2.12	3.36	2.31	0.094	490
	3.2	2.15	2.74	2.14	0.88	1.71	2.21	3.49	2.38	0.093	466
30x30	2.5	2.11	2.72	3.40	1.12	2.27	2.79	5.40	3.22	0.115	460
	3.0	2.47	3.20	3.84	1.10	2.56	3.21	6.17	3.61	0.114	399
	3.2	2.61	3.39	4.00	1.09	2.67	3.37	6.45	3.75	0.113	378
40x40	2.5	2.89	3.72	8.67	1.53	4.33	5.21	13.8	6.23	0.155	343
	3.0	3.41	4.40	9.96	1.51	4.98	6.07	15.7	7.11	0.154	290
	3.2	3.61	4.66	10.4	1.50	5.22	6.40	16.5	7.43	0.153	274
50x50	4.0	4.39	5.68	12.1	1.46	6.07	7.61	19.5	8.56	0.151	225
	5.0	5.28	6.86	13.8	1.42	6.92	8.92	22.6	9.65	0.149	185
	6.3	6.88	9.12	17.7	1.34	7.07	8.38	27.4	10.2	0.156	270
60x60	3.0	4.35	5.60	20.5	1.91	8.20	9.83	32.0	11.8	0.194	228
	3.2	4.62	5.94	21.6	1.91	8.62	10.4	33.8	12.4	0.193	215
	4.0	5.64	7.28	26.5	1.87	10.2	12.5	40.4	14.5	0.191	176
70x70	5.0	6.95	8.88	29.6	1.83	11.9	14.9	47.6	16.7	0.189	144
	6.3	8.31	10.8	33.9	1.77	13.6	17.5	55.3	18.9	0.186	118

**Fuente:** Manni Sipre. Catálogo técnico tubos estructurales. [Tabla]. [http://www.mannisipre.com/wp-content/uploads/2015/05/T.S.\\_MS\\_1\\_12\\_2013\\_ES.pdf](http://www.mannisipre.com/wp-content/uploads/2015/05/T.S._MS_1_12_2013_ES.pdf).

#### 4.1.5.1.2 Soporte del disco inferior

De acuerdo a la resolución de sanidad, se puedo seleccionar un perfil del catálogo técnico tubos estructurales en acero inoxidable para el soporte del disco inferior, con  $S=1.23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  (ver Tabla 7), soportaría en condiciones normales el disco, esto soportado por los cálculos hallados en la sección 3.3.1, además llevando a situaciones de exigencia este componente, la decisión en conjunto con la compañía fue tener un ahorro de material, ya que en el desarrollo del soporte de la tolva queda un excedente de material, se implementará el espesor del tubo de 0.0025 m, escogiendo un tubo estructural de

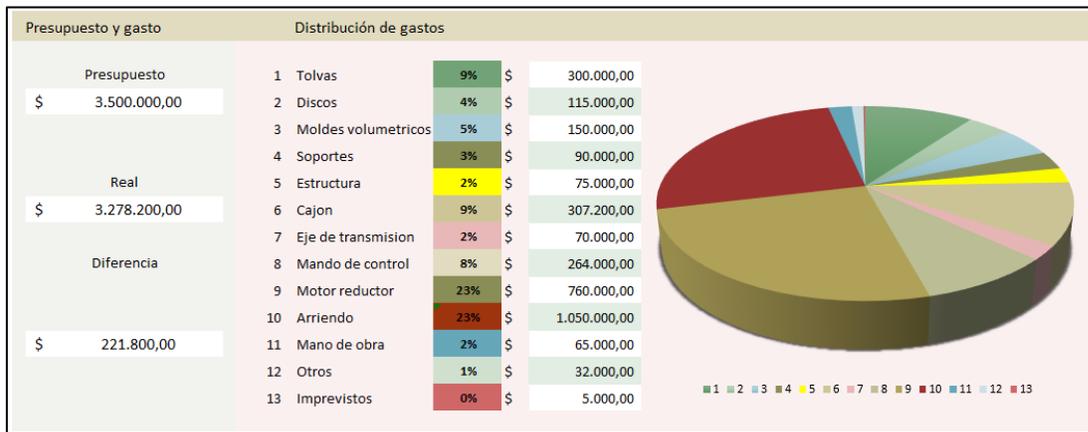
0.040\*0.040 m con  $S=6.92 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ (ver Tabla 7) en inoxidable AISI 304 minimizando desperdicios de material.

### 4.1.1 Presupuesto

El presente presupuesto se desarrolló teniendo como base las respectivas cotizaciones que fueron realizadas con anterioridad, el presupuesto presentó ciertas modificaciones ya que, con la actual dificultad sanitaria, muchos de los proveedores cerraron o aumentaron sus precios, debido a estas circunstancias se vio afectado, sin embargo; se logró alcanzar un presupuesto cómodo y accesible para la compañía.

El ítem que más incurrió gastos se puede observar en la tabla 8, fue el descrito como arriendo, este comprende el alquiler de herramienta como: equipo de soldadura para acero inoxidable (TIG), pulidora, taladro, torno, prensas, llaves mixtas, además del sitio de trabajo, en los demás numerales fue compra y corte de los componentes de la máquina en el cual se programó la compra de cada uno teniendo en cuenta los alcances de la compañía. Para un presupuesto más detallado ver Anexo E.

**Tabla 11** Presupuesto consolidado en el diseño e implementación de la dosificadora volumétrica.



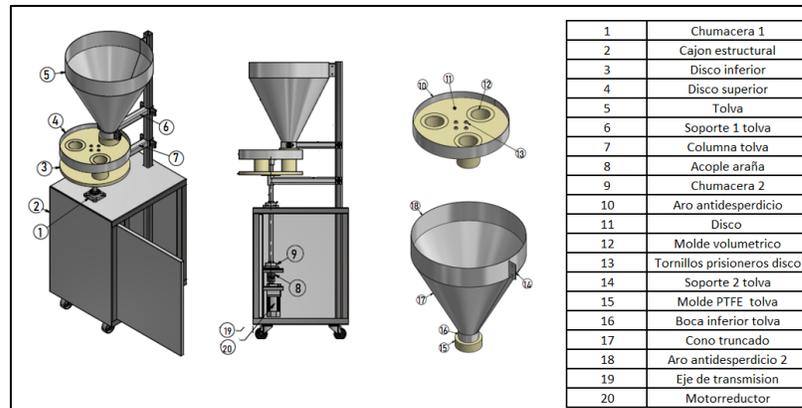
Fuente: Propia.

## 4.2 Fase 2. Planeación.

En esta sección se pudo corroborar que haciendo un anticipado estudio acerca de los programas, ayudas CAD y SolidWorks en un diseño, es bastante necesario para la debida utilización de las herramientas que nos ofrecen estos programas, En el anexo A que adopta como nombre planos de una dosificadora volumétrica y Anexo B. planos eléctricos se

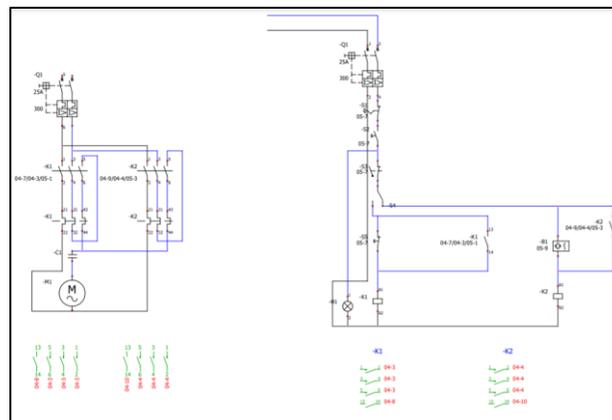
podrá verificar el diseño y el trabajo que se pudo alcanzar gracias a una ayuda informática y una debida toma de decisiones al realizar un sistema dosificador a satisfacción ingenieril y empresarial. Este diseño cuenta con toda la distribución de las partes nombradas y enumeradas como se ve en la figura 4-1 y el plano eléctrico que se estableció para el control ON/OFF del dosificador como se muestra en la figura 4-2.

**Figura 4-1** Diseño máquina dosificadora



Fuente: Propia.

**Figura 4-2** Plano eléctrico del sistema dosificador



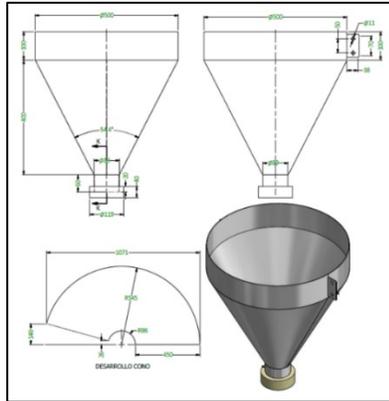
Fuente: Propia.

### 4.2.1 Desarrollo de la tolva

Este desarrollo se pudo realizar mediante los cálculos obtenidos en el anterior capítulo, donde se puede establecer una tolva que soportará en condiciones extremas de producción, aproximadamente 38 kg de almacenaje, aunque solo se llevará a condiciones críticas que la compañía aprobó, se tuvo en consideración solamente hasta 30 kg, el plano

de desarrollo se ve reflejado en la figura 4-3 donde se muestra de manera esquemática las dimensiones respectivas de la tolva.

**Figura 4-3** Dimensionamiento de la tolva con sus respectivas medidas en milímetros

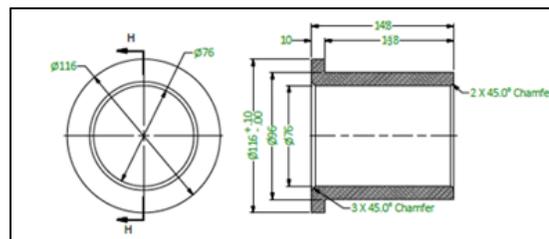


Fuente: Propia

## 4.2.2 Desarrollo de los moldes volumétricos

En la figura 4-4 se puede apreciar las dimensiones que tendrá un molde de libra, en los cuales cuenta con una base de 0.020 m donde descansará el vaso en el disco giratorio, el otro extremo del vaso en la base inferior contará con espesor de 0.020 m que se deslizará en el disco inferior, posterior a enfrentarse con la apertura de este disco para el debido desalojamiento del producto, existen 6 moldes: 3 corresponden a libra y 3 de media libra, los cuales se podrán intercambiar desalojando el prisionero que los asegura al disco, este diseño se estableció por comodidad y accesibilidad de mantenimiento por ser partes extraíbles.

**Figura 4-4** Dimensionamiento de molde volumétrico (Capacidad 1 Libra), con sus respectivas medidas en milímetros

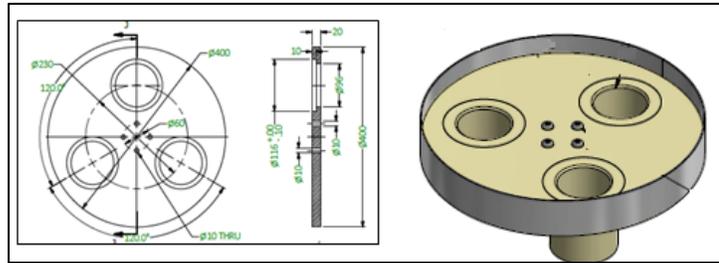


Fuente: Propia.

### 4.2.3 Desarrollo de los discos.

El diámetro del disco superior giratorio se estableció teniendo en cuenta la estructura y diseño del conjunto de piezas donde contaremos con un disco de diámetro  $\varnothing = 0.40$  m que contendrá tres moldes volumétricos, y contará con un espesor o altura de  $h=0.20$  m ver figura 4-5.

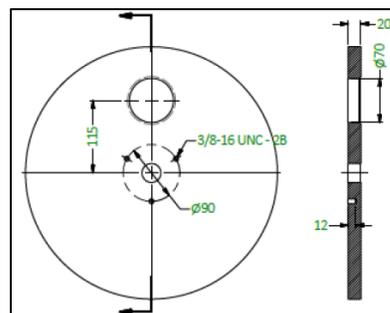
**Figura 4-5** Dimensionamiento de disco superior giratorio, con sus respectivas medidas en milímetros



**Fuente:** Propia.

El diámetro del disco inferior estático se estableció teniendo en cuenta la estructura y diseño del conjunto de piezas donde contaremos con un disco de diámetro  $\varnothing = 0.40$  m que contiene una apertura para la respectiva salida de las sustancias que contienen los moldes volumétricos, por otro punto contará con un espesor o altura de  $h=0.20$  m ver figura 4-6.

**Figura 4-6** Dimensionamiento de disco inferior estático, con sus respectivas medidas en milímetros



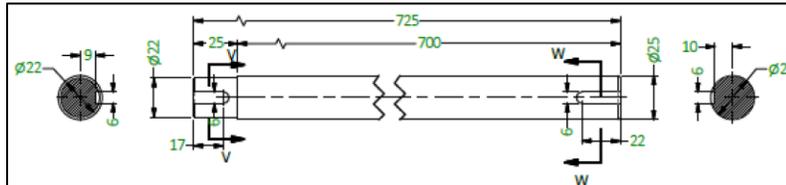
**Fuente:** Propia.

### 4.2.4 Desarrollo del eje

Este desarrollo se pudo realizar mediante los cálculos obtenidos en el anterior capítulo, donde se puede establecer un eje con unas medidas mínimas de 0.0252 m, ya que en el mercado no existe una medida exacta para este cálculo, y debido a que el mecanizado de esta pieza exige ciertas horas de mano de obra y materiales o accesorios para acertar

esta medida, se opta por un diseño más robusto y más comercial en el cual las dimensiones del eje por estética al conjunto tendrá un diámetro de 0.0254 m y una longitud  $L= 0.725$  m, facilitando el montaje y sujeción de rodamiento, este eje de transmisión estará en conjunto con dos chumacera y acoples.

**Figura 4-7** Eje de transmisión del sistema dosificador.



Fuente: Propia.

### 4.3 Fase 3. Ejecución.

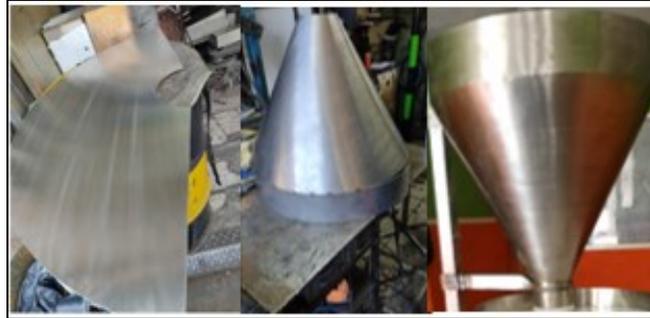
Esta fase consiste en el desarrollo y toma de decisiones con respecto al dimensionamiento y construcción de los elementos de la máquina dosificadora, en los cuales las siguientes secciones mencionan como fue su fabricación en el manejo del material escogido e implicaciones de diseño, tanto analíticamente como del seguimiento de planos esquemáticos, además de la instructiva información bibliográfica obtenida en cuanto a su funcionalidad.

#### 4.3.1 Construcción de la tolva y sus respectivos soportes

Para la construcción de la tolva tomamos el plano esquemático y el plano de desarrollo, en los cuales sus dimensiones están establecidas para el total aprovechamiento de material sin desperdiciar (ver figura 4-3), ni incurrir en gastos innecesarios, para esto se procedió a hacer los cortes de la lámina mediante laser, ya que es el método de corte más fino en el que se aprovechó su precisión, para así tener cortes exactos y facilitar tanto el ensamble como la soldadura, prosiguiendo con el proceso de rolado, es el método en el cual la lámina pasa por una máquina de rodillos que la moldean, para así generar el cono truncado, el cilindro superior y el cilindro inferior, todo este proceso para el momento de soldar, minimizar cualquier error de precisión al momento de unir y ensamblar la tolva. Se eligió soldadura para acero inoxidable TIG debido a que es la más adecuada para laminas o paredes delgadas, los puntos de soldadura se hicieron por fuera de la tolva; ya que si se

hacían de la manera contraria incurría en la estética de la máquina como se visualiza en la figura 4-8.

**Figura 4-8** Construcción de la tolva



**Fuente:** Propia.

Para los soportes de la tolva se decide tener dos apoyos como se muestra en la figura 4-9, uno en la parte superior que se fija a la tolva con soldadura TIG con un bisel para obtener una mayor penetración de la soldadura. El segundo soporte se realizó móvil, con lamina de acero inoxidable 304 formando un cuadrado soldado en v para con esto obtener una firmeza única y acabado exterior e interior, de igual manera para un fácil ajuste de la tolva deslizándose por la columna, para lograr un esfuerzo uniforme en la estructura se soldó la columna a las bases de la máquina logrando firmeza y resistencia en la construcción. Cabe resaltar que la construcción de la tolva fue totalmente desarrollada con los planos constructivos este desarrollo fue satisfactorio ya que no hubo alguna modificación de diseño.

**Figura 4-9** Soportes de la tolva



**Fuente:** Propia.

### 4.3.2 Construcción de la estructura y puesta de ruedas

Tomando como referencia el plano de construcción se tuvo en cuenta las dimensiones calculadas para el máximo aprovechamiento sin incurrir en algún cambio de diseño (Ver Anexo A) de modo que la construcción parte del material escogido, el cual fue acero estructural debido a su gran resistencia mecánica cortando a 90° y 45° para obtener una estructura rígida horizontal y verticalmente debido a que esta es movable y por ende recibe fuerzas en todas direcciones, para el anclaje de las ruedas se realizan unas platinas con pernos para no fisurar y debilitar la estructura con perforaciones, se eligen ruedas de goma con freno para lograr una buena rodadura y fijación con una capacidad de 200 kg. Todo se suelda con electrodo E-6013 a 90 A para lograr una buena penetración en el material, en la figura 4-10 se muestra un proceso más detallado de la construcción y desarrollo de la estructura y puesta de ruedas.

**Figura 4-10** Desarrollo, construcción de la estructura y ruedas



Fuente: Propia.

### 4.3.3 Desarrollo del soporte del motorreductor y chumaceras

El desarrollo y ensamble de estos dispositivos se llevó a cabo siguiendo el plano constructivo (ver Anexo A), las dimensiones y puesta estratégicamente de los elementos no incurrió en alguna modificación del diseño de esta manera se seleccionó las chumaceras tipo f/UCF 205-16 teniendo en cuenta, su posición de soporte (Ver Anexo A) además de estar sometidas a una velocidad de movimiento baja donde no van a estar expuestas a cargas externas, y la fricción que tendrán con el eje la aplicará en el rodamiento que con una debida lubricación no ocurrirá algún calentamiento, además el eje contará con una tolerancia de h6. Para el anclaje del motorreductor y chumaceras se seleccionan tornillería G5 especial para tensiones bajas, en la figura 4-11 se muestra un proceso más de la construcción y desarrollo.

**Figura 4-11** Soportes y montaje del motor, caja reductora y eje sobre la estructura



**Fuente:** Propia.

#### **4.3.4 Construcción de los discos y moldes volumétricos de libra y media libra**

La construcción de estas piezas se tuvo en cuenta la tabla técnica , las propiedades de mecanizado y el plano constructivo de los moldes (Ver figura 4-4) que se presentó con antelación, en el desarrollo se estableció para el mecanizado con torno una velocidad de corte de 150 m/min, con un ángulo de viruta entre 5 a 10°, en la parte de fresado se utiliza una velocidad de corte menor a 800 m/min ya que el material es blando, de esta manera se puede obtener una buena exactitud y acabado estético de las piezas tanto para los moldes de libra como media libra, en la figura 4-12 se muestra un proceso más detallado de la construcción y desarrollo de los moldes volumétricos.

**Figura 4-12** Construcción de moldes volumétricos, Disco inferior y superior



**Fuente:** Propia.

### 4.3.5 Ensamble del sistema de dosificación

En esta sección se unifica todos los procesos desarrollados con antelación, en el cual se tomaron todas las piezas y dispositivos para su posterior ensamble, siguiendo a plenitud el plano esquemático desarrollado de la máquina, de igual manera en la parte eléctrica siguiendo los parámetros establecidos en el plano eléctrico.

En cuanto al dimensionamiento del área , ubicación e implementación del sistema dosificador hubo que hacer modificaciones ya que el espacio preestablecido por la compañía fue ocupado por un mecanismo nuevo de molienda para sus productos, de esta manera se tomó acciones correctivas del área teniendo que desalojar un espacio de recursos prestos al empaquetado, su solución fue en el desarrollo de un stand empotrado al a pared para estos recursos, de tal forma que cumpliera con un espacio considerable para su operabilidad.

**Figura 4-13** Ensamble del sistema de dosificación



**Fuente:** Propia.

### 4.3.6 Implementación

En este numeral se verifico el cumplimiento del desarrollo de cálculos, diseño y planos constructivos, donde se pudo comprobar que un adecuado y minucioso progreso en la metodología además de llevar un detallado paso a paso de cada parte elemental de fabricación y ensamble del sistema dosificador, pudo conformar un mecanismo rígido y funcional para la actividad propuesta a desarrollar la cual es dosificar condimentos tales como color rojo, color amarillo, pimienta en polvo y u otra sustancia que posea densidades similares.

Las medidas de aceptación que se destacaron gracias a la implementación fue el rendimiento en los procesos operativos obtenido con este sistema que se reflejó en un

grado de satisfacción laboral, ya que en él se liberó cargas, se disminuyó el tiempo de los procesos, además de la comodidad, facilidad de funcionamiento y seguridad del operario en la tabla 12 se puede verificar el cumplimiento de los diseños y planos técnicos además de las medidas de aceptación del funcionamiento ver Anexo G.

**Tabla 12** Lista de chequeo general para evaluar las condiciones básicas de planeación técnica de diseño del sistema dosificador en la compañía EL TRÉBOL ROJO S.A.S.

URAN		LISTA DE ENTREGA Y CHEQUEO PARA LA MAQUINA DOSIFICADORA				CONDIMENTOS	
FECHA INICIO:		15/12/2020		HORA INICIO:		17:00	
FECHA FIN:		15/12/2020		HORA FIN:		18:00	
RELIZADO POR:		OSCAR GOMEZ Y BRAYANPARRA				 <small>Trabaja seguro para la salud.</small>	
CIRTERIOS DE EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO							
Marque con una X el estado		C: Cumple		NC: No Cumple		CP: cumple parcialmente	
GENERALIDADES							
ITEM	Descripción	C	NC	CP	Observaciones		
1	El sistema dosificador establecido fue entregado con cada elemento y dispositivo presentado en la propuesta.	X					
2	El diseño presentado suple las necesidades basicas de funcionamiento	X					
3	Todas las piezas y dispositivos del sistema dosificador satisfacen a los planos de construccion definidos	X					
4	Los planos mecanicos fueron entregados y constataron las dimensiones establecidos para el diseño	X					
5	Los planos electricos fueron entregados y constataron las dimensiones establecidos para el diseño	X					
6	Los Materiales utilizados en la construccion cuentan con la reglamentación que expide el Ministerio de Salud y Protección Social, rigidos por estandares sanitarios en colombia.	X					
CUMPLIMIENTO DE PARAMETROS DISEÑO							
1	Se desarrollo la tolva cumple con la capacidad de 30 Kg	X					
2	La estructura es robusta y es capaz de soportar soporta todos los esfuerzos y pesos del sistema	X					
3	La estructura ofrece seguridad al operario	X					
4	El sistema electrico cumple con las protecciones adecuadas	X					
5	El sistema electrico proporciona confianza y seguridad al operario	X					
6	El tablero de control es facil de entender y manejar para el operario	X					
7	El voltaje de funciona miento es acorde con la red de la planta	X					
8	El sistema mecanico(motor,eje,acoples y chumaseras)son de facil acceso y mantenimiento	X					
9	El sistema mecanico(motor,eje,acoples y chumaseras)tiene las respectivas protecciones en caso de una falla	X					
10	El sistema mecanico(motor,eje,acoples y chumaseras), es adecuado para el trabajo requerido	X					
11	Los discos se comportan de manera adecuada con el producto	X					
12	los discos se acoplan facilmente con los moldes	X					
13	los moldes son de facil intercambio y cuentan con su respectivo seguro	X					
14	Las docificaciones proporcionadas por los moldes son las adecuadas	X					
15	El motaje en el lugar de la implementacion fue acorde con el espacio	X					
FIRMA ENTREGA:				FIRMA DE RECIBIDO:			
				 <small>ALEJANDRO RIVAS ARCOB</small> <small>Representante Legal</small>			

Fuente: Propia.

## 4.4 Fase 4. Evaluación.

Esta fase se fundamenta en todo el proceso realizado desde inicios del diseño como la última etapa de implementación. Toda la información recolectada para el diseño se soporta mediante cálculos ingenieriles, donde muestran la resistencia de los materiales, exigiéndolo a ciertas cargas externas, mostrando su durabilidad y estética en planta, esto ayudo bastante en el diseño ya que es un conjunto de partes, que si una de ellas no está debidamente realizada todo el sistema se ve afectado, por ende toda la estructura de la dosificadora está conectada con cada una de las partes que la componen haciendo una máquina robusta y bastante confiable su funcionamiento ver Anexo G.

De igual manera, en la parte de conceptos fue necesario una amplia referencia bibliográfica de trabajos de grado y proyectos encaminados a este sistema, para aumentar los estándares de confiabilidad en la construcción de este nuevo mecanismo para la compañía TRÉBOL ROJO SAS, observando las condiciones de funcionamiento y entorno operacional la máquina fue implementada de manera correcta dando pie a la producción operacional del sistema, donde la selección de elementos mecánicos, eléctricos y cada una de las piezas dimensionadas estuvieron aprueba en condiciones tanto de exigencia como de total normalidad de producción, dando como resultados gratificantes de cumplimiento de operación en cada uno de los requerimientos solicitados y acordados entre los autores y la empresa.

El análisis que evalúa la implementación de la máquina dosificadora fue el tomar los tiempos de producción cuando el sistema no estaba implementado, los valores en la tabla 13 corresponden a un muestreo de 120 porciones de media libra dosificadas del producto, para realizar esta prueba cada ítem tiene diez muestras las cuales se promediaron para dar un tiempo estándar por ítem. Cada ítem tiene un nombre y numeración como por ejemplo pimienta\_1. Todo este mismo procedimiento se llevó acabo posterior a la implementación con lo cual se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró una optimización de los tiempos de producción en la cuarta etapa que corresponde a la dosificación del producto en un 301%. Inicialmente teníamos un promedio en esta etapa de 15 seg y pasamos a hacer esta misma dosificación en un tiempo de 4.98 seg por porción.
- Se obtuvo una optimización del 65% en tiempo de producción por minuto, en el cual antes de la implementación se dosificaba 4 porciones por minuto y posterior a la

implementación se triplicó dando como resultado 12 porciones por minuto aumentando la producción por minuto de la cuarta etapa en la dosificación.

- En la figura 4-14 se aprecia la línea de tendencia azul que corresponde a los tiempos antes de la implementación, en el cual nos muestra gráficamente un tiempo mayor de producción, en comparación al que se detalla (línea gris) posteriormente a la implementación.

**Tabla 13** Evaluación de optimización de tiempos, sin implementar vs implementando el sistema de dosificación en porciones de media libra

Sin implementar el dosificador		Dosificador implementado	
Producto media libra	Etapa 4 Producción (seg)	Producto media libra	Etapa 4 Producción (seg)
Pimienta_1	15,3	Pimienta_1	5
Pimienta_2	14,8	Pimienta_2	4,9
Pimienta_3	14,8	Pimienta_3	5
Pimienta_4	15,1	Pimienta_4	4,9
Pimienta_5	15,5	Pimienta_5	4,86
Pimienta_6	14,6	Pimienta_6	5,1
Pimienta_7	14,7	Pimienta_7	5,1
Pimienta_8	15,2	Pimienta_8	4,89
Pimienta_9	15,3	Pimienta_9	4,9
Pimienta_10	14,6	Pimienta_10	5,1
Pimienta_11	14,9	Pimienta_11	5
Pimienta_12	15,2	Pimienta_12	5
Tiempo Promedio	15,00	Tiempo Promedio	4,98

Optimización posterior de producción	301%
--------------------------------------	------

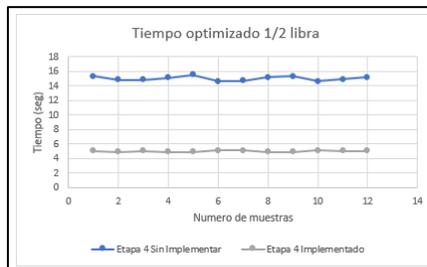
Sin implementar el dosificador		
Tiempo de producción	Producción (kg)	Porciones por minuto(UND)
240 min	1000 Medias Lb	4
Dosificador implementado		
Tiempo de producción	Producción (kg)	Porciones por minuto(UND)
83,33 min	1000 Medias Lb	12

Tiempo optimizado posterior	Media libra	65%
-----------------------------	-------------	-----

Fuente: Propia.

**Figura 4-14** Tiempo de optimización antes y después de la dosificación en cantidades de media libra



Fuente: Propia.

Los valores en la tabla 14 corresponde a un muestreo de 120 porciones de libra dosificadas del producto, para realizar esta prueba cada ítem tiene diez muestras las cuales se promediaron para dar un tiempo estándar por ítem. Cada ítem tiene un nombre y numeración como por ejemplo pimienta\_1. Todo este mismo procedimiento se llevó acabo posterior a la implementación con lo cual se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logro una optimización de los tiempos de producción en la cuarta etapa que corresponde a la dosificación del producto en un 400%. Inicialmente teníamos un promedio en esta etapa de 20.02 seg y pasamos a hacer esta misma dosificación en un tiempo de 5.01 seg por porción.
- Se obtuvo una optimización del 75% en tiempo de producción por minuto, en el cual antes de la implementación se dosificaba 3 porciones por minuto y posterior a la implementación dando como resultado 12 porciones por minuto aumentando la producción por minuto de la cuarta etapa en la dosificación.
- En la figura 4-15 se aprecia la línea de tendencia azul que corresponde a los tiempos antes de la implementación, en el cual nos muestra gráficamente un tiempo mayor de producción, en comparación al que se detalla (línea gris) posteriormente a la implementación.

**Tabla 14** Evaluación de optimización de tiempos, sin implementar vs implementando el sistema de dosificación en porciones de libra

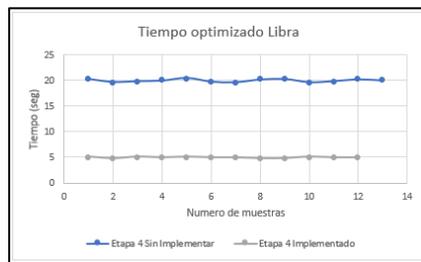
Sin implementar el dosificador		Dosificador implementado	
Producto 1 libra	Etapas 4 Produccion (seg)	Producto 1 libra	Etapas 4 Produccion (seg)
Pimienta_1	20,3	Pimienta_1	5,1
Pimienta_2	19,75	Pimienta_2	4,89
Pimienta_3	19,9	Pimienta_3	5,1
Pimienta_4	20	Pimienta_4	5
Pimienta_5	20,5	Pimienta_5	5,1
Pimienta_6	19,8	Pimienta_6	5
Pimienta_7	19,7	Pimienta_7	5
Pimienta_8	20,2	Pimienta_8	4,89
Pimienta_9	20,3	Pimienta_9	4,9
Pimienta_10	19,7	Pimienta_10	5,1
Pimienta_11	19,9	Pimienta_11	5
Pimienta_12	20,22	Pimienta_12	5
<b>Tiempo Promedio</b>	<b>20,02</b>	<b>Tiempo Promedio</b>	<b>5,01</b>

Optimización posterior de producción **400%**

Sin implementar el dosificador		
Tiempo de producción	Producción (kg)	Porciones por minuto(UND)
166,67 min	500 Lb	3
Dosificador implementado		
Tiempo de producción	Producción (kg)	Porciones por minuto(UND)
41,67 min	500 Lb	12
<b>Tiempo optimizado posterior</b>	<b>Libra</b>	<b>75%</b>

Fuente: Propia.

**Figura 4-15** Tiempo de optimización antes y después de la dosificación en cantidades de libra



Fuente: Propia.

## 5. Resultados obtenidos

Inicialmente por motivos de pandemia; la compañía tuvo bastantes inconvenientes económicos ya que sus productos no se podían distribuir con la fluidez que se acostumbra, debido a esto la compañía tuvo una etapa difícil de superación la cual retraso el cronograma establecido para el desarrollo de la máquina; sin embargo, se realizaron varias reuniones con el gerente, se trataron temas de prioridad del sistema dosificador, como la realización de los moldes volumétricos, la estructura y la tolva los cuales demandaba más tiempo en su fabricación, dando los puntos de partida de la realización, el gerente sustento un 25% del presupuesto consolidado para iniciar con la construcción del mecanismo.

Se realizó una próxima reunión, en la cual el gerente expresó que afortunadamente el mercado alimenticio podía retomar las actividades de fabricación y distribución con normalidad, pasando de un desafortunado acontecimiento a una noticia que mejoraría de manera regular su economía, de igual manera se beneficiaría el avance de la máquina, se acordó una suma de dinero para la continuación de la fabricación del sistema dosificador.

Para la realización del sistema dosificador, fue de gran ayuda el recurso humano con el que contaba la compañía, personas muy hábiles y con bastantes conocimientos en áreas tales como: mecánica y automatización, ellos llevan ciertos años de experiencia en empresas alimenticias. Estas personas fueron de gran ayuda, ya que con sus aportes se pudo concluir un sistema cómodo operativamente. Estas valiosas opiniones se tuvieron en cuenta en:

- Número de moldes volumétricos del sistema dosificador.
- Ubicación y dimensiones además de adecuaciones del área de producción para la implementación.

De igual manera, cuando se procedió al montaje de la máquina, la compañía asignó a una persona encargada de la cuarta etapa de producción, presta a la implementación bajo la supervisión de las personas encargadas, su colaboración agilizó la puesta en marcha del sistema.

La fabricación de la máquina presentó varios retos; uno de los cuales fue el presupuesto que fue aprobado por la compañía en la realización del sistema dosificador, ya que se presentaron altercados económicos, la consecuencia de esto fue mantener el costo de los materiales con los proveedores, de igual manera también tuvieron fluctuaciones en sus precios por la alerta sanitaria, de este modo y buscando las mejores opciones, se tuvo que modificar el presupuesto en repetidas ocasiones, de modo que no presentara un incremento.

Al finalizar la compra de los materiales se presentó un segundo reto el cual fue la construcción de la máquina, debido a que las herramientas y equipos para esta conformación son costosos y no se contaba con la mayoría de ellos, un proveedor fue el prestamista y arrendador de herramientas, equipos y espacios de trabajo; es de resaltar que la mayor parte de la fabricación fue realizada en casa debido a complicaciones de movilización en tiempos de pandemia, con esto disminuyó el costo del lugar de trabajo, además de disminuir los costos por mano de obra debido a que todo el recurso humano necesario para la construcción de la máquina estuvo a cargo de las personas de implementación. Ofreciendo un costo menor a la compañía patrocinadora.

A pesar de tener complicaciones sanitarias y no tener un buen mercado; la empresa resolvió sus complicaciones dando la mejor opción para el desarrollo del proyecto. Desde el diseño elaborado y presentado con su respectiva aprobación, se brindaron las especificaciones técnicas y funcionamiento de la máquina a los operadores encargados del área, hasta el representante legal de la compañía mediante la capacitación que tardo alrededor de 90 min ver (Anexo D), los momentos más gratificantes fueron la implementación y puesta en marcha de la máquina, pues se obtuvieron los resultados deseados, tanto en el ambiente laboral, mejorando la labor con un mecanismo útil para un menor desgaste físico, menos personal encargado, presentando una disminución de hasta 180 minutos de producción en dosificar sus productos, mostrando un rendimiento, gracias a la acertada implementación en su cuarta etapa.

## 6. Conclusiones

- Se desarrolló una dosificadora de condimentos para la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S, con una tolva de capacidad máxima de 30 kg, en la cual se realizaron 6 moldes volumétricos, 3 de media libra y 3 de libra, un disco giratorio que los contendrá y un disco estático con una apertura de salida del producto, manejado el sistema por un control (ON/OFF); este control posee las respectivas protecciones eléctricas y protección de operabilidad del motor.
- La máquina se implementó y se entregó en óptimas condiciones de funcionalidad al encargado de la cuarta etapa, quien aprobó el funcionamiento y el sistema de seguridad de la máquina, además la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S respondió con una carta de total satisfacción y conformidad con el diseño e implementación del sistema dosificador, dicha carta se encuentra adjunta al presente documento cumpliendo así con el objetivo general propuesto.
- Se desarrollaron cálculos fundamentales para el diseño de la dosificadora como son: parámetros de la tolva, disco rotatorio, acople de contenedores telescópicos para una y media libra, y el acople del motor con los materiales apropiados logrando obtener un diseño bajo las condiciones requeridas por el cliente.
- De acuerdo con los cálculos realizados; se realizan los respectivos planos en los softwares Autodesk inventor para la parte mecánica y SolidWorks eléctrica para la parte eléctrica donde se obtuvieron 7 planos mecánicos y dos eléctricos; estos se encuentran plasmados en los Anexos A y B del documento presente, con una copia en poder de la compañía TRÉBOL ROJO S.A.S en caso de que requieran hacer

algún tipo de mantenimiento, cambio o modificación se pueda lograr de una forma adecuada.

- Se realiza la implementación del sistema de dosificación y control de operación (ON/OFF) del disco rotatorio, de acuerdo con los planos realizados obteniendo una operabilidad segura, haciendo un sistema bastante confiable y preciso en las medidas de precaución, ya que todos sus componentes eléctricos están debidamente aislados por una lámina de acero inoxidable que los tiene libre de condiciones ambientales que lo deteriore.
- Se logró una optimización de los tiempos de producción en la cuarta etapa que corresponde a la dosificación del producto en un 301%. Inicialmente teníamos un promedio en esta etapa de 15 seg y pasamos a hacer esta misma dosificación en un tiempo de 4.98 seg por porción.
- Se obtuvo una optimización del 65% en tiempo de producción por minuto, en el cual antes de la implementación se dosificaba 4 porciones por minuto y posterior a la implementación se triplicó dando como resultado 12 porciones por minuto aumentando la producción por minuto de la cuarta etapa en la dosificación.
- Se logró una optimización de los tiempos de producción en la cuarta etapa que corresponde a la dosificación del producto en un 400%. Inicialmente teníamos un promedio en esta etapa de 20.02 seg y pasamos a hacer esta misma dosificación en un tiempo de 5.01 seg por porción.
- Se obtuvo una optimización del 75% en tiempo de producción por minuto, en el cual antes de la implementación se dosificaba 3 porciones por minuto y posterior a la implementación dando como resultado 12 porciones por minuto aumentando la producción por minuto de la cuarta etapa en la dosificación.
- Se realizó pruebas a la máquina tanto de velocidad y con diferentes tipos de materia prima que tuvieran la misma densidad, obteniendo buenos resultados en cuanto al

manejo de los dispositivos con el producto como la operabilidad de la máquina. La dosificadora consume una potencia de 90W ocasionando un aumento de energía eléctrica, sin embargo, reduce el recurso humano en un 50%, el cual era de dos operarios en la etapa, por consiguiente, se considera más eficiente que de manera manual.

- Se elaboró la ficha técnica con un manual funcionamiento y un manual de especificaciones técnicas de mantenimiento (Anexo C). Se realizó la respectiva capacitación al personal que tardó aproximadamente hora y media (Anexo D) donde se detalló a profundidad el funcionamiento y los posibles riesgos de operabilidad (Anexo C), logrando obtener una correcta manipulación de la máquina en operación por parte de los operarios, se continuara realizando visitas a la compañía para hacer los respectivos mantenimientos o correcciones en caso de que se requiera , de la misma manera se continuará haciendo seguimiento por si se solicita una capacitación o solucionar posibles dudas de operación al personal.
- Se logró un proceso apto de análisis y evaluación en la que se pudo concluir la falla presentada por la compañía dando una solución acertada a la necesidad principal de su línea de producción, añadiendo un método de implementación eficiente posicionando a la empresa en un grado mayor frente a sus competidores.

## Bibliografía:

- [1]. Arcos, A. B. (1 de junio de 2020). Antecedentes Empresariales. (B. P. Oscar Gómez, Entrevistador)
- [2]. Diana, C. (1 de abril de 2018). YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vnexoqr8klw>
- [3]. Omegacine. (11 de octubre de 2018). YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sfNoAJ4K4mQ>
- [4]. Alejandro, P. J. (21 de febrero de 2019). YouTube. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=jp96eqtmS\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=jp96eqtmS_E)
- [5]. Quijano Vaca Carlos, C. A. (2016). Universidad de la Salle. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1082&context=ing\\_automatizacion](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1082&context=ing_automatizacion)
- [6]. Moreno Cárdenas Carlos, A. D. (2015). Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71398879.pdf>
- [7]. Gonzales Avella Christian, S. Z. (2008). Universidad de San Buenaventura. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71398879.pdf>.
- [8]. Ortiz Martínez David, Z. G. (2017). Fundación Universitaria de América. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/927/1/4092201-2017-1-IM.pdf>
- [9]. Rodríguez Vélez, J. y Tipantacig Quishpe, B. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y SELLADORA PARA CONDIMENTOS. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4447/6/UPS-KT00065.pdf> [10]. Chuquin, C. (2017). Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7242/2/ART%C3%8DCULO.pdf>

[11]. Álvarez, F. (2015). Universidad Francisco Gavidia. Obtenido de <https://archivo.cepal.org/pdfs/GuiaProspectiva/Alvarez2015Implementacion.pdf> (Álvarez, 2015)

[12]. Oviedo Navas, A. (2012). Diseño y Construcción de un Dosificador de Granos Secos. Pontifica Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/684/1/80123.pdf>.

[13]. Bayona Castro, J. (2012). DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN DOSIFICADOR AUTOMATIZADO PARA LA ALIMENTACIÓN DE LAS CCABRAS DE LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DDE PAULA SANTANDER OCAÑA. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2405/1/32320.pdf>

[14]. Ingeniería Mecafenix. (2017). sensor de proximidad capacitivo. <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/> induc

[15]. Industrias Ailén S.R.L. (2009). Tipos de Dosificadores de uso más común. <http://www.industriasailen.com.ar/tiposDosificadores.html>

[16]. Consuegra, M., Fernando, E., Gonzales D., Gustavo E. (2004). Diseño Concurrente y fabricación de un dosificador automático de alimentos para mascotas. Universidad Central de Venezuela. <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/614/1/trabajo%20especial%20consuegra%20da%20boin.pdf>

[17]. Báez Arias, F., Millán Barrera, J., y Buitrago, J. Dosificador de comida para peces. Agencia de Noticias UN, 914. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/dosificador-de-comida-para-peces.html>

[18]. Reliance, F. (2020). Foundry Reliance. Recuperado el 12 de octubre de 2020, de <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es#gref>

[19]. RESOLUCIÓN 2674 DE 2013[EL MINISTRO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL]. Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones.

[https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-](https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-52776a9787f6#:~:text=La%20presente%20resoluci%C3%B3n%20tiene%20por,primas%20de%20alimentos%20y%20los)

[52776a9787f6#:~:text=La%20presente%20resoluci%C3%B3n%20tiene%20por,primas%20de%20alimentos%20y%20los](https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-52776a9787f6#:~:text=La%20presente%20resoluci%C3%B3n%20tiene%20por,primas%20de%20alimentos%20y%20los)

[20]. WiseGeek. (24 de noviembre de 2020). Qué es el saneamiento de alimentos.

<https://www.wisegeek.com/what-is-food-sanitation.htm>

[21]. Ibarra Echeverria, M; Núñez Solís, E; Huerta Ibáñez, J. Y Gerencia de Desarrollo Tecnológico y SHEQ. (2010). Manual de aceros inoxidables. Indura.

<http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Aceros%20Inoxidables?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2Fd7a1a8fe99fe4b6a9fbed6412df7e93c.pdf>

[22]. TERÁN, G., TOVAR, C., PORTOCARRERO, J. y N. A. DE SÁNCHEZ. (2014). Estudio de la corrosión producida en aceros inoxidables 304 en procesos de soldadura.

Universidad Nacional de Colombia Colombia.

<https://www.redalyc.org/pdf/496/49614407.pdf>

[23]. Mecanizados Sinc. (s. f). El Teflón material plástico ideal para trabajos de mecanizado.

<https://www.mecanizadossinc.com/teflon-material-plastico-trabajos-mecanizado/>

[24]. U. d. Barcelona, «Materiales,» U. Barcelona, [En línea]. Available:

<http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/politetrafluoroetilen>. [Último acceso: 12 Diciembre 2020]

[25]. Robert L. Mott. (2006). Diseño de elementos de máquinas. (4a. ed.) Pearson Educación. <http://ezproxy.uan.edu.co:2071/?il=3703>

[26]. CLR, Compañía Levantina de Reductores Motorreductores. (s. f). como elegir el mejor para cada proyecto. <https://clr.es/blog/es/disenio-de-ejes-transmision/>

[27]. Puerta Gómez, J. y Arias Cadena, J. (2013). LIBRO DIGITAL DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN TRIFÁSICA. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4101/621314P977.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[28]. B. A. D. Laforge, «Diseño de un silo cilíndrico para el almacenamiento de productos granulares,» [En línea]. Available: <https://pdfslide.net/documents/tolvas-55c099c312b54.html>. [Último acceso: 19 octubre 2020].

[29]. S. E. Colombia, «Schneider Electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com/co/es/>. [Último acceso: 12 diciembre 2020]

[30]. J. S. D. Urrego, «Lógica cableada» [En línea]. Available: <https://es.calameo.com/read/00591602540f2d3b49e0d>

[31]. U. C. I. d. Madrid, «uc3m,» [En línea]. Available: <https://www.uc3m.es/prevencion/riesgos-mecanicos>. [Último acceso: 12 diciembre 2020].

[32]. Dassault Systèmes. (s. f). Máquina Industriales. [https://ifwe.3ds.com/es/industrial-equipment#\\_ga=2.231848927.1935613180.1606273200-44469540-2eca-11eb-b3e1-c986dcc55385](https://ifwe.3ds.com/es/industrial-equipment#_ga=2.231848927.1935613180.1606273200-44469540-2eca-11eb-b3e1-c986dcc55385)

[33]. Autodesk Inc. (s. f). Inventor. <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview?plc=INVPROSA&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

[34]. Dassault Systèmes SolidWorks (DS SolidWorks). (s. f). Diseño Eléctrico. <https://www.solidworks.com/es/category/electrical-design>

[35]. Bestratén Belloví, M (2011). Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_238.pdf/35c7cdc8-c208-46f9-8504-f80531791450](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_238.pdf/35c7cdc8-c208-46f9-8504-f80531791450)

[36]. Rodríguez Prada, M. y Cortes Rocha, C. (2007). MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LLENADO Y SELLADO DE ENVASE TIPO PET PARA CONDIMENTOS EN POLVO. Universidad de La Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1060&context=ing\\_automatizacion](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1060&context=ing_automatizacion)

[37].SkyCiv, «SkyCiv,» 2015-2020. [En línea]. Available: <https://skyciv.com/es/free-moment-of-inertia-calculator/>.