

CAPÍTULO 1

1. TEORÍAS DE MÁQUINAS EMPACADORAS

1.1. MÁQUINAS EMPACADORAS

El proceso de empaçado consiste en brindar protección y fácil transporte de un determinado producto a través de una envoltura.

Existen varios tipos de empaques como son: principal (contiene el producto para ser pesado o medido), secundario (se desecha al utilizar el producto, por ejemplo una caja individual) y el empaque de envío (caja utilizada para almacenar y transportar varias unidades). Las decisiones del tipo de empaçado se basan en los factores de costos y producción.

Hoy en día el empaque y el envase desarrollan un rol importante ya que tiene el trabajo de informar y describir su contenido de manera fácil al consumidor y sobre todo tiene el trabajo de llamar la atención del cliente, permitiendo que solo al mirar el producto el cliente pueda identificarlo inmediatamente, además debe brindar la seguridad que al ser consumido tendrá un producto fresco, apto para el consumo.

El empaçado debe ser original e innovador, de esta manera obtener ventajas con otros productores competidores. Para obtener un buen envase se debe tomar en cuenta los detalles como son: materiales, forma, colores, anuncio de la marca y diseño gráfico así como también el tamaño. Estos elementos deben trabajar juntos para respaldar la posición del producto y la estrategia de mercadotecnia. El envase debe ser compatible con la publicidad del producto, el precio y la distribución.

1.2. TIPO DE MAQUINARIA

La principal clasificación de este tipo de maquinaria se define por el sistema que emplea para determinar la cantidad de producto a ser empacado, el mismo que puede ser volumétrico o másico.

A continuación se detallan las mencionadas máquinas.

1.2.1. EMPACADORAS VOLUMÉTRICAS

Son utilizadas para manipular granulados, polvo y principalmente líquidos donde el volumen que ocupan éstos es la principal característica para su comercialización, sin embargo, también puede utilizarse en productos sólidos, disminuyendo la funcionalidad de la máquina, ya que el volumen que puede ocupar un sólido es sujeto de grandes variaciones dependiendo del proceso de producción.

Este tipo de máquinas cuentan con dispositivos donde almacenan el producto por fracciones de segundos antes de ser empacado, entre los mecanismos empleados se encuentran moldes extrusores y bandejas con cilindros que se llenan de acuerdo al volumen que se requiera, un aspecto muy importante es la densidad del producto.

Ventajas

- El sistema de control es menos susceptible de interferencia ya que el volumen del producto es más fácil de instrumentar.
- La instrumentación puede ser menos robusta.

Desventajas

- No garantiza que la cantidad de producto suministrado en lo que se refiere a sólidos.
- Menos versatilidad de la empacadora, se limita las cantidades y el tipo de producto que pudiese empacarse.



Figura 1.1. Máquina empacadora Marconi
Fuente: Repositorio.espe.edu.ec.

1.2.2. EMPACADORAS CON SISTEMA MÁSSICO

Estas máquinas basan su sistema de control en el peso del producto, considerado el más fiable, emplea celdas de carga, el control debe ser diseñado exhaustivamente puesto que el excesivo ruido eléctrico e incluso defectuosos ensambles al originar vibraciones mecánicas pueden causar interferencia.

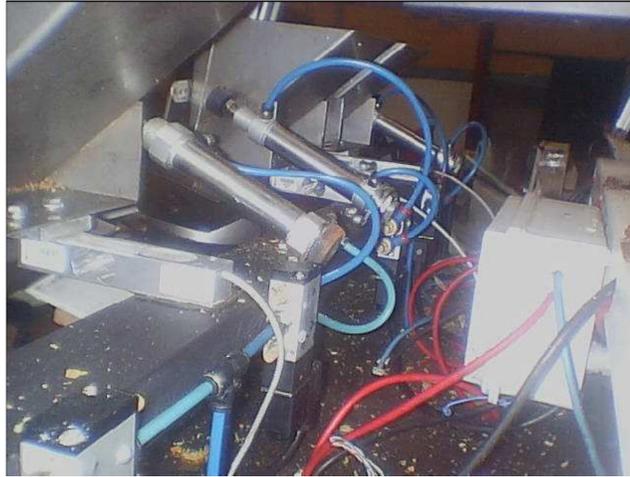


Figura 1.2. Máquina empacadora de caramelo en polvo
Fuente: Repositorio.espe.edu.ec.

Ventajas

- Fiabilidad respecto a la dosificación de la cantidad de producto.
- Mayor versatilidad, puesto que pueden empacarse diferentes productos en una misma máquina.

Desventajas

- El sistema de control debe ser más exhaustivo y cuidadoso.
- El ambiente en el que opera la máquina debe ser controlado, debe existir el suficiente aislamiento para evitar interferencia.

1.2.3. EMPACADORAS MULTICABEZAL

La principal característica de este tipo de máquinas es la rapidez de producción, lo que en función de las especificaciones del producto y número de balanzas o contenedores, suman tanto volúmenes como masas individuales, de acuerdo a las necesidades para empacar el producto. En algunas áreas la rapidez de producción oscila entre 180 a 200 fundas por minuto.

Ventajas

- Gran velocidad de producción.
- Fácil operación.

Desventajas

- Costos de adquisición elevados.
- Sistema de control complejo por la programación en la suma de producto en cada bandeja individual.

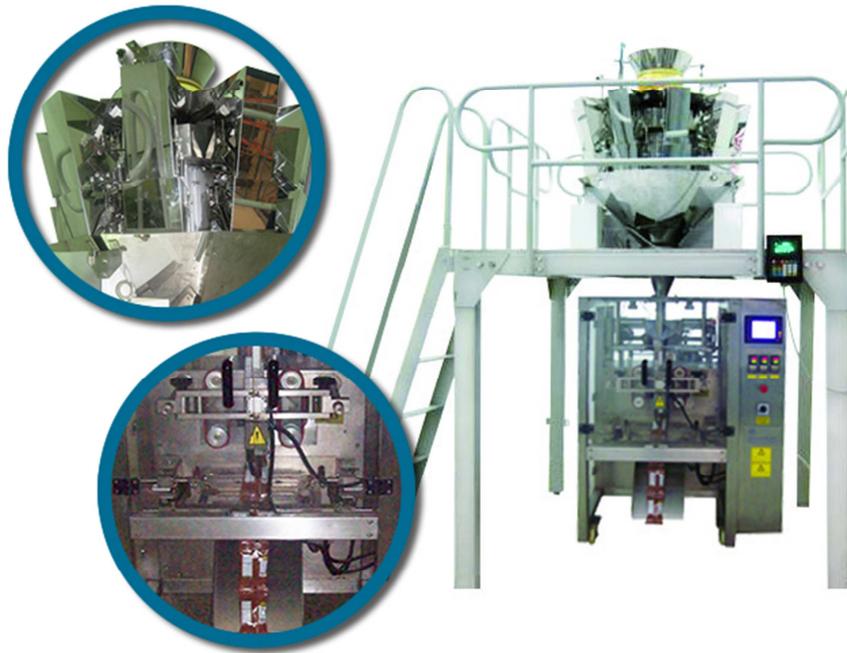


Figura 1.3. Empacadora REF: LV 500
Fuente: www.solostoks.com.

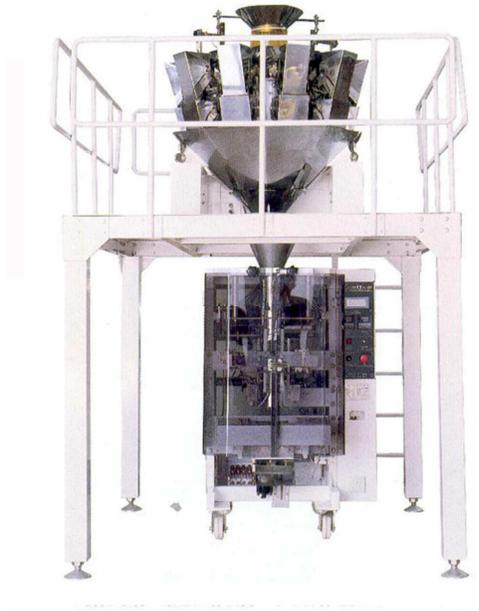


Figura 1.4. Máquina empacadora INDELSA
Fuente: <http://www.indelsacr.com>

1.3. MÉTODOS DE EMPACADO

El método a empacar depende de la cantidad, volumen, viscosidad.

A continuación se detallan los métodos:

1.3.1. EMPACADO VERTICAL

El empacado vertical es un proceso en el que el producto se ubica en una tolva ubicada en la parte superior de la máquina permitiendo de esta manera que por gravedad el producto caiga para ser empacado y finalmente obtener el producto terminado por la parte inferior. Bonilla (2009, p.4)

Los productos más comunes que utilizan las máquinas de empacado vertical son:

- Arroz
- Granulados
- Sal
- Caramelo en polvo

1.3.2. EMPACADO HORIZONTAL

El proceso de empaqueo inicia en un lado de la máquina mientras que el producto terminado es despachado por el otro.

Este sistema es utilizado para empaquear objetos de forma regular como galletas, chocolates, pasteles, panes, objetos de uso diario, medicamentos, componentes eléctricos, productos en cajas pequeñas u otros. Las empacadoras horizontales utilizan bandas transportadoras las que ayudan al flujo del producto desde el ingreso hasta el despacho. Bonilla (2009, p.6)

1.4. MÉTODOS DE DOSIFICACION

1.4.1. DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA

La dosificación volumétrica es un método que utiliza moldes para medir la cantidad de producto por unidad de empaque. La dosificadora utiliza un disco giratorio con varios moldes que distribuyen un volumen de producto constante. Este tipo de dosificación es utilizado con productos granulares no pegajosos como caramelos, harinas, etc.

1.4.2. POR TORNILLO

El método más común para la dosificación de productos en polvo como harina, azúcar, condimentos, leche en polvo, bebidas instantáneas, etc., es el dosificador por tornillo. Este tipo de dosificador es volumétrico y consiste en una tolva de forma cónica con un tornillo que al girar dosifica el producto en el empaque.

1.4.3. POR TIEMPO

Para este control se utiliza generalmente variadores de velocidad que tienen un buen comportamiento para trabajo intermitente por periodos cortos de tiempo. La variación de peso que se obtiene con este sistema de dosificación está en un rango aceptable para la mayor parte de productos que utilizan.

1.4.4. DOSIFICACIÓN POR PESO

La dosificación por peso se realiza utilizando celdas de carga. Uno de los más comunes es el sistema multicabezal. Un algoritmo computacional realiza el cálculo de los pesos y libera el producto de las celdas cuyo peso combinado sea aproximado al requerido. Este sistema es utilizado para empacar galletas, confites, nueces, maní, frutas secas, semillas, chocolate, cereales, etc.

1.5. TÉCNICAS DE SELLADO

El proceso de sellado del papel de empaque se determina según el producto que se desee empacar. Los diferentes procesos de sellado más utilizados se detallan a continuación:

1.5.1. CALOR

Este proceso de sellado es el más utilizado a nivel industrial debido a su facilidad de implementación, manejo y sobre todo su costo con referencia a otros procesos de sellado.

Este consiste en utilizar la presión para unir al material del empackado, luego la fundición del material a una determinada temperatura y tiempo. El papel de empaque es sellado de acuerdo al tipo de producto a empacar. Ovelma (2013, p.1)

1.5.2. ULTRASONIDO

El sellado por ultrasonido es un proceso sumamente complejo que consiste en generar vibración sobre las moléculas del material a empacar a través del ultrasonido, esto produce un movimiento de las moléculas y a su vez genera calor, finalmente se encarga de realizar la fusión del material y por lo tanto el empaque. Foro electrónica (2000, p.1)

1.6. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA

1.6.1. ACERO AISI - SAE 1045

Este acero se utiliza cuando la resistencia y dureza son necesarias en condición de suministro. Es un acero medio carbono que se puede forjar con martillo. Responde favorablemente al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, no es recomendado para cementación o cianurado. En el momento que se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es apropiado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb)

- Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)
- Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
- Elongación 16% (en 50 mm)
- Reducción de área (40%)
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
- Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)
 - *Propiedades físicas:* Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)
 - *Propiedades químicas:* 0.43 – 0.50 % C
 - 0.60 – 0.90 % Mn
 - 0.04 % P máx.
 - 0.05 % S máx.

Usos: Los usos principales para este acero son: piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

- *Tratamientos térmicos:* se da normalizado a 900°C y recocido a 790°. Sumtec (2012, p.1)

NOTA: Los datos de las propiedades mecánicas y físicas antes mencionados son promedio no se deben considerar como datos estrictamente exactos para su uso en la práctica.

1.6.2. ACERO INOXIDABLE AISI 304

Es un acero inoxidable y refractario austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una resistencia a la corrosión muy enérgica. Este tipo de acero es resistente contra corrosión intercrystalina y tiene propiedades para ser embutido profundo, no es templable ni magnético. Su aplicación es frecuente en la industria alimenticia, embotelladoras, tanques de fermentación, almacenamiento, barriles, equipos de leche, cereales, cocina, cubiertos, químicos maquinaria industrial como en los cuerpos de bombas y tubos.

- *Dureza:* 160 Brinell
- *Resistencia a la tracción:* 50-70 kg/mm². Ferum (2013,p.1)

CAPÍTULO 2

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. PANELA GRANULADA

La situación actual de la elaboración del producto sigue siendo la que se ha transmitido de generación en generación, es decir de manera artesanal; de la misma forma los métodos para la comercialización, lo que causa una pérdida en el mercado ya que no se generan nuevos consumidores.

En la actualidad la empresa panelera busca aumentar la producción y aceptación, ya no solo busca realizar los llamados “bancos de panela”, sino que han invertido para contar con hornos de secado y tamizadoras de panela y de esta manera obtener la panela granulada que ha tenido una mayor aceptación del consumidor.

2.2. PROCESO DE ELABORACIÓN

2.2.1. CORTE Y TRANSPORTE DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Para obtener una panela de calidad se debe cortar la caña cuando ya esté madura. El tiempo que se demora la caña para madurar y estar en óptima producción es de 1 a 2 años, antes de este tiempo se encuentra tierna y luego se produce una disminución de los azúcares, es decir, pierde su poder endulzante aunque este factor depende también del proceso de cultivo.

El medio para el cultivo o corte de la caña se realizaba de manera empírica, en determinados lugares se está usando tecnologías para determinar la madurez mediante un analizador de grados Brix a lo largo del tallo de la caña. Se utiliza un refractómetro para conocer el contenido de azúcar en la caña, en el cual se coloca una gota de jugo en el aparato y se lee en una escala graduada la cantidad de sólidos solubles que hay en el jugo (Grados Brix). Agroindustrias (2001,p.2).

2.2.2. EXTRACCIÓN DE JUGOS.

La caña cortada es transportada al trapiche, en este lugar se encuentra un molino el que es accionado por un motor que mueve un eje, paralelamente a este

se encuentra otro eje, la distancia entre ejes tiene una trayecto aproximada de 2cm aquí se introducen las cañas, al pasar por aquí y estar presionados por los ejes el jugo es extraído.

Posteriormente el jugo es trasportado por diferentes estaciones de filtrado, donde son eliminadas la mayoría de impurezas como son: restos de caña, bagazo, tierra y demás impurezas que están en la caña al momento de la cosecha, dejando listo el jugo para la evacuación de desperdicios potabilizando y listo para la siguiente etapa; el desperdicio o bagazo es usado como combustible para la hornilla. Agroindustrias (2009, p.2)

2.2.3. CLARIFICACIÓN DE LOS JUGOS DE CAÑA



Figura 2.1. Clarificantes naturales yausavara
Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/99>

En esta etapa el jugo de caña ha sido trasportado a los diferentes compartimentos de cocción donde se eliminará el agua dejando un jugo puro. En este proceso el jugo se calienta un estimado de 50 - 55°C donde aún se sigue extrayendo distintas impurezas, el jugo permanece un estimado de 20 a 30 minutos. Aquí paneleros adicionan cal o yausavara (planta nativa usada como clarificante natural) generalmente en el medio ocupan únicamente la yausavara con el fin de hacer una producción de panela más pura. Agroindustrias (2001, p.3)

2.2.4. EVAPORACIÓN DE LOS JUGOS DE CAÑA



Figura 2.2. Evaporación de los jugos de caña (Otavalillo)
Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/99>

El calor es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (líquido a vapor), eliminándose cerca del 90% del agua presente.

En esta etapa el jugo se encuentra en la segunda paila, aquí se calienta y comienza la evaporación del agua, su proceso de cocción demora de 10 a 15 minutos. En el cambio de proceso de líquido a gaseoso se forma una especie de espuma llamada otavalillo la cual es apetecida por trabajadores y extraños.

Posteriormente se pasa a la tercera paila, aquí se eleva el contenido de azúcar en el jugo de 20% hasta un 86% en promedio, los trabajadores aseguran que en esta etapa el jugo tiene tanta concentración de azúcar que pasa a un estado amargo. Este procedimiento es importante ya que si se tiene muchos azúcares reductores, afectan la consistencia final de la panela incluso hasta impedir su cristalización.

En este proceso la panela se encuentra en constantemente movimiento con el fin de evitar que se queme y posteriormente agregar más clarificantes contaminantes o en caso extremo tener que desechar todo el jugo transformado en miel.

La panela en la tercera paila pasa aproximadamente 10 minutos dependiendo de la temperatura de la hornilla.

2.2.5. PUNTEO

En esta etapa la panela ha pasado a la cuarta y última paila, aquí se debe tener mucho cuidado y evitar que por un error o descuido se quemé y se pierda la producción y los esfuerzos de las etapas anteriores.

El trabajador generalmente saca la miel a un recipiente cuando la miel no corre y parece que hierve sobre la paila que se usa para menearlo o cuando al batir la miel en el aire se forma una bomba.

La temperatura aquí es mayor a los 100°C, el jugo en esta etapa tiene una gran viscosidad, este proceso dura aproximado de 7 a 10 min.

2.2.6. BATIDO Y ENFRIAMIENTO

En esta etapa se lleva la miel a un recipiente llamado batea el que no se encuentra en contacto con la hornilla, aquí se procede a batir hasta que la miel se transforme en panela, es decir, se bate hasta que la miel deje de pegarse sobre las espátulas mezcladoras

Este proceso dura aproximadamente de 15 a 20 minutos.

Aquí se tiene lista la panela, para realizar la granulación se procede a aplastar y romper los trozos grandes de panela en más pequeños.

2.2.7. GRANULACIÓN Y SECADO DE LA PANELA

En esta etapa se procede a aplastar y transformar los trozos de panela en más pequeñas antes que su enfriamiento sea total y evitando también que se forme una masa.

Este proceso dura aproximadamente de 15 a 20 minutos.

Luego se tiene lista la panela pero en trozos aún grandes para el consumo, por tal razón se llevan los trozos a una tamizadora (sistema de cernido), en el que la granulación es apta y presentable para consumo humano.

Posteriormente se procede a quitar la humedad de la panela en hornos, los que se encuentran de 60 a 70°C, aquí se cocina y finalmente esta lista para ser pesada y empacada.

2.2.8. PESADO MANUAL

Actualmente el pesado de la panela granulada se está realizando manualmente, es decir, utilizando un material de empaque y una balanza.

La panela una vez tamizada y secada está lista y es transportada para su pesado y posterior empaque, la persona encargada del pesado toma cierta cantidad de panela, introduce sobre el material de empaque y va aumentando o reduciendo la cantidad según sea el requerimiento, este proceso se realiza a la intemperie teniendo mayor riesgo a proliferación de bacterias.

La mayor deficiencia es que para encontrar la medición correcta el personal encargado del pesaje realiza muchos movimientos para aumentar o disminuir la cantidad de panela teniendo así mayor retraso en la producción.

A continuación se muestra una tabla de las variaciones en las pnetaciones de panela granulada.

N° DE PRUEBAS	PESO REFERENCIAL	PESO SISTEMA MANUAL	ERROR (gr)	ERROR %
1	460	479,7	19,7	4,28
2	460	443,6	16,4	3,57
3	460	470,3	10,3	2,24
4	460	483,4	23,4	5,09
5	460	443,6	16,4	3,57
6	460	478,9	18,9	4,11
7	460	440,7	19,3	4,2
8	460	480	20	4,35
9	460	442,8	17,2	3,74
10	460	479,2	19,2	4,17
11	1000	989,1	10,9	1,09
12	1000	983,8	16,2	1,62
13	1000	1019,3	19,3	1,93
14	1000	1017,5	17,5	1,75
15	1000	1010,1	10,1	1,01
16	1000	988,1	11,9	1,19
17	1000	1015,8	15,8	1,58
18	1000	988,6	11,4	1,14
19	1000	1018,9	18,9	1,89
20	1000	1023,5	23,5	2,35
ERROR			16,815gr	2,7435%

Tabla 2.1. Datos obtenidos de la situación actual de la producción de panela granulada

Fuente: Jaime Aguirre "Gerente de la Empresa"

Luego de realizar la tabulación se logró determinar que el error promedio en la producción de panela granulada es del 2.7435%, este porcentaje será un parámetro que se deberá considerar y disminuir en la construcción de la máquina.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA

3.1. INTRODUCCIÓN

El diseño mecánico de la máquina será una parte fundamental para el buen funcionamiento ya que está compuesto de distintas estructuras, las mismas que actuarán en secuencia y un mal dimensionamiento o diseño de alguna de éstas afectará a todo el proceso.

La panela granulada será la materia prima, esta posee altos niveles de adherencia por lo que es conveniente evacuarla rápida y completamente. El soporte deberá resistir a la panela y reducir las oscilaciones de la estructura para así reducir un cálculo erróneo en las celdas de carga.

Una importante consideración para el diseño será la del espacio físico que se dispone para la estructura de la máquina.

La máquina será capaz de producir un pesaje de 60 unidades tanto en presentaciones de 1lb como de 1 kg.

El control se realizará mediante un sistema electro-neumático controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable) y variadores de velocidad para los motores.

De igual manera ésta máquina cumplirá con las normas legales, de seguridad e higiene.

Las partes mecánicas que se construirán e implementarán son:

- Sistema Dosificador.
- Sistema Formador de Funda.
- Sistema de Arrastre de Papel.
- Sistema de Almacenamiento de Panela.
- Sistema de Compuerta de Distribución.
- Sistema Pesado.

Una vez determinados los parámetros mecánicos se debe tener en cuenta los parámetros de diseño, los escogidos son:

Eficiencia.- Este parámetro se ha tomado en cuenta ya que la máquina debe trabajar como conjunto debiéndose adaptar una pieza exactamente a la otra teniendo en cuenta que es un proceso continuo y si un elemento falla o no se acopla a todo el diseño se produce un retraso en la producción.

Manufactura.- Este aspecto es muy importante ya que si la pieza seleccionada es muy difícil o rara de manufacturar en el país, en el momento que ésta necesite un cambio será más difícil encontrarla y por lo tanto la producción se detendrá por más tiempo significando esto pérdidas considerables.

Reemplazo de Componentes.- Se decidió tomar en cuenta este parámetro ya que al momento que un componente de los que se seleccionaron necesite mantenimiento o falla, su desmontaje y cambio deberá ser rápido, considerando que al trabajar en la industria alimenticia el producto no puede estar mucho tiempo en contacto al medio ambiente.

Costo.- Quizá es el factor más importante en la máquina ya que no solo se debe tomar en cuenta en el diseño sino en el mantenimiento y operación.

Se debe tomar en cuenta el Costo vs Beneficio y construir una máquina que pueda competir con las ya existentes, es decir de menor valor pero de características similares.

En la siguiente tabla se muestra como establecer las prioridades en el diseño basándose en “El Método de Criterios Ponderados”, el que menciona una confrontación entre cada parámetro con los restantes.

Se asignará el valor de 1 en el cuadro cuando el parámetro que se encuentra en la fila sea superior al que se encuentra en el de la columna, el valor de 0,5 en el cuadro que el parámetro que se encuentra en la fila sea igual al que se encuentra en el de la columna y el valor de 0 en el cuadro en que el parámetro que se encuentra en la fila sea inferior al que se encuentra en el de la columna. Riba (2009, pág. 20)

Parámetros	Eficiencia	Manufactura	Reemplazo de Componentes	Costo	Suma+1	Ponderación [A]
Eficiencia		1	1	1	4	0,381
Manufactura	0,5		0,5	0,5	2,5	0,238
Reemplazo de Componentes	0,5	0,5		0	2	0,190
Costo	0	0,5	0,5		2	0,190
Total					10,5	1,000

Tabla 3.1. Parámetros con ponderación en selección de elementos
Fuente: Autor (Germán Vaca)

3.1. SISTEMA DOSIFICADOR

Dosificar es llenar cada uno de los envases con la misma cantidad de producto.

3.1.1. DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN

PRIMERA ALTERNATIVA



Figura 3.1. Gráfico Alternativa 1 (Sistema de dosificación)

Fuente: http://www.solpak.com.co/maquina_ganos_emvepg_2500.html

Son utilizadas para granulados, polvo y principalmente líquidos. En productos sólidos también se utiliza pero así se disminuye la función de la máquina, ya que en un sólido el volumen tiene grandes variaciones dependiendo del proceso de producción.

Esta máquina posee una estructura de almacenamiento (tolva) la que mantiene al producto justo antes del almacenamiento, debajo de la misma se

encuentra un plato con los vasos de distribución accionados por un motor el que puede variar su velocidad y por lo tanto la producción. Ortiz (pág. 292)

Ventajas

El sistema de control con menor error ya que no existen factores externos que impidan la dosificación.

- Eficiencia aceptable ya que tiene varios vasos en un mismo plato giratorio.
- Fiabilidad respecto a la dosificación de la cantidad de producto.
- Fácil Manufactura.

Desventajas

- Retraso en la producción al cambiar el tipo de envase para la dosificación.
- Menos versatilidad de la máquina ya que se limita al tipo de producto que pudiese empacarse.
- Costo elevado de materiales y mano de obra, tamaño considerable.

3.1.2. DOSIFICACIÓN POR TIEMPO

SEGUNDA ALTERNATIVA



Figura 3.2. Gráfico Alternativa 2 (Sistema de dosificación)

Fuente: http://caqueta.quebarato.com.co/florencia/empacadoras-para-el-empaque-de-todo-tipo-de-productos__30B54E.html

La principal característica de este tipo de máquinas es la rapidez de producción, empleada principalmente en el área de snacks en dosificaciones de 30gr. la rapidez de producción oscila entre 180 a 200 fundas por minuto.

Esta máquina utiliza la gravedad, el producto almacenado en la tolva desciende a un tubo de dosificación directamente utilizando para el control variadores de velocidad que tienen un buen comportamiento para trabajo intermitente por periodos cortos de tiempo. La variación de peso que se obtiene con este sistema de dosificación está en un rango aceptable para la mayor parte de productos que lo utilizan.

Ventajas

- Mayor versatilidad, puesto que pueden empacarse diferentes productos en una misma máquina.
- Gran velocidad de producción.
- Fácil operación.

Desventajas

- El sistema de control debe ser más exhaustivo y cuidadoso.
- Costos de adquisición elevados.
- Sistema de control complejo en la programación y calibración.

3.1.3. DOSIFICACIÓN POR TORNILLO

TERCERA ALTERNATIVA



Figura 3.3. Gráfico Alternativa 3 (Sistema de dosificación)

Fuente: <http://www.tecnoitalia.com.mx/tornillo.html>

Es el método más común para dosificación de productos en polvo como harina, azúcar, condimentos, leche en polvo, bebidas instantáneas, etc.

Esta máquina tiene una característica inconfundible en la que el tornillo sin fin se encuentra dentro de la tolva el mismo que es acoplado a una caja de sujeción y al momento de girar en sus espiras realiza la tarea de dosificar, este es movido por un motor controlado por un variador de velocidad o por un motoreductor controlando así también la velocidad de producción. Bonilla (2009, pág. 10)

Ventajas

- Fiabilidad con respecto a la dosificación de la cantidad de producto.
- Fácil operación.
- Costos de adquisición moderada.
- Facilidad de reemplazo y manufactura de elementos.

Desventajas

- Rendimiento moderado.
- Menos versatilidad de la máquina ya que tiene determinados productos para dosificar.

3.1.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

Primera alternativa.- Dosificación por Volumen

Segunda alternativa.- Dosificación por Tiempo

Tercera alternativa.- Dosificación por Tornillo

Eficiencia	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [B]
1era Alternativa		1	0,5	2,5	0,417
2da Alternativa	0		0	1	0,166
3era Alternativa	0,5	1		2.5	0,417
Total				6	1,000

Tabla 3.2. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema de dosificación)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Manufactura	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [C]
1era Alternativa		0	0	1	0,167
2da Alternativa	1		0	2	0,333
3era Alternativa	1	1		3	0,500
Total				6	1,000

Tabla 3.3. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de dosificación)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Reemplazo de Componentes	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [D]
1era Alternativa		0	0	1	0,166
2da Alternativa	1		0,5	2,5	0,417
3era Alternativa	1	0,5		2,5	0,417
Total				6	1,000

Tabla 3.4. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema de dosificación)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Costo	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [E]
1era Alternativa		0	0	1	0,167
2da Alternativa	1		1	3	0,500
3era Alternativa	1	0		2	0,333
Total				6	1,000

Tabla 3.5. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de dosificación)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Parámetros	Eficiencia [AxB]	Manufactura [AxC]	Reemplazo de Componentes [AxD]	Costo [AxE]	Suma	Prioridad
1era Alternativa	0,159	0,047	0.031	0,032	0,269	3
2da Alternativa	0,063	0,079	0.079	0,095	0,316	2
3era Alternativa	0,159	0,119	0.079	0,063	0.42	1

Tabla 3.6. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de dosificación).
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Luego de representar en el diagrama de ponderación las ventajas y desventajas de los sistemas presentados, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la **Tercera Alternativa-Dosificación por Tornillo**.

3.1. SISTEMA FORMADOR DE FUNDA

Aquí se seleccionará la forma de hacer el envase para la panela granulada.

3.1.1. ANILLO DE MOLDEO

PRIMERA ALTERNATIVA

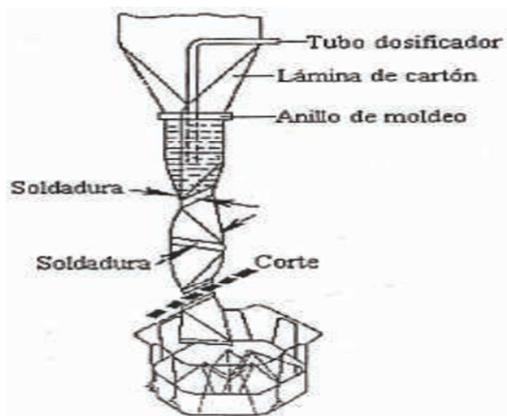


Figura 3.4. Gráfico Alternativa 1 (Sistema formador de funda).

Fuente: <http://www.ulmapackaging.com/maquinas-de-ensado/vertical-vffs/vti-200>

Se aplica a sistemas que puedan utilizar material de empaque muy resistente a las deformaciones como el cartón para luego obtener un envase de tipo tetra pack.

El material de empaque pasa por el anillo tomando una forma cilíndrica y luego ser llenado según el empaque para dar la forma.

Ventajas

- Se puede empacar de manera que el envase quede paralelepípedo.
- Se adapta a cualquier método para deslizar el material de empaque.

Desventajas

- Poca versatilidad solo para líquidos.
- Papel de empaque costoso.

3.1.2. CUELLO CIRCULAR

SEGUNDA ALTERNATIVA



Figura 3.5. Gráfico Alternativa 2 (Sistema formador de funda).

Fuente: <http://zapopan.olx.com.mx/maquina-empacadora-iid-124782640>

Se aplica a la mayoría de sistemas de formación de fundas para empaque.

Éste tipo de cuello posee 3 secciones la del ingreso por donde se suministra el material para el empackado, el tubo formador es la sección donde el papel ha tomado una forma cilíndrica, y consta de un traslape que permite una formación para un sellado vertical. Ulma (2012)

Ventajas

- Fácil manufacturación.
- Se adapta a cualquier método para deslizar el material de empaque.
- Permite un fácil deslizamiento del papel de empaque.

Desventajas

- Son utilizados únicamente para envases tipo almohadilla.

3.1.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

Primera alternativa.- Cuello Rectangular

Segunda alternativa.- Cuello Circular

Eficiencia	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [B]
1era Alternativa		0,5	1,5	0,5
2da Alternativa	0,5		1,5	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.7. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema formador de funda)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Manufactura	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [C]
1era Alternativa		0	1	0,133
2da Alternativa	1		2	0,667
Total			3	1,000

Tabla 3.8. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema formador de funda)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Reemplazo d Componentes	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [D]
1era Alternativa		0,5	1,5	0,5
2da Alternativa	0,5		1,5	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.9. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Costo	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [E]
1era Alternativa		0,5	1,5	0,5
2da Alternativa	0,5		1,5	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.10. Evaluación de parámetro Costo (Sistema formador de funda)
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Parámetros	Eficiencia [AxB]	Manufactura [AxC]	Reemplazo de Componentes [AxD]	Costo [AxE]	Suma	Prioridad
1era Alternativa	0,1905	0,032	0.095	0,095	0,4125	2
2da Alternativa	0,1905	0,158	0.095	0,095	0,5385	1

Tabla 3.11. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema formador de funda)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Luego de representar en el diagrama de ponderación las ventajas y desventajas de los sistemas presentados, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la **Segunda Alternativa-Cuello Circular**.

3.2. SISTEMA DE ARRASTRE DE PAPEL

Aquí se puede determinar el sistema que va a utilizar para deslizar el papel de empaque.

El material para el empaque se ubica generalmente en la parte trasera de la máquina, el mismo que es guiado hasta el formador por rodillos; la principal función de estos es tener tensado el papel y así evitar arrugas y desalineaciones al momento de llegar al siguiente proceso.

Para que el papel siga un proceso continuo es necesario aplicar una tracción de arrastre, es decir estirar el papel para que cuando una funda esté concluida de manera inmediata pase a la siguiente etapa.

3.2.1. ARRASTRE POR TORNILLOS

PRIMERA ALTERNATIVA



Figura 3.6. Gráfico Alternativa 1 (Sistema de arrastre de papel)
Fuente: <http://www.ancalmo.com/procesos-empacadora-suero-oral/>

Este arrastre se realiza uniendo los rodillos al tubo formador los que son activados por un motor controlado por un variador de velocidad o por un motoreductor. Los rodillos deberán estar con una cubierta antideslizante sea esta de caucho o silicón con el fin de no perder tracción y evitar desalineamientos.

Ventajas

- Facilidad de manufactura.
- Fácil de desmontar
- Evita errores de tracción

Desventajas

- Costo elevado.
- Área de contacto mínima con el papel de empaque.
- Puede dañar al papel de empaque si existe mucha fricción al momento de estirar.

3.2.2. ARRASTRE POR MECANISMO DE SELLADO SEGUNDA ALTERNATIVA

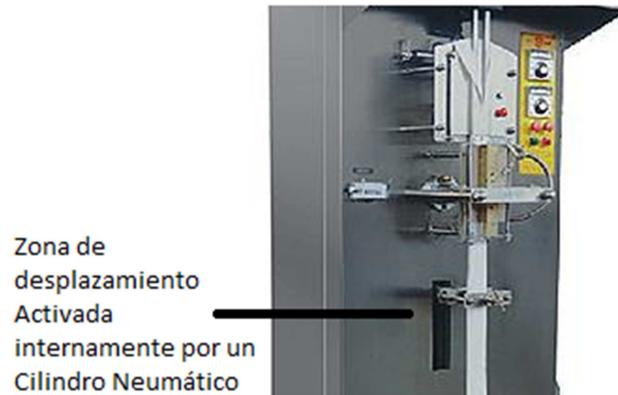


Figura 3.7. Gráfico Alternativa 2 (Sistema de arrastre de papel)

Fuente: <http://bogotacity.olx.com.co/vendo-maquina-empacadora-de-liquido-en-bolsa-iid-126413228>

Este sistema se ubica junto a las mordazas de sellado horizontal, es decir, una vez que el papel este en posición, las mordazas horizontales sellan con un mecanismo que es activado por un pistón, mientras éste se encuentre abierto sellará y cuando cambie de efecto ha cerrado, el mecanismo sujeto a ejes arrastra el papel, durante este proceso las mordazas se abren y cortan el papel de empaque estando listas para un nuevo ciclo.

Ventajas

- Vida útil corta.
- Realización de dos procesos a la vez, sellado y arrastre del papel.

Desventajas

- Construcción difícil.
- Sincronización compleja de todo el sistema.
- Constante mantenimiento debido a la fricción que se genera en los dos sistemas.

3.2.3. ARRASTRE POR BANDAS

TERCERA ALTERNATIVA

Este arrastre es similar al de rodillos con la diferencia que las bandas ahora ocupan una mayor superficie de contacto con el papel evitando así la presión en una sola zona y evitando dañar al papel.

Este proceso se realiza utilizando un motor controlado por un variador de velocidad o por un moto reductor los mismos que deberán tener engranajes para acoplar a las cadenas de distribución antideslizantes.

Ventajas

- Facilidad de manufactura.
- Fácil de desmontar.
- Evita errores de tracción.
- Contacto con la superficie a arrastrar.

Desventajas

- Costo elevado.
- Dificultad de controlar y calibrar.

3.3.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

Primera alternativa.- Arrastre por r

Segunda alternativa.- Arrastre por mecanismo de sellado

Tercera alternativa.- Arrastre por bandas

Eficiencia	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [B]
1era Alternativa		1	1	3	0,500
2da Alternativa	0		0	1	0,167
3era Alternativa	0	1		2	0,333
Total				6	1,000

Tabla 3.12. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema arrastre de papel)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Manufactura	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [C]
1era Alternativa		1	0,5	2,5	0,417
2da Alternativa	0		0	1	0,166
3era Alternativa	1	0,5		2,5	0,417
Total				6	1,000

Tabla 3.13. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de arrastre)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Reemplazo de Componentes	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [D]
1era Alternativa		1	0,5	2,5	0,417
2da Alternativa	0		0	1	0,166
3era Alternativa	0,5	1		2,5	0,417
Total				6	1,000

Tabla 3.14. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema arrastre de papel)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Costo	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [E]
1era Alternativa		0	0,5	1,5	0,250
2da Alternativa	1		1	3	0,500
3era Alternativa	0,5	0		1,5	0,250
Total				6	1,000

Tabla 3.15. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de arrastre de papel)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Parámetros	Eficiencia [AxB]	Manufactura [AxC]	Reemplazo de Componentes [AxD]	Costo [AxE]	Suma	Prioridad
1era Alternativa	0,190	0,099	0,079	0,079	0,447	1
2da Alternativa	0,063	0,040	0,031	0,031	0,165	3
3era Alternativa	0,127	0,099	0,079	0,079	0,384	2

Tabla 3.16. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de arrastre de papel).

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Luego de representar en el diagrama de ponderación las ventajas y desventajas de los sistemas presentados, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la **Primera Alternativa-Arrastre por rodillos**.

3.4. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE PANELA

La capacidad de almacenamiento de la tolva está dada por los parámetros siguientes:

La altura del espacio físico donde reposara la máquina será de 4m, es decir, que la altura máxima de la máquina será de 3m para que exista facilidad al momento de distribuir la materia prima a la tolva.

La cantidad de panela que podrá ser empacada depende de la producción diaria de la empresa que es de 1200kg.

El operario cada 4 horas tendrá que retirar una parada de panela de 200kg que es la producción máxima, se estima un secado en los hornos mínimo de 4 horas.

3.4.1. TOLVA CUADRADA

PRIMERA ALTERNATIVA



Figura 3.8. Gráfico Alternativa 1 (Sistema almacenamiento de panela)

Fuente: <http://www.silos-cafe.com/silos-industriales.htm>

Se puede utilizar soldando sus extremos atornillando para juntar sus partes.

Está formada por un cuadrado metálico y en la parte inferior una estructura piramidal cortada en su salida.

Ventajas

- Facilidad de manufactura.
- Fácil de reparar.
- Facilidad para soldar las paredes.

Desventajas

- Mayor área de sueldas
- Compactación del producto almacenado en las esquinas.

3.4.2. TOLVA CÓNICA

SEGUNDA ALTERNATIVA



Figura 3.9. Gráfico Alternativa 2 (Sistema almacenamiento de panela)

Fuente: <http://www.silosmon.es/>

Esta tolva metálica es utilizada con una cubierta lisa generalmente para almacenar cereales y granulados.

Esta tolva está conformada por una parte cilíndrica superior y una cónica inferior que es por donde cae el producto. Tiene únicamente 3 sueldas para su conformación.

Ventajas

- Vida útil corta.
- Realizar dos procesos a la vez, sellado y arrastre del papel.

Desventajas

- Construcción compleja.
- Sincronización compleja de todo el sistema.
- Constante mantenimiento debido a la fricción que se genera en los 2 sistemas.

3.4.3. TOLVA OCTAGONAL

TERCERA ALTERNATIVA



Figura 3.10. Gráfico Alternativa 3 (Sistema almacenamiento de panela)
Fuente: <http://www.discaf.com/ficha-tecnica-silos-industrialesoctogonales.htm>

Utilizado para almacenamiento de grandes cantidades de producto, es decir, cuando las presiones son muy grandes, de los silos o tolvas es el que más carga resiste.

Está formada por un octágono metálico y en la parte inferior una estructura piramidal cortada en su salida.

Ventajas

- Facilidad de manufactura.
- Fácil de reparar.
- Facilidad para soldar las paredes.

Desventajas

- Excesivas área de sueldas
- Mucha compactación del producto almacenado en las esquinas.

3.4.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA.

Primera alternativa.- Tolva rectangular

Segunda alternativa.- Tolva cónica

Tercera alternativa.- Tolva octogonal

Eficiencia	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [B]
1era Alternativa		0	0,5	1,5	0,250
2da Alternativa	1		1	3	0,500
3era Alternativa	0,5	0		1,5	0,250
Total				6	1,000

Tabla 3.17. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema de almacenamiento de panela).

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Manufactura	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [C]
1era Alternativa		0.5	0,5	2	0,333
2da Alternativa	0,5		0,5	2	0,333
3era Alternativa	0,5	0,5		2	0,333
Total				6	1,000

Tabla 3.18. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema de almacenamiento de panela)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Reemplazo de Componentes	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [D]
1era Alternativa		0,5	0,5	2	0,333
2da Alternativa	0.5		0,5	2	0,333
3era Alternativa	0,5	0,5		2	0,333
Total				6	1,000

Tabla 3.19. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema de Almacenamiento de panela)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Costo	1era Alternativa	2da Alternativa	3era Alternativa	Suma+1	Ponderación [E]
1era Alternativa		0	1	2	0,333
2da Alternativa	1		1	3	0,500
3era Alternativa	0	0		1	0,167
Total				6	1,000

Tabla 3.20. Evaluación de parámetro Costo (Sistema de almacenamiento de panela)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Parámetros	Eficiencia [AxB]	Manufactura [AxC]	Reemplazo de Componentes [AxD]	Costo [AxE]	Suma	Prioridad
1era Alternativa	0,095	0,079	0.063	0,063	0,300	2
2da Alternativa	0,19	0,079	0.063	0,095	0,427	1
3era Alternativa	0,095	0,079	0.063	0,032	0.269	3

Tabla 3.21. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema de almacenamiento de panela).

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Luego de representar en el diagrama de ponderación las ventajas y desventajas de los sistemas presentados, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la **Segunda Alternativa-Tolva Cónica**.

3.5. SISTEMA DE LA COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN

La compuerta de distribución instalada en la salida de la tolva es una estructura que sirve de conexión con los diferentes procesos del pesado por lo que ésta debe tener un correcto aislamiento para no interrumpir en el proceso o peor aún en contaminación de la panela.

La eficacia de una compuerta está dada en su capacidad de sellar y cortar rápidamente el paso de la panela granulada y a la vez tener una apertura suave y que pueda ayudar a una dosificación graduada en complemento con el giro del tornillo sin fin y así tener un menor desgaste mecánico de la estructura metálica debido a grandes golpes o sacudones.

3.5.1. APERTURA NEUMÁTICA

PRIMERA ALTERNATIVA

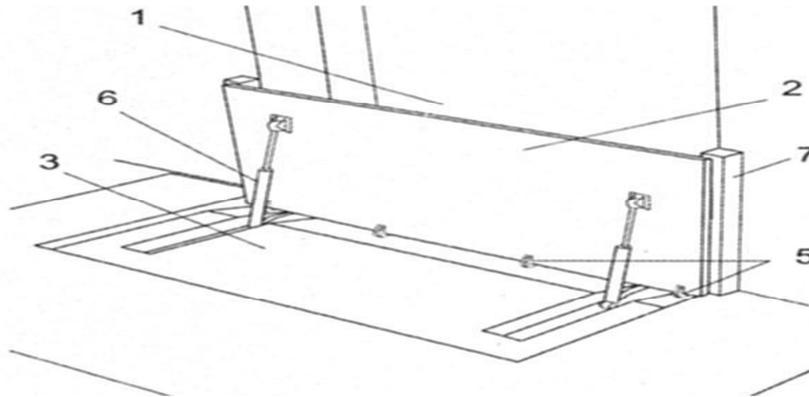


Figura 3.11. Gráfico Alternativa 1 (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: <http://patentados.com/invento/compuerta-anti-inundaciones-para-edificios-y-similares.html>

Se aplica a sistemas automáticos, la apertura es automática e inmediata, no es recomendada a altas presiones ya que las bisagras de la compuerta estarían sometidas a grandes presiones y reducirían su vida útil.

Su funcionamiento es mediante un cilindro neumático de doble efecto el mismo que es adaptado en el extremo de la compuerta permitiendo en un estado abrir y en el otro cerrar la compuerta. El cilindro está controlado desde un PLC, éste ordena a la electroválvula abrir o cerrar al cilindro.

Ventajas

- Apertura inmediata.
- Facilidad en el cambio de la pieza.
- Fácil Manufacturación.
- Fácil de desmontar.

Desventajas

- Costo Elevado.

3.5.2. APERTURA NEUMÁTICA DESLIZANTE SEGUNDA ALTERNATIVA



Figura 3.12. Gráfico Alternativa 2 (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: <http://www.baufor.com/lavadoras-industriales/cabinas-lavado-plataforma-rotativa.html>

El sistema de apertura puede soportar mayores presiones al tener un apoyo fijo para la compuerta.

Este sistema acopla al vástago del cilindro neumático a un extremo de la compuerta y ésta a su vez se encuentra en dos encarriladores que ayudan a que no se produzca una desalineación y soportar presiones altas.

Ventajas

- Fácil manufacturación.
- Soporta presiones altas.
- Fácil desmontaje.

Desventajas

- Mucha fricción por tanto constante mantenimiento y lubricación.
- Costo Elevado.

3.5.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA

Primera alternativa.- Apertura neumática.

Segunda alternativa.- Apertura neumática deslizante.

Eficiencia	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [B]
1era Alternativa		0	1	0,333
2da Alternativa	1		2	0,667
Total			3	1,000

Tabla 3.22. Evaluación de parámetro Eficiencia (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Manufactura	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [C]
1era Alternativa		0,5	1	0,5
2da Alternativa	0,5		2	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.23. Evaluación de parámetro Manufactura (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Reemplazo de Componentes	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [D]
1era Alternativa		0,5	1,5	0,5
2da Alternativa	0,5		1,5	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.24. Evaluación de parámetro Reemplazo de componentes (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Costo	1era Alternativa	2da Alternativa	Suma+1	Ponderación [E]
1era Alternativa		0,5	1,5	0,5
2da Alternativa	0,5		1,5	0,5
Total			3	1,000

Tabla 3.25. Evaluación de parámetro Costo (Sistema compuerta de distribución)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Parámetros	Eficiencia [AxB]	Manufactura [AxC]	Reemplazo de Componentes [AxD]	Costo [AxE]	Suma	Prioridad
1era Alternativa	0,127	0,119	0.095	0,095	0,436	2
2da Alternativa	0,254	0,119	0.095	0,095	0,563	1

Tabla 3.26. Conclusiones de Selección de elementos (Sistema compuerta de distribución).

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Luego de representar en el diagrama de ponderación las ventajas y desventajas de los sistemas presentados, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la **Segunda Alternativa-Apertura neumática deslizante**.

Nota: Este sistema será utilizado tanto para la distribución en la tolva como en la del sistema de pesado.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Luego de seleccionar la alternativa más adecuada en el capítulo anterior se procede a detallar las alternativas seleccionadas ya que estas permitirán el funcionamiento eficiente de la máquina, cabe mencionar que estas alternativas resultaron después de agotar una serie de opciones incorrectas.

4.1. CÁLCULO DE LA TOLVA

Partiendo de la fórmula: $V_{total} = \frac{M}{d}$

Dónde:

V_{total} = Volumen total

d = densidad del producto

M = masa del producto

4.1.1. DENSIDAD DE LA PANELA

En la etapa final de la elaboración de la panela (batido) las mieles son agitadas, cuando se ha alcanzado el punto y son sacadas de la hornilla, para cambiar la textura y estructura con el fin de hacerles perder su capacidad de adherencia.

En un recipiente llamado "batea" con la panela en estado líquido es atendida por obreros llamados batidores, quienes agitan constantemente mediante una especie de grandes espátulas llamadas "mecedores", con el tiempo el producto se va aclarando, luego parece que fuera a hervir y finalmente se seca. Este proceso es un agitado intensivo e intermitente de las mieles durante unos 10 a 15 minutos.

Al contacto con aire, los cristales de la sacarosa crecen en las mieles, adquiriendo porosidad y al enfriarse se convierten en un sólido compacto, llamado panela; la densidad de las mieles baja de 1.5 a $1.34 \frac{g}{cm^3}$ en la panela. Silos (2007, pág. 60)

$$d = 1.34 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4.1.2. MASA DE PANELA

La máquina trabajará según las exigencias de la empresa que son empaquetar 200kg/h cada cuatro horas, es decir la tolva tendrá una capacidad de 200kg.

4.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA

$$M = 200\text{kg}$$

$$d = 1.34 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

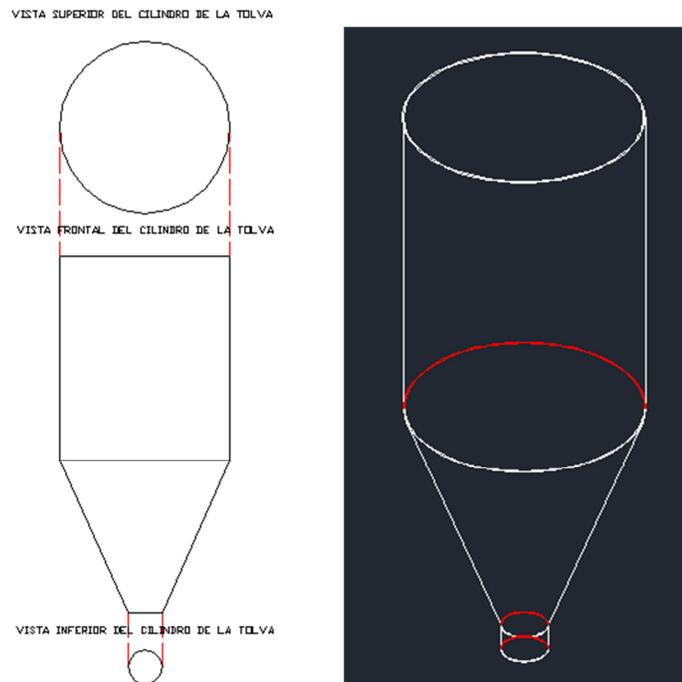


Figura 4.1. Tolva
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Ecuación 4.1

$$1.34 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{M}{g}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{200\text{kg}}{1340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{total}} = 0,149\text{m}^3$$

Cálculo para el cilindro

Debido al espacio físico se tomará un valor aleatorio de la altura del cilindro de la tolva de 0.60m ya que esta sumada el valor de la parte inclinada del cilindro irá sobre la estructura de la máquina y la altura total no deberá sobrepasar los 3m.

Para seleccionar el valor de inicio del diámetro superior del cilindro se tomará aleatoriamente para posteriormente comprobar si todos los valores de los distintos parámetros se ajustan a los valores aleatorios, caso contrario se cambiará el valor aleatorio de altura o diámetro o los dos. Con lo antes expuesto se ha tomado un valor aleatorio de diámetro 0.50m.

Valores aleatorios

$$h_c = 0.60\text{m}$$

$$d = 0.50\text{m}$$

$$r = 0.25\text{m}$$

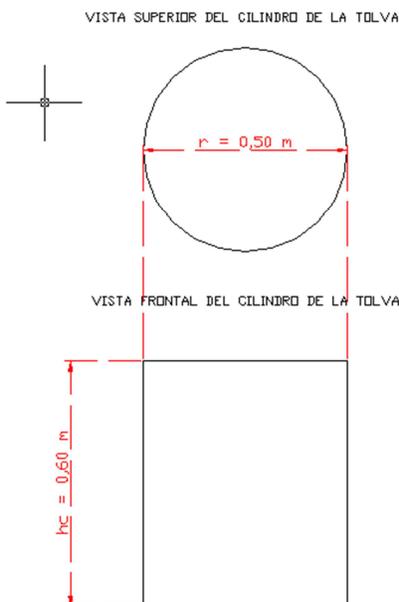


Figura 4.2.Tolva Parte Cilíndrica

Fuente: Autor (Germán Vaca)

Ecuación 4.2

$$V_{\text{cil}} = (\pi \times r^2) \times h_c$$

$$V_{\text{cil}} = (\pi \times 0.25\text{m}^2) \times 0.60\text{m}$$

$$V_{\text{cil}} = 0.1178 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{cil} = Volumen del cilindro

π = 3.416

r = radio del cilindro

h_c = altura del cilindro

Ecuación 4.3

$$V_{\text{total}} = V_{\text{tolva}} + V_{\text{cil}}$$

$$V_{\text{tolva}} = V_{\text{total}} - V_{\text{cil}}$$

$$V_{\text{tolva}} = 0.149\text{m}^3 - 0.1178\text{m}^3$$

$$V_{\text{tolva}} = 0.03145\text{m}^3$$

Dónde:

V_{tolva} = volumen de la parte inclinada de la tolva

Nota: empleando los valores escogidos aleatoriamente se ha obtenido resultados que se han acoplado a los límites del diseño por lo que se puede afirmar que son correctos.

Cálculo de la Tolva

Para el diseño de la tolva en la parte inferior de la misma manera se debe emplear un valor aleatorio acorde a los valores del espacio físico y sobre todo con los que anteriormente se habían utilizado, se tiene:

r_s = radio superior antes dimensionado = 0.25 m

r_i = radio inferior ahora dimensionado = 0.05 m

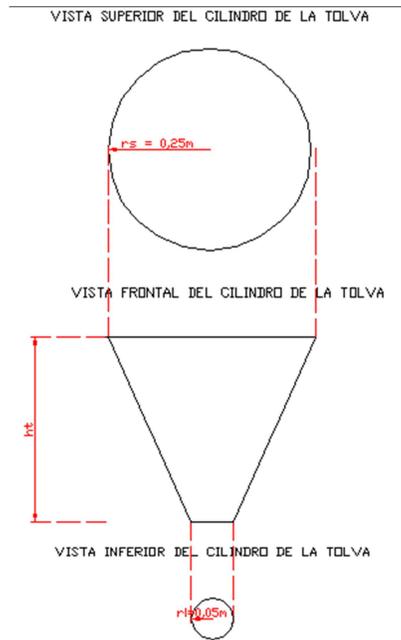


Figura 4.3. Tolva Parte Cónica
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Ecuación 4.4

$$r_{\text{aprox}} = \text{radio aproximado} = \frac{(r_s + r_i)}{2}$$

$$r_{\text{aprox}} = \frac{(0.25 + 0.05)}{2}$$

$$r_{\text{aprox}} = 0.15\text{m}$$

Entonces tenemos:

$$V_{\text{cil}} = (\pi \times r_{\text{aprox}}^2) \times h_t$$

Despejando h_t se tiene:

$$h_t = \frac{V_{\text{cil}}}{\pi} \times r_{\text{aprox}}^2$$

$$h_t = \frac{0.03145\text{m}^3}{\pi \times 0.15\text{m}^2} = 0.445\text{m}$$

Con el cálculo anterior se obtiene la altura de la tolva, al unirle al cilindro se obtiene la altura final del depósito para la panela.

La comprobación que los cálculos son los correctos es demostrar si el ángulo de inclinación de la tolva es mayor a 25, significa que el producto puede deslizarse con facilidad. A continuación se realiza el cálculo del ángulo.

Ecuación 4.5

$$\tan \theta = \frac{h_t}{r_s + r_i}$$

$$\tan \theta = \frac{0.445\text{m}}{0.25\text{m} + 0.05\text{m}}$$

$$\theta = 65.79$$

4.1.4. SELECCIÓN DE METAL PARA LA ELABORACIÓN DE LA TOLVA

El material seleccionado fue el acero AISI 304, ya que para trabajar con alimentos en el país únicamente existen dos tipos de aceros que son el AISI 314 y el AISI 304 siendo el último el más común y por lo tanto el más económico.

Éste acero se puede encontrar en grosores que van desde 1mm, Se seleccionó el de 2mm de grosor ya que el proceso de soldadura en el caso de la de 1mm es de mayor complejidad y con mayor índice de error, en el de 2mm se puede realizar la soldadura por el interior y exterior de la tolva. Goodfellow (2008, p.1)

4.1.5. CÁLCULO DE MOTOR PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA PANELA

Para el cálculo se parte de la fórmula:

Ecuación 4.6

$$T = I * \alpha_{\text{tor}} = F * r_{\text{tor}}$$

Dónde:

T = torque del sistema.

I = inercia de tornillo dosificador.

α_{tor} = aceleración tornillo dosificador

r_{tor} = radio del tornillo dosificador.

Ecuación 4.7

$$I = \frac{1}{2} m_{\text{tor}} * r_{\text{tor}}^2$$

Dónde:

m_{tor} = masa del tornillo dosificador.

En esta ecuación se tomó en cuenta los datos del peso y el radio aproximados del cilindro de papel de empaque.

$$m_{\text{cil}} = 3\text{kg}$$

$$r_{\text{cil}} = 0.025\text{m}$$

$$I = \frac{1}{2} 3\text{kg} * (0.025\text{m})^2$$

$$I = 0.0009375\text{kg m}^2$$

Ecuación 4.8

$$\alpha_{\text{tor}} = \frac{a_{\text{pol}}}{r_{\text{tor}}}$$

Dónde:

a_{pol} = aceleración lineal de la polea.

r_{tor} = radio del tornillo.

Ecuación 4.9

$$\alpha_{\text{pol}} = \alpha_{\text{pp}} * r_{\text{pp}}$$

Dónde:

α_{pp} = aceleración angular polea pequeña.

r_{pp} = radio de la polea pequeña

Ecuación 4.10

$$\alpha_{\text{pp}} = \frac{\alpha_{\text{motor}}}{i}$$

Dónde:

α_{motor} = aceleración angular del motor.

i = relación de transferencia entre motor y reducción

Ecuación 4.11

$$\alpha_{\text{motor}} = \frac{W}{t_a}$$

$$\alpha_{\text{motor}} = \frac{178 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.11\text{s}}$$

Dónde:

W = aceleración de motor.

$$W = 1700 \text{ rpm} = 178 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

ta = tiempo de aceleración

por diseño será 0,11

$$\alpha_{\text{motor}} = 1618.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ecuación 4.12

$$i = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{reducción}}}$$

$$i = \frac{1700}{120}$$

$$i = 14.17$$

Dónde:

n_{motor} = rpm del motor.

$n_{\text{reducción}}$ = rpm con reducción.

Reemplazando las ecuaciones 4.12 y 4.11 en la ecuación 4.10 se tiene:

$$\alpha_{\text{pp}} = \frac{1618.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}}{14.17}$$

$$\alpha_{\text{pp}} = 114.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$\alpha_{\text{pp}} = 2\alpha_{\text{pg}}$$

Dónde:

α_{pg} = aceleración angular polea grande.

$$\alpha_{\text{pg}} = 57.1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.9 se tiene:

$$a_{\text{pol}} = \alpha_{\text{pg}} \cdot r_{\text{pg}}$$

$$a_{\text{pol}} = 57.1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 0.05 \text{ m}$$

$$a_{\text{pol}} = 2.855 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.8 se tiene:

$$\alpha_{\text{tor}} = \frac{a_{\text{pol}}}{r_{\text{tor}}}$$

$$\alpha_{\text{tor}} = \frac{2.855 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0.025 \text{ m}}$$

$$\alpha_{\text{tor}} = 114.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.6 tenemos:

$$T = I * \alpha_{\text{tor}} = F * r_{\text{tor}}$$

$$F * r_{\text{tor}} = I * \alpha_{\text{tor}}$$

$$F = \frac{I * \alpha_{\text{tor}}}{r_{\text{tor}}}$$

$$F = \frac{0.0009375 \text{ kg m}^2 * 114.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}}{0.025 \text{ m}}$$

$$F_1 = 4.28 \text{ N}$$

Entonces con este resultado se calcula la potencia del motor que será:

Ecuación 4.13

$$P = F * V$$

Dónde:

F= fuerza obtenida necesaria para mover al cilindro de papel de empaque

V= velocidad con la que se moverá el papel.

Ecuación 4.14

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{0.079 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dónde:

d= perímetro del tornillo $p = \pi * r$
= 7.9cm.

t= tiempo que se moverá el papel

Para el cálculo del motor también se debe tener en cuenta que el tornillo dosifica y también evita la compactación, es decir, debe mover 200 kg de panela para lo que se debe aplicar una fuerza igual o superior desde el motor.

$$F_2 = 200\text{kg} = 1960\text{N}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.13 se tiene:

$$P_1 = 4.28 \text{ N} * 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_1 = 0.1712 \text{ W}$$

$$P_2 = 1960\text{N} * 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_2 = 78.4 \text{ W}$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$P = (0.1712 + 78.4) \text{ W}$$

$$P = 78.57 \text{ W} = 0.0786 \text{ KW}$$

Considerando un factor de servicio del motor de 2,5 por las constantes aceleración y un rendimiento de un 80% se tiene la siguiente ecuación:

$$P_t = \frac{P * f_s}{\text{rendimiento}}$$

$$P = \frac{0.0786 \text{ KW} * 2.5}{0.80}$$

$$P = 0.245 \text{ KW}$$

$$P = 0.344\text{HP}$$

El motor que se seleccionará será uno de 0.5 hp ya que no existe uno de la magnitud dimensionada, se aproxima al inmediato superior que existe en el mercado.

4.2. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El material seleccionado es el mismo de la tolva.

Teniendo en cuenta que la dimensión de salida de la tolva que tiene un diámetro de 0.1m se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- Evitar que la panela granulada tenga contacto con elementos mecánicos como rodamientos, que el deslizamiento sea más friccionado.
- Tratar que la panela granulada tenga el menor contacto con el medio ambiente.
- Evitar desperdicio del material que es acero inoxidable ya que su valor económico en el medio es costoso, para obtener una factibilidad aceptable.
- Facilidad de dar mantenimiento y reemplazo de elementos.
- Facilidad de limpieza.

Una vez dados los factores a tomar en cuenta se propone una compuerta tipo válvula de alivio la misma que constará de las siguientes partes:

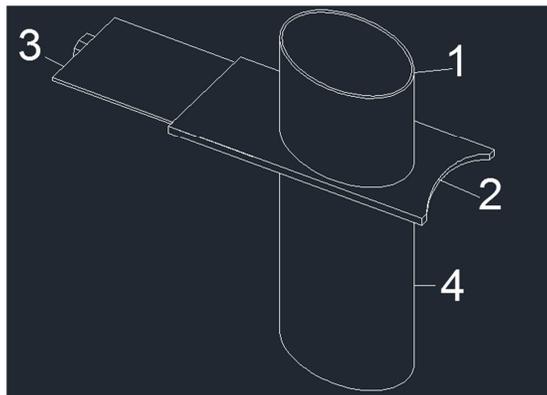


Figura 4.4. Sistema de dosificación
Fuente: Autor (Germán Vaca)

1. Es un cuello de recepción el mismo que irá acoplado a la tolva evitando el desperdicio de panela.
2. Es la parte de la válvula de alivio que se encargue de guiar la compuerta y tendrá la función de carcasa protectora, evitando el contacto al medio ambiente, al final constará de dos topes soldados, los que se instalarán por seguridad para evitar deformación de la válvula.
3. Es la lámina de sellado de la válvula, misma que estará accionada por un cilindro neumático.
4. Es un tubo de comunicación entre el sistema de distribución y el sistema de pesaje.

Nota: Las medidas de este sistema están en el plano de la máquina.

4.2.1. SELECCIÓN DE UN CILINDRO NEUMÁTICO PARA LA COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN.

Para la selección se debe tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- La fuerza con la que debe trabajar el cilindro.
- Presión de trabajo del compresor a utilizar, en este caso fue destinado por la empresa es uno de 2 HP y 120 PSI, que cumple con los requerimientos del sistema.
- La fuerza de rozamiento para el compresor detallado anteriormente puede ir de 3% a 20%, se tomó un rozamiento del 10%

Cálculo de la fuerza.

En la tolva actúan fuerzas una de empuje hacia abajo que es la del peso de 200Kg y dos en respuesta la que actúa para tener cerrada la compuerta y una de rozamiento.

Ecuación 4.15

$$F = F_r + F_c \quad \text{Neumática (2009, p.1)}$$

$$F_c = F - F_r$$

Dónde:

F_c = Fuerza que necesita la compuerta.

F = Fuerza que ejerce la panela.

F_r = Fuerza de rozamiento que hace la panela sobre las paredes de la tolva y evita su descenso brusco, éste se podrá ver en las siguientes tablas, dependiendo de la densidad, en este caso se encuentra entre la clase 4 y 5, por lo tanto se seleccionará la clase 5, que será de 0.65.

MATERIAL	Densidad		$\lambda = Ph/Pv$		Coeficiente de rozamiento con pared	
	Rugoso	Liso	Rugoso	Liso	Rugoso	Liso
Cebada	990	785	0,450	0,530	0,554	0,308
Cemento	1.450	1.300	0,405	0,443	0,510	0,360
Clinker	1.410	1.622	0,378	0,334	0,510	0,450
Arena	1.850	1.640	0,330	0,425	0,563	0,390
Harina	610	750	0,490	0,491	0,413	0,354
Cenizas	1.290	1.080	0,438	0,496	0,663	0,390
Maíz	787	736	0,430	0,543	0,430	0,288
Azúcar	1.000	900	0,375	0,521	0,540	0,362
Trigo	838	761	0,423	0,498	0,455	0,300
Carbón	800	800	0,320	0,236	0,430	0,300

Tabla 54.

Tabla 4.1. Coeficientes rozamientos tolvas

Fuente: Juan Ravenet, Silos Volumen 1, Editorial IMGESA, pág. 205

CLASE	Densidad kg/m ³	$\lambda = Ph/Pv$	Coeficiente rozamiento con la pared
1	750	0,25	0,25
2	850	0,35	0,35
3	1.000	0,45	0,45
4	1.400	0,55	0,55
5	1.700	0,65	0,65

Tabla 55. Clasificación de los materiales a almacenar.

Tabla 4.2. Coeficientes rozamientos tolvas

Fuente: Juan Ravenet, Silos Volumen 1, Editorial IMGESA, pág. 205

Reemplazando en la ecuación 4.15 los valores de las tablas 1 y 2 se tiene:

$$F_c = F - F_r$$

$$F_c = 200\text{kg} - (F * u)$$

$$F_c = 200\text{Kg} - (200\text{kg} * .65)$$

$$F_c = 200\text{kg} - 130\text{kg} =$$

$$F_c = 70\text{kg}$$

$$F_c = F_n$$

Con los resultados obtenidos se aplica en la fórmula de neumática:

Ecuación 4.16

$$F_n = (A * P) - Fr \quad \text{Neumática (2009, p. 1)}$$

Dónde:

F_n = Fuerza neumática necesaria.

A = Área del émbolo

P = Presión promedio a utilizar se utilizó $90 = 6.2$ bares

F_r = Fuerza de rozamiento en el cilindro va de 3 a 20% de la fuerza en este diseño se ha considerado una fuerza de rozamiento de 10%

Reemplazando los valores obtenidos en la Ecuación 4.16

$$70 = (A * 6.2\text{bares}) - (70 * 0.1)$$

Ecuación 4.17

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4} \quad \text{Neumática (2009, p. 1)}$$

$$A = \frac{70+7}{6.2 \text{ bares}}$$

Para transformar de bares ha $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ se debe multiplicar por 1.02

$$A = \frac{77}{6.2 * 1.02}$$

$$A = 12.17 \text{ cm}^2$$

Para encontrar el diámetro del émbolo se despeja y reemplaza los resultados en la fórmula **Ecuación 4.17**

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12.17 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 3.9 \text{ cm}$$

En la selección del cilindro neumático se elegirá uno de 4cm de diámetro ya que en el mercado no existe del diámetro calculado, la carrera será de 10 cm ya que es la distancia del diámetro inferior de la tolva.

4.3. MATERIAL DEL SISTEMA DE PESAJE

Al ser la tolva del acero AISI 304 que es el óptimo para alimentos y al ser común en el país, se escogió el mismo material para el sistema de pesaje.

4.3.1. SISTEMA DE PESAJE

Este cajón será el encargado de sostener la panela para su pesaje una vez que caiga de la tolva y pase por el sistema de distribución.

Para dimensionar éste sistema se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La masa máxima que debe entrar en el sistema sobredimensionado para que entre el 150% es decir 1.5kg.
- Las dimensiones serán tales que concuerden con la salida del sistema de distribución, entrada sistema de pesaje mayor al sistema de distribución.
- Las dimensiones serán tales que concuerden con el tubo dosificador, entrada al tubo dosificador mayor a la salida sistema de pesaje.
- Tratar que la panela granulada tenga el menor contacto con el medio ambiente.
- Evitar desperdicio del material que es acero inoxidable ya que su valor económico en el medio es costoso.
- Facilidad de dar mantenimiento y reemplazo de elementos.
- Facilidad de limpieza.
- Mantener la tendencia de los sistemas anteriores que son cilíndricos.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se tiene:

Utilizando la Ecuación 4.1 se tiene:

Volumen requerido para 1.5kg.

$$V = \frac{m}{d}$$

$$V = \frac{1.5\text{kg}}{1340\text{kg/m}^3}$$

$$V = 0.00112\text{m}^3$$

Se calcula el volumen con las medidas propuestas, para comprobar que el sistema tenga la capacidad para 1.5 kg.

Para el cálculo del sistema se toma en cuenta la salida del sistema de distribución que es 0.11m y también se continuará con los sistemas de forma cilíndrica.

Las dimensiones utilizando la Ecuación 4.2 serán entonces de:

$$V_{cil} = (\pi * r^2) * h_c$$

Teniendo el V_{cil} necesario para los 1.5kg que será de $V = 0.00112\text{ m}^3$ así como el radio que será 0.065m que supera al radio de salida del sistema de distribución.

Reemplazando y desajando la Ecuación 4.2 se tiene:

$$0.00112\text{m}^3 = (\pi * (0.065\text{m})^2) * h_c\text{m}^2$$

$$h_c = \frac{0.00112\text{m}^3}{0.01327\text{m}^2}$$

$$h_c = 0.084\text{m}$$

Una vez detallados los factores a tomar en cuenta se propone una compuerta tipo válvula de alivio la misma que constará de las siguientes partes:

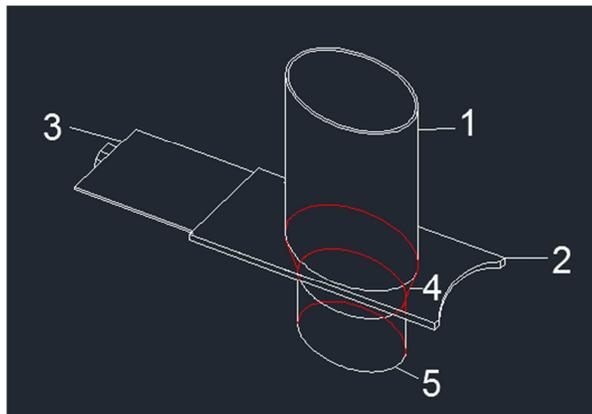


Figura 4.5. Sistema de pesaje
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Será un cuello de recepción el mismo que irá acoplado a la salida del sistema dosificador evitando el desperdicio de panela.

1. Cilindro de admisión.
2. La parte de la válvula de alivio que se encargue de guiar la compuerta y tendrá la función de carcasa protectora, evitando el contacto al medio ambiente. Al final constará de dos topes soldados. Los mismos que se instalarán por seguridad para evitar una deformación de la válvula.
3. La lámina de sellado de la válvula, que estará accionada por un cilindro neumático.
4. Una reducción de la salida del sistema de pesado ya que el sistema de despacho de panela debe ser de diámetro menor ya que únicamente sirve como transportador de la panela a su envase y de esta manera se ahorra en material mejorando la factibilidad.
5. Un tubo de comunicación entre el sistema de pesado y el sistema de despacho.

Cabe destacar que debajo de la parte 3 de este sistema estarán colocadas las celdas de carga las mismas que estarán unidas a la estructura de la máquina.

Nota: Las medidas de este sistema están en el plano de la máquina.

4.3.2. SELECCIÓN DE UN CILINDRO NEUMÁTICO PARA EL SISTEMA DE PESAJE.

Para la selección se debe tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- La fuerza con la que debe trabajar el cilindro.
- Presión de trabajo del compresor a utilizar, en este caso fue destinado por la empresa es uno de 2 HP y 120 PSI, que cumple con los requerimientos del sistema.
- La fuerza de rozamiento para el compresor detallado anteriormente puede ir de 3% a 20%, se tomó un rozamiento del 10%

El sistema estará soportando un peso de 1.5 kg máximo de panela más el del metal utilizado para el sistema; ya que los sensores de peso se ubicarán bajo la estructura.

Tomando en cuenta las fuerzas que son la de panela $F_1 = 1.5\text{kg}$ y la de la estructura del sistema $F_2 = 2\text{kg}$, la fuerza total será $F_n = 3.5\text{ kg}$.

Reemplazando los valores obtenidos en la Ecuación 4.16

$$3.5 = (A * 6.2\text{bares}) - (3.5 * 0.1)3.5$$

$$A = \frac{3.5 + 0.35}{6.2\text{ bares}}$$

Para transformar de bares a $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ se debe multiplicar por 1.02

$$A = \frac{3.85}{6.2 * 1.02}$$

$$A = 0.566\text{cm}^2$$

Para encontrar el diámetro del émbolo se despeja y reemplaza los resultados en la fórmula:

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.566\text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 0.84\text{cm}$$

En la selección del cilindro neumático se seleccionará uno de 3.2cm de diámetro ya que en el mercado no existe del diámetro calculado, la carrera será de 20 cm que es la distancia para montar la estructura.

4.4. SISTEMA DE DESPACHO

Al ser la tolva del acero AISI 304 que es el óptimo para alimentos y ser el más común en el país. El cuello formador y el tubo dosificador también serán de ese material.

4.4.1. TUBO DISTRIBUIDOR

Factores a tomar en cuenta para el diseño para el diseño del tubo dosificador:

- Ancho total del papel de empaque 0.40m.
- Tomar en cuenta el sellado vertical, por lo que se designará un centímetro a cada extremo del tubo siendo este en total 0.02m.
- El largo será capaz de permitir que la funda se forme y posteriormente sea sellada horizontalmente en este.
- Debe estar sobre el nivel del cuello formador se adicionarán 3cm en esta parte.
- Las dimensiones serán tales que concuerden con la salida del sistema de pesaje, entrada del tubo dosificador mayor que la salida del sistema de pesaje.
- Tratar que la panela granulada tenga el menor contacto con el medio ambiente.
- Evitar desperdicio del material que es acero inoxidable ya que su valor económico en el medio es costoso.
- Facilidad de dar mantenimiento y reemplazo de elementos.
- Facilidad de limpieza.

Con lo antes mencionado se tiene que:

$$b = 0.40\text{m}$$

Ecuación 4.18

$$D = \frac{b - sv}{\pi}$$

$$D = \frac{(0.40 - 0.02)\text{m}}{\pi}$$

$$D = (0.1219)\text{m} = 0.12\text{m}$$

La medida del diámetro obtenida es 0.12m para acoplarle al sistema de pesaje se aumentará y su diámetro final será 0.14m.

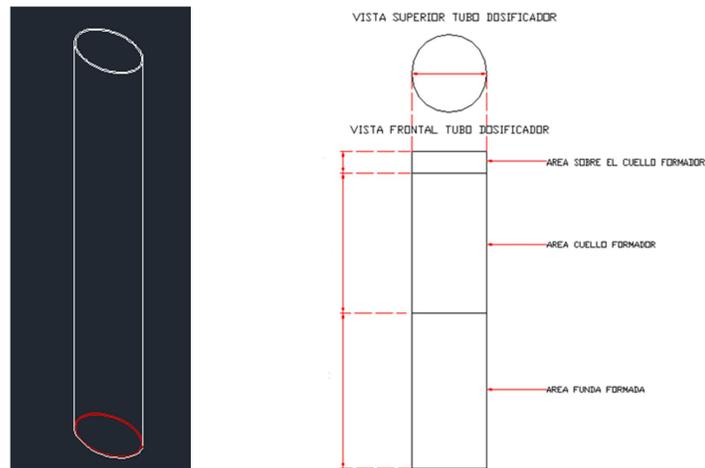


Figura 4.6. Tubo Distribuidor
Fuente: Autor (Germán Vaca)

4.4.2. CUELLO FORMADOR

Factores a tomar en cuenta para el diseño del cuello formador:

- Ancho total del papel de empaque, diámetro 0,4m; por tal motivo la parte del cuello formador será de mayor longitud para que el papel calce por completo en la entrada al cuello formador.
- El cuello una vez que tenga el ingreso de material de empaque, hará un molde para que dé horizontal pase al cilíndrico ayudado por un separador el mismo que servirá para dejar papel para el sellado vertical.
- No tener partes cortantes que afecten al papel.

4.5. SISTEMA ARRASTRE DE MATERIAL DE EMPAQUE

Este sistema tendrá rodillos montados sobre ejes los mismos que trasladarán el movimiento del motor mediante poleas.

Para el diseño tomará en cuenta los factores siguientes:

- El movimiento de los ejes deberá ser contrario (sin un eje gira a la derecha el otro lo hará hacia la izquierda).
- Se trasladará el movimiento del motor a un eje mediante poleas.

- El eje que tenga la movilidad transmitirá su movimiento al otro eje con poleas en forma de 8 o cruzadas.
- El material de los rodillos deberá ser no dañino ni tóxico.
- Los ejes de transmisión serán de acero 705.
- El motor deberá estar a una distancia prudente del papel de empaque.
- Los ejes se sujetaran sobre chumaceras inoxidables.

Teniendo en cuenta los datos anteriormente detallados se tiene:

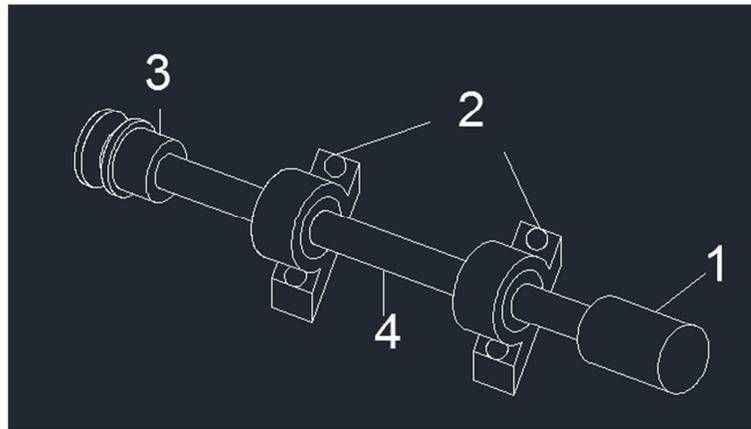


Figura 4.7. Rodillos Sistema De Arrastre
Fuente: Autor (Germán Vaca)

1. Rodillo el mismo que se maquinará en caucho por su coeficiente alto de rozamiento.
2. Las chumaceras inoxidables que sostendrán el eje (se adquirirán de acuerdo al diámetro del eje que se calcule posteriormente).
3. Una polea la que transmitirá por medio de bandas el movimiento del motor (se adquirirán de acuerdo al diámetro del eje que se calcule posteriormente y el tipo de banda que se seleccione).
4. Eje de transmisión de acero 705 de 1 pulgada, este dará movimiento a los rodillos.

4.5.1. CÁLCULO DE MOTOR PARA EL ARRASTRE

Para el cálculo se parte de la fórmula:

Utilizando la Ecuación 4.6

$$T = I * \alpha_{cil} = F * r_{cil}$$

Dónde:

T = torque del sistema.

I = inercia de cilindro de papel.

α_{cil} = Aceleración angular del cilindro de papel de empaque

r_{cil} = radio de cilindro de papel.

Utilizando la Ecuación 4.7

$$I = \frac{1}{2} m_{cil} * r_{cil}^2$$

Dónde:

m_{cil} = masa de cilindro (5kg) aproximadamente y masa máxima de papel de empaque (50kg).

r_{cil} = radio de cilindro.

En esta ecuación se tomó en cuenta los datos de la empresa sobre el peso y el radio del cilindro de papel de empaque.

$$m_{cil} = 55\text{kg}$$

$$r_{cil} = 0.10\text{m}$$

$$I = \frac{1}{2} 55\text{kg} * (0.10\text{m})^2$$

$$I = 0.275\text{kgm}^2$$

Utilizando la Ecuación 4.8

$$\alpha_{\text{cil}} = \frac{a_t}{r_{\text{cil}}}$$

Dónde:

a_t = aceleración papel de empaque.

r_{cil} = radio de cilindro.

Utilizando la Ecuación 4.9

$$a_t = \alpha_{\text{rd}} * r_{\text{pol}}$$

Dónde:

a_t = aceleración lineal del plástico

α_{rd} = aceleración angular rueda dentada que impulsa la banda de arrastre.

r_{pol} = radio de la polea 0.025m.

Utilizando la Ecuación 4.10

$$\alpha_{\text{rd}} = \frac{\alpha_{\text{motor}}}{i}$$

Dónde:

α_{motor} = aceleración angular del motor.

i = relación de transferencia entre motor y reducción, la reducción se realizará mediante un variador de velocidad.

Utilizando la Ecuación 4.11

$$\alpha_{\text{motor}} = \frac{W}{t_a}$$

$$\alpha_{\text{motor}} = \frac{178 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0.11\text{s}}$$

$$\alpha_{\text{motor}} = 1618.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Dónde:

W = aceleración de motor.

t_a = tiempo de aceleración por diseño será 0,11s.

$$W = 1700 \text{ rpm} = 178 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Utilizando la Ecuación 4.12

$$i = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{reduccion}}}$$

$$i = \frac{1700}{120}$$

$$i = 14.17$$

Dónde:

n_{motor} = rpm del motor.

$n_{\text{reducción}}$ = rpm con variador de velocidad.

Reemplazando las ecuaciones 4.12 y 4.11 en la ecuación 4.10 se tiene:

$$\alpha_{rd} = \frac{1618.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}}{14.17}$$

$$\alpha_{rd} = 114.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.9 se tiene:

$$a_t = \alpha_{rd} * r_{pol}$$

$$a_t = 114.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} * 0.025\text{m}$$

$$a_t = 2.85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.8 se tiene:

$$\alpha_{cil} = \frac{at}{rcil}$$

$$\alpha_{cil} = \frac{2.85 \frac{m}{s^2}}{0.10 \text{ m}}$$

$$\alpha_{cil} = 28.5 \frac{\text{rad}}{s^2}$$

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.6 se tiene:

$$T = I * \alpha_{cil} = F * rcil$$

$$F * rcil = I * \alpha_{cil}$$

$$F = \frac{I * \alpha_{cil}}{rcil}$$

$$F = \frac{0.275 \text{ kg m}^2 * 28.5 \frac{\text{rad}}{s^2}}{0.1 \text{ m}}$$

$$F = 78.51 \text{ N}$$

Entonces con este resultado se calcula la potencia del motor que será:

Utilizando la Ecuación 4.13

$$P = F * V$$

Dónde:

F= fuerza obtenida necesaria para mover al cilindro de papel de empaque

V= velocidad con la que se moverá el papel.

Utilizando la Ecuación 4.14

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{0.25 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0,125 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dónde:

d= distancia que se moverá el papel de empaque

t= tiempo que se moverá el papel

Reemplazando el resultado en la ecuación 4.13 se tiene:

$$P = 78.51 N * 0,125 \frac{m}{s}$$

$$P = 9.81 W$$

$$P = 0.00981 KW$$

Considerando un factor de servicio del motor de 2,5 por las constantes aceleraciones y un rendimiento de un 80% tenemos la ecuación siguiente:

$$P_t = \frac{P * fs}{\text{rendimiento}}$$

$$P = \frac{0.00981 KW * 2.5}{0.80}$$

$$P = 0.0306 KW$$

Para transformar de KW a HP se multiplica por 1.34.

$$P = 0.041 HP$$

El motor que se seleccionará será uno de 0.5 hp ya que no existe uno de la magnitud que dimensionamos por lo que se aproxima a un superior que exista en el mercado.

4.5.2. DISEÑO DEL EJE PARA EL SISTEMA DE ARRASTRE

- Para el cálculo del eje se utilizará los valores antes obtenidos, teniendo en cuenta que al traspasar el torque del motor a la polea se forman fuerzas radiales en (z) y tangenciales en (y).
- Estas fuerzas influirán también en el rodamiento para el cual dependiendo de la fuerza se calculará.

- El segundo rodamiento de igual manera tendrá cargas tangenciales en (y) y radiales en (z), ya que únicamente el eje rodará sin una fuerza de empuje en (x).
- Fuerza de arrastre del material, al arrastrar el material la fuerza se trasmite y se divide a cada polea, en este caso son 2 se divide para 2 fuerzas tangenciales (y) al eje. $F = 2 F_{pol}$; siendo F la fuerza del motor y F_{pol} la fuerza de las poleas de arrastre.

Teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados se tiene:

Utilizando la Ecuación 4.13

$$P = F * V$$

Dónde:

P= potencia del motor es 0.5 hp ó 0.3731 kW.

V= velocidad a la que se moverá el papel que es $0,125 \frac{m}{s}$.

Tenemos:

$$F = \frac{P}{V}$$

$$F = \frac{373.1 \text{ W}}{0.125 \frac{m}{s}}$$

$$F = 2984.8 \text{ N}$$

En la fuerza de arrastre del material se tiene:

$$F = 2984.8 \text{ N}$$

$$F = 2 F_{pol}$$

$$F_{pol} = \frac{2984.8 \text{ N}}{2}$$

$$F_{pol} = 1492.4 \text{ N}$$

Esta será la fuerza transmitida del motor a la polea, la misma que se descompondrá en sus componentes de influencia. Para la carga tangencial del engranaje se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación siguiente.

Ecuación 4.19 Mott (2006, pág. 470)

$$W_t = F_{pol} \times \cos \chi$$

Dónde:

T = Torque del motor transmitido

χ = Ángulo ubicada la banda de transferencia 20 grados.

$$W_t = 1492.4 \times \cos 20$$

$$W_t = 1402.4 \text{ N}$$

Para la Carga Radial del engranaje se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación siguiente.

Ecuación 4.20 Mott (2006, pág. 465)

$$W_r = F \times \sin \chi$$

$$W_r = 1492.4 \times \sin 20$$

$$W_r = 510.43 \text{ N}$$

Al tener descompuestas las fuerzas que actúan sobre la polea se procede a determinar los valores que actuarán sobre los rodillos.

Para lo cual se determina que:

- La carga tangencial aplicada a la polea es la que da movimiento al eje, por tanto, será la fuerza que se tomará como válida para realizar la descomposición de la fuerzas en los rodillos.
- Ésta será la fuerza transmitida del motor a la polea, la misma que se descompondrá en sus componentes de influencia. Para la carga tangencial del engranaje reemplazamos los datos obtenidos en la ecuación siguiente.
- El torque será igual en la polea y en rodillo de transferencia.

Teniendo así:

Ecuación 4.20

$$T = F \times d$$

Dónde:

T = Torque

F = Fuerza en este caso será la carga tangencial aplicada a la polea.

d = Distancia a la que está ubicada la polea del inicio del eje.

$$T = wt \times d = (1402.4N) \times (0,03m) = 42.07Nm$$

$$T = F_{rod} \times d_{rod}$$

$$42.07Nm = F_{rod} (0,4m)$$

$$F_{rod} = \frac{42.07 \text{ Nm}}{0.4m}$$

$$F_{rod} = 105.2 \text{ N}$$

Dónde:

T = Torque.

Frod = Fuerza aplicada al rodillo.

drod = Distancia a la que está ubicado el rodillo del inicio del eje.

Ésta será la fuerza que se ha transmitido al rodillo, la misma que se descompondrá en sus componentes de influencia. Para la carga tangencial del rodillo se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación siguiente.

Utilizando la Ecuación 4.19

$$W_{trod} = F_{rod} \times \cos\theta$$

Dónde:

Frod = Fuerza transmitida al rodillo

θ = Ángulo transferirá el movimiento al papel de empaque 20 grados

$$W_{trod} = 105.2 \times \cos 20$$

$$W_{trod} = 98.85 \text{ N}$$

Para la Carga Radial del engranaje se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación siguiente.

Utilizando la Ecuación 4.20

$$W_{rod} = F_{rod} \times \sin \theta$$

$$W_{rod} = 105.2 \times \sin 20$$

$$W_{rod} = 35.98 \text{ N}$$

Una vez encontrados los valores de las fuerzas que actuarán sobre el eje se procede hacer sumatoria de fuerzas y encontrar las que actuarán sobre los rodamientos, teniendo en cuenta que la polea estará al inicio del eje en el punto C, los rodamientos estarán ubicados a 15 cm en el punto A y otro a 30cm del inicio del eje en el punto B, finalmente el rodillo de transferencia de movimiento a 40cm en el punto D.

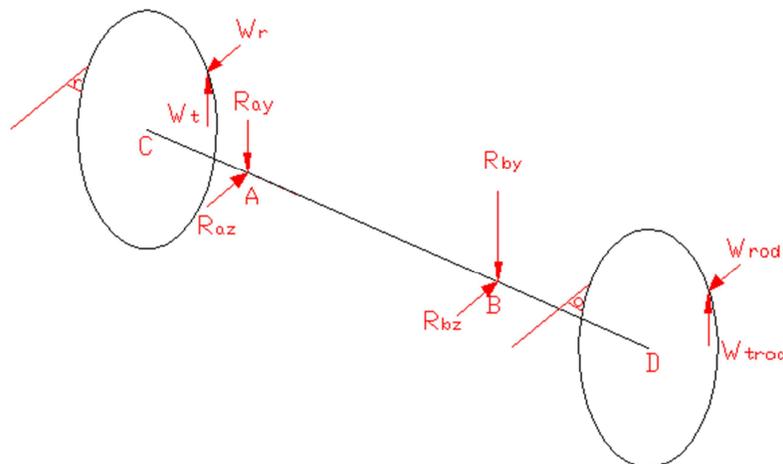


Figura 4.8. Diagrama de fuerzas
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Teniendo los valores de las fuerzas que actúan sobre el eje, mediante un software se calculará los valores de las fuerzas en los rodamientos y momentos.

$$\begin{aligned} W_t &= 1402.4 \text{ N} & W_r &= 510.43 \text{ N} \\ W_{\text{trod}} &= 98.85 \text{ N} & W_{\text{rod}} &= 35.98 \text{ N} \end{aligned}$$

Realizando el análisis en el plano Y se tiene:



Figura 4.9. Diagrama de reacciones en Y
Fuente: Autor (Germán Vaca)

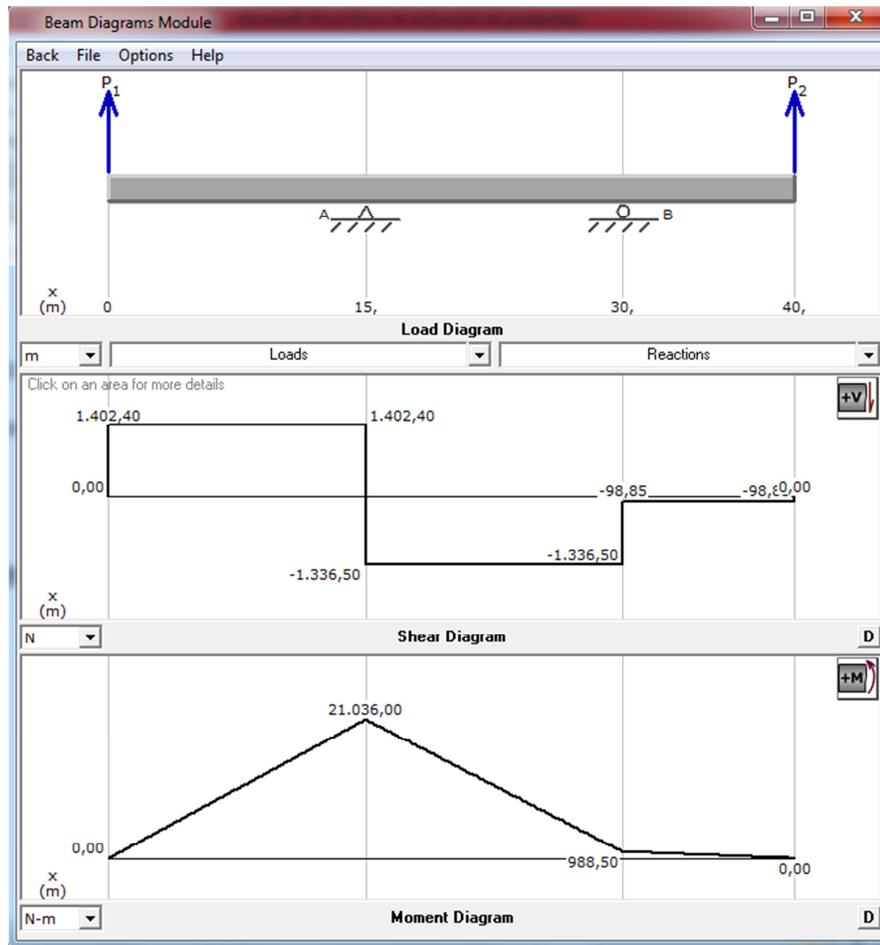


Figura 4.10. Diagramas de corte y momentos en Y MDSolids
Fuente: Software de Cálculo, MDSolids versión 3.5.0 - 2009

Los datos obtenidos por el software son:

$$R_{ay} = 1402.4 \text{ N} = 143.1 \text{ kg} = 311.1 \text{ lb}$$

$$R_{by} = 1237.65 \text{ N} = 126.3 \text{ kg} = 274.54 \text{ lb}$$

$$M_{ay} = 21036 \text{ Nm} = 186184 \text{ lbpul}$$

$$M_{by} = 988.50 \text{ Nm} = 8749.40 \text{ lb pul}$$

Realizando el análisis en el plano Y se tiene:

Realizando el análisis en el plano Z se tiene:



Figura 4.11. Diagrama de reacciones en Z
Fuente: Autor (Germán Vaca)

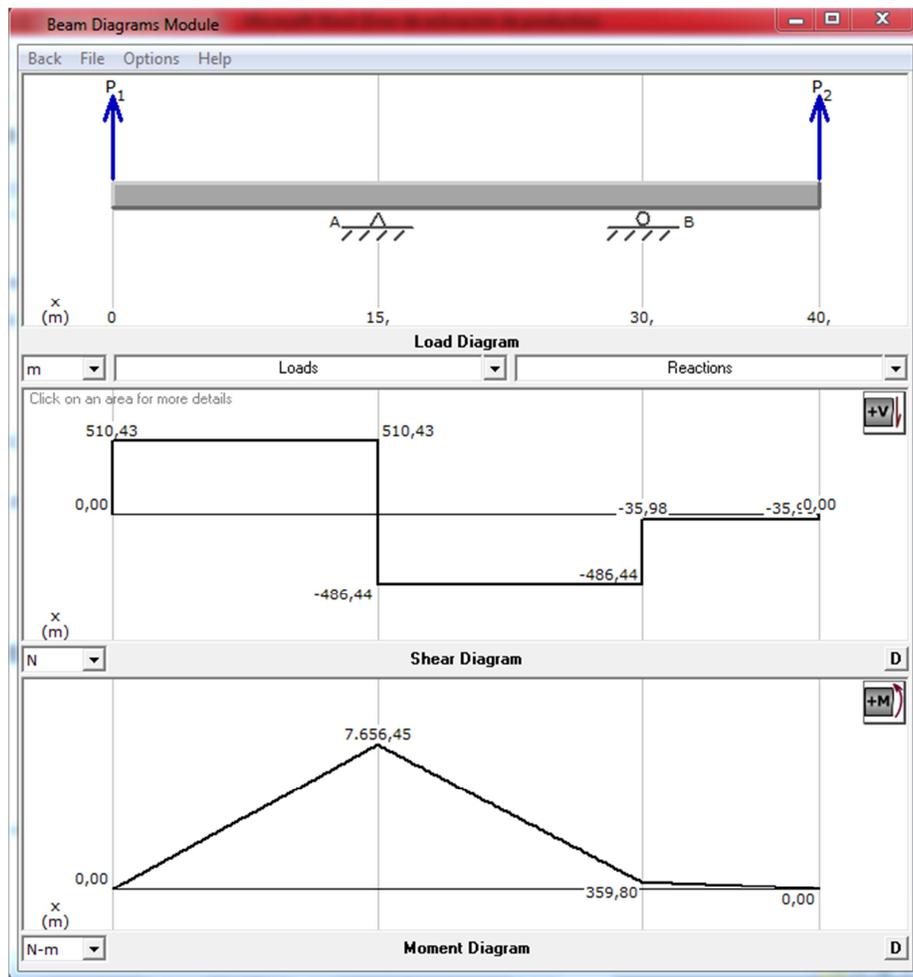


Figura 4.12. Diagramas de corte en Y momentos en Z MDSolids
Fuente: Software de Cálculo, MDSolids versión 3.5.0 - 2009

Los datos obtenidos por el software son:

$$R_{az} = 510.43 \text{ N} = 52.04 \text{ kg} = 113.13 \text{ lb}$$

$$R_{bz} = 450.46 \text{ N} = 45.96 \text{ kg} = 99.92 \text{ lb}$$

$$M_{az} = 7656.45 \text{ Nm} = 67765.2 \text{ lb pul}$$

$$M_{bz} = 359.80 \text{ Nm} = 3184.5 \text{ lb pul}$$

Con los valores obtenidos mediante el software se calcula los diámetros del eje.

$$M_A = \sqrt{21036^2 + 7656.45^2}$$

$$M_A = 22386.03 \text{ Nm}$$

$$M_B = \sqrt{988.50^2 + 359.80^2}$$

$$M_B = 1051.94 \text{ Nm}$$

Una vez obtenidos los diagramas de momentos flectores se selecciona un material para el eje, en este caso será el AISI 1018 que posee las características siguientes:

$$S_y = \text{Resistencia de fluencia} = 53700 \text{ PSI.}$$

$$S_u = \text{Resistencia a la tensión} = 63800 \text{ PSI.}$$

Con estos datos se busca la resistencia a la fatiga (S_n) en la tabla y tenemos: Mott (2006, pág. 175)

$$S_n = 34000 \text{ PSI}$$

En el primer diámetro no existe un momento de torsión ni de flexión pero si actúan las fuerzas tangenciales (W_t) y radiales (W_r) que son las que se tomará. Se utiliza $K_t = 2.5$ porque se usa un escalón agudo.

$$W_t = 1402.4 \text{ N} \quad W_r = 510.43 \text{ N}$$

$$V_D = \sqrt{W_t^2 + W_r^2}$$

$$V_D = \sqrt{1402.4^2 + 510.43^2}$$

$$V_D = 1492.4 \text{ N} = 152.28 \text{ kg} = 331.06 \text{ lb}$$

Ecuación 4.33 Mott (2006, pág. 545)

$$D1 = \sqrt{\frac{2.94 * Kt * VD * N}{S_{\text{fn}}}}$$

$$D1 = \sqrt{\frac{2.94 * 2.5 * 331.06 * 2}{23409}}$$

$$D1 = 0.46 \text{ pul}$$

En el segundo diámetro se tiene:

$$MA = 22386.03 \text{ Nm} = 198132.76 \text{ lb pul}$$

Ecuación 4.31 Mott (2006, pág. 548)

$$D = \left[\left(\frac{32 * N}{\pi} \right) \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S_{\text{fn}}} \right) + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

S_{fn} = Resistencia a la fatiga real.

N = Factor de diseño al no estar expuesto a cargas de impacto choques y al tener un promedio en datos de resistencia de cargas del material se usa un factor de 2. Mott (2006, pág. 546)

Kt = Coeficiente de concentración de esfuerzos. Mott (2006, pág. 540)

Ecuación 4.32 Mott (2006, pág. 548)

$$S_{\text{fn}} = S_n * C_r * C_s$$

Dónde:

C_r = Factor de confiabilidad de 0.99 por tanto es igual 0.81

C_s = Factor de tamaño de 0.85

$$S_{\text{fn}} = 34000 * 0.81 * 0.85$$

$$S_{\text{fn}} = 23409$$

$$T = 42.07 \text{ Nm} = 372.35 \text{ lb pul}$$

En este diámetro se utiliza $K_t = 2.5$ porque se usa un escalón agudo.

$$D2 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{\frac{2.5 * 198132.76}{23409} + \frac{3}{4} \left(\frac{372.35}{53700} \right)} \right]^{1/3}$$

$$D2 = [20.37 * \sqrt{21.1598 + 0.0052}]^{1/3}$$

$$D2 = [20.37 * 4.6]^{1/3}$$

$$D2 = 4.54 \text{ pul}$$

En este diámetro se utiliza $K_t = 2.5$ porque se emplea un escalón agudo.

$$MB = 1051.94 \text{ Nm} = 9310.44 \text{ lbpul}$$

$$D3 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{\frac{2.5 * 9310.44}{23409} + \frac{3}{4} \left(\frac{372.35}{53700} \right)} \right]^{1/3}$$

$$D3 = [20.37 * \sqrt{0.994 + 0.0052}]^{1/3}$$

$$D3 = [20.37 * 0.999]^{1/3}$$

$$D3 = 2.73 \text{ pul}$$

En el cuarto diámetro no existe un momento de torsión ni de flexión pero si actúan las fuerzas tangenciales (W_{trod}) y radiales (W_{rod}) que son las que se tomará. Se utiliza $K_t = 2.5$ porque se pone un escalón agudo.

$$W_{trod} = 98.85 \text{ N} \quad W_{rod} = 35.98 \text{ N}$$

$$VD1 = \sqrt{W_{trod}^2 + W_{rod}^2}$$

$$VD1 = \sqrt{98.85^2 + 35.98^2}$$

$$VD1 = 105.2 \text{ N} = 10.73 \text{ kg} = 23.61 \text{ lb}$$

Ecuación 4.33

$$D4 = \sqrt{\frac{2.94 * K_t * VD1 * N}{S_{\text{th}}}}$$

$$D4 = \sqrt{\frac{2.94 * 2.5 * 23.61 * 2}{23409}}$$

$$D4 = 0.12 \text{ pul}$$

Una vez obtenidos los diámetros en sus distintas secciones se observa que dos diámetros son de gran tamaño y se debe al sobredimensionamiento del motor de arrastre ya que en cálculos se obtuvo que debía ser de $P = 0.041$ HP y se sobredimensionó un 820% a $P = 0.5$ HP, por lo tanto se concluye que los ejes también están sobredimensionados en un 820%.

Diámetros Calculados	Sobredimensionado 820%	Sin Sobredimensionar 820%
<i>D1</i>	0.46 pulgadas	0.0561 pulgadas
<i>D2</i>	4.54 pulgadas	0.5512 pulgadas
<i>D3</i>	2.73 pulgadas	0.3329 pulgadas
<i>D4</i>	0.12 pulgadas	0.0146 pulgadas

Tabla 4.3. Diseño de ejes
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Como en diferentes partes de la máquina se ocupa ejes de 2 pulgadas en el diseño se ocupará de esta medida ya que el devastado o torneado para reducir su diámetro en el medio es costoso y la función de este eje es únicamente la de arrastre, exclusivamente los diámetros 1 y 4 serán reducidos para poner un escalón ya que aquí estará la polea y rodillo respectivamente.

Diámetros Calculados	Calculado	Diseño
<i>D1</i>	0.0561 pulgadas	0.90 pulgadas
<i>D2</i>	0.5512 pulgadas	1 pulgadas
<i>D3</i>	0.3329 pulgadas	1 pulgadas
<i>D4</i>	0.0146 pulgadas	0.90 pulgadas

Tabla 4.4. Diseño de ejes corregida
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Con los diámetros que se ha obtenido se va al manual SKF y se selecciona un rodamiento, para lo cual se toma en cuentas los factores siguientes:

- Los rodamientos soportan cargas radiales y tangenciales por tal razón deberá ser rodamientos de bolas de una hilera.
- Según los diámetros obtenidos el diámetro interno del rodamiento será de 1 pul.
- Se utiliza los valores del rodamiento que tiene mayores cargas.

$$R = \sqrt{R_{ay}^2 + R_{by}^2}$$

$$R = \sqrt{1402.4^2 + 510.43^2}$$

$$R = 1492.40 \text{ N} = 1.4924 \text{ KN.}$$

Con los datos anteriores se va a la tabla y selecciona un rodamiento.

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera									
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite	kg	
mm			kN		kN	rpm			* - Rodamiento SKF Explorer
20	52	21	15,9	7,8	0,335	-	9500	0,20	62304-2RS1
20	72	19	30,7	15	0,64	24000	15000	0,40	6404
22	50	14	14	7,65	0,325	30000	19000	0,12	62/22
22	50	14	14	7,65	0,325	-	9000	0,12	62/22-2RS1
22	56	16	18,6	9,3	0,39	28000	18000	0,18	63/22
22,225	47,625	9,525	11,7	6,3	0,265	30000	20000	0,073	EE 8 TN9
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	26000	19000	0,12	RLS 7
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	-	9000	0,12	RLS 7-2RS1
22,225	50,8	14,287	14	7,65	0,325	26000	13000	0,12	RLS 7-2Z
22,225	57,15	17,462	18,6	9,3	0,39	26000	18000	0,18	RMS 7
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38000	24000	0,022	61805
25	37	7	4,36	2,6	0,125	-	11000	0,022	61805-2RS1
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38000	19000	0,022	61805-2RZ
25	42	9	7,02	4,3	0,193	36000	22000	0,045	61905
25	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10000	0,045	61905-2RS1
25	42	9	7,02	4,3	0,193	36000	18000	0,045	61905-2RZ
25	47	8	8,06	4,75	0,212	32000	20000	0,06	16005 *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	20000	0,080	6005 *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	-	9500	0,080	6005-2RSH *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	16000	0,080	6005-2RSL *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	16000	0,080	6005-2Z *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	-	9500	0,080	6005-RSH *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	20000	0,080	6005-RSL *
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32000	20000	0,080	6005-Z *
25	47	16	11,2	6,55	0,275	-	9500	0,10	63005-2RS1

Figura 4.13. Manual de rodamientos interactivo SKF

Fuente: <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/calculationsFilter?lang=es&newlink=&prodid=&action=Calc3>

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings		Designation
d	D	B	dynamic C	static C ₀	Reference speed	Limiting speed	
mm			kN		r/min		* SKF Explorer bearing
25	37	7	4,36	2,6	38000	24000	61805

Figura 4.14. Tipo de rodamientos interactivo SKF

Fuente: <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/calculationsFilter?lang=es&newlink=&prodid=&action=Calc3>

4.6. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Para este cálculo de la estructura se procede a seleccionar los parámetros que son:

- Las columnas serán excéntricas ya que se aplican cargas fuera del eje centroidal de la sección transversal de la columna.
- Los extremos son Empotrados-Libres con K de 2.0 para valores teóricos y de 2.1 para valores prácticos, en este diseño se escogerá el de 2.1. Mott (2006, pág. 234)
- Al observar el tamaño de la tolva se propone utilizar para la estructura un tubo cuadrado de 2 pulgadas hecho de acero AISI 1020
- Serán cuatro columnas de 1.20 m o 47.24 pulgadas de largo.

Con los parámetros antes mencionados, la ecuación para poder ver si el tubo que se seleccionó soportará la carga a la que estará sometido es la siguiente:

Ecuación 4.32 Mott (2006, pág. 253)

$$S_y = \frac{NP}{A} \left[1 + \frac{ec}{r^2} \sec \left(\frac{KL}{2r} \sqrt{\frac{NP}{AE}} \right) \right]$$

Dónde:

N = Factor de seguridad

- P = Carga aplicada a la columna
 A = Área de la sección transversal Mott (2006, Apéndice 1)
 e = Excentricidad 1 según el tubo seleccionado es de 1. Mott (2006, pág. 856)
 c = Distancia del eje neutro de la sección transversal hasta su orilla exterior según el tubo seleccionado es de 1. Mott (2006, pág. 856)
 r = Radio de giro Mott (2006, Apéndice 1)
 K = Constante de extremo fijo
 L = Largo de la columna
 E = Elasticidad del material "Acero"

Carga que va a sostener la estructura.

Generadores de carga	Carga Aproximada
Panera	200 kg
Tolva	15 kg
Sistema de arrastre y dosificación	35 kg
Sistema de sellado	20 kg
Banda transportadora	15 kg
Tablero de control	15 kg
Motores	30kg
Total	330 kg = 726 lb

Tabla 4.5. Análisis de cargas
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Total serán 726 lb, ésta carga se divide para cuatro columnas, el resultado es 181.5 lb.

$$\text{Área} = \text{Base} * \text{Altura} * \text{Espesor}$$

$$A = 5.08 \text{ cm} * 5.08 \text{ cm} * 0.2$$

$$A = 5.16 \text{ cm}^2 = 2.032 \text{ pulgadas}^2$$

$$r = \frac{\text{lado}}{\sqrt{12}}$$

$$r = \frac{2 \text{ plg}}{\sqrt{12}}$$

$$r = 0.577 \text{ pul}$$

$$S_y = \frac{3 * 181.5}{2.032} \left[1 + \frac{1 * 1}{0.577^2} \sec \left(\frac{2.1 * 47.24}{2 * 0.577} \sqrt{\frac{3 * 181.5}{2.032 * 30 * 10^6}} \right) \right]$$

$$S_{y'} = 267.96[1 + 0.751 * \sec(85.96 * 0.003)]$$

$$S_{y'} = 267.96[1 + 0.751]$$

$$S_{y'} = 469.2 \text{ PSI}$$

Al ser $S_{y'} = 469.2$ que se calculó mucho menor a $S_y = 36000$ PSI que soporta el material, se puede decir que la máquina tiene un factor de seguridad superior al 1000% donde se puede notar que las columnas soportarán óptimamente.

4.7. TORNILLO SIN FIN

Este tornillo será el encargado de tener la panela en movimiento evitando su compactación y sobre todo hará una dosificación.

Para dimensionar este tornillo se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La masa máxima que debe mover este tornillo 200kg.
- El largo será de la altura de la tolva.
- El cilindro de salida de la tolva es de 10 cm de diámetro y de alto 10cm.
- Con la finalidad de usar como dosificador al tornillo sin fin, las espiras utilizarán la mayor cantidad del diámetro del cilindro de salida de la tolva siendo de 8cm
- Tratar que la panela granulada tenga el menor contacto con el medio ambiente.
- Evitar desperdicio del material que es acero inoxidable ya que su valor económico en el medio es costoso, para así tener factibilidad aceptable.
- Facilidad de dar mantenimiento y reemplazo de elementos.
- Facilidad de limpieza.
- Mantener la tendencia de los sistemas anteriores que son cilíndricos.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se tiene:

Utilizando la Ecuación 4.2 serán entonces de:

$$V_{\text{total}} = \frac{M}{d}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{1\text{kg}}{1340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{total}} = 0,000746 \text{ m}^3$$

Utilizando la Ecuación 4.2 con los datos del cilindro de salida será entonces de:

$$V_{\text{cil}} = (\pi * r^2) * hc$$

$$V_{\text{cil}} = (\pi * 0.05^2) * 0.10$$

$$V_{\text{cil}} = 0.000783\text{m}^3$$

Nota: La reducción de velocidad del tornillo sin fin será por medio de poleas y un variador de velocidad dejando la velocidad final de 120 rpm para evitar calentamiento en el motor y mal funcionamiento.

Con los datos obtenidos se tiene que:

Las espiras tendrán un diámetro de 8cm, 80% de la capacidad la tolva de salida de dosificación para evitar compactación.

Con la finalidad de reducir el esfuerzo del motor vs carga de panela, las espiras serán ubicadas a 30 grados.

Con la finalidad de reducir el esfuerzo del motor vs carga de panela, las espiras serán ubicadas a 10 cm una de otras.

Al tener 360 grados de giro y una inclinación de 30 grados se tiene:

$$G = \frac{360}{30}$$

$$G = 12$$

Al tener el 80 % de efectividad por tanto se suma 20% al valor de G, se tiene que

$$G = 14.4$$

G = 14.4 será el número de vueltas para vaciar la salida del cilindro, teniendo 120 rpm; la dosificación será cada 1.2seg.

CAPÍTULO 5

5. SISTEMA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Para el sistema de control se debe tener en cuenta los requerimientos de la empresa sobre la visualización y control para lo cual se debe tener presente los siguientes aspectos:

- Tener en cuenta que el sistema mecánico ha sido dimensionado y diseñado de manera óptima utilizando materiales de alta calidad.
- El sistema de control deberá utilizar componentes de marcas conocidas y de calidad, es decir, garantizadas.
- Para seleccionar el cerebro del control que es el PLC, se debe tomar en cuenta compatibilidad del mismo con la HMI.
- Selección de pesaje, 1libra o un kilo.
- Buena sensibilidad al momento de pesaje.
- Control de compuertas neumáticas.
- Control de velocidad de motores.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores se tiene:

1. Para el control se utilizará componentes de la marca Siemens por ser una de las más confiables.
2. Para la selección de la pantalla se tomó en cuenta los factores siguientes:
 - Visualización del avance del proceso en la pantalla táctil.
 - Conteo de unidades terminadas.
 - Visualización de unidades terminadas correctamente.
 - Visualización de unidades erróneas.
 - Despliegue de varias ventanas de selección.
 - Controles Táctiles
 - Botones de calibración de la máquina desde la pantalla

Tomando en cuenta los factores anteriores se seleccionó la HMI Simatic KTP600 Siemens (1996-2013, p.1) ya que cumple con los requerimientos de la empresa.



Figura 5.1. HMI Simatic KTP600

Fuente: <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basic-color/pages/default.aspx>

3. Para la selección del PLC se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:
 - Que posea un IP propio para la comunicación con la HMI.
 - Posea comunicación profibus.
 - Salidas rápidas.
 - Entradas rápidas por interrupciones.
 - La cantidad de procesos no limite la velocidad de respuesta.
 - Posee controles PID.
 - El control puede llegar al nivel máximo de la pirámide de control scada

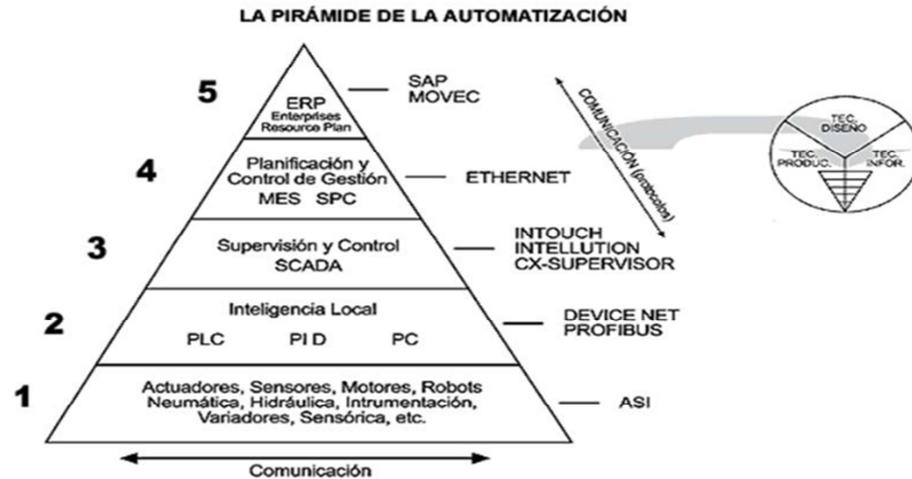


Figura 5.2. Pirámide de control SCADA

Fuente: <http://fiis.unheval.edu.pe/laboratorios/laboratorio-cim.html>

- Posee gran cantidad de memoria para programar.
- Que sea capaz de discretizar las señales rápidamente.

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados se selecciona el PLC de la serie Simatic S7-1200 ya que estos son compatibles con la pantalla seleccionada, siendo de gama alta y uno de los más comunes y económicos de esta marca, es decir, que es fácil de encontrar en el país. Siemens (2009,p.2)

4. Al tener el PLC seleccionado se hace un análisis de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas.

	Electroválvula 1
	Electroválvula 1
	Electroválvula 2
	Electroválvula 2
	Variador 1
	Variador 2
Total	6

Tabla 5.1. Análisis de entradas y salidas digitales.

Fuente: Autor (Germán Vaca)

- Las salidas digitales a las electroválvulas 1 son las del cilindro de la compuerta de dosificación, que al ser de doble efecto necesitan una señal para cada movimiento sea de evacuación o de compresión.

- Las salidas digitales a las electroválvulas 2 son las del cilindro de la compuerta de dosificación, que al ser de doble efecto necesitan una señal para cada movimiento sea de evacuación o de compresión.
- La salida digital al Variador 1 es que dará movimiento al tornillo sin fin.
- La salida digital al Variador 2 es que dará movimiento al Sistema de arrastre.

	Entradas Analógicas	Salidas Analógicas
Total	Celda de Carga 1	

Tabla 5.2. Análisis de entradas y salidas analógicas

Fuente: Autor (Germán Vaca)

- La Entrada Analógica que se usará es la de la celda de carga.

Una vez determinado el PLC y notando las entradas y salidas tanto analógicas como digitales se determina que:

- Se deberá adquirir un módulo de expansión de entradas y salidas digitales ya que con las que viene el PLC son insuficientes, se seleccionará la expansión CPU 1212C de la Marca Siemens-Sinamic.
- SM122 para salidas digitales y SM1234 para entradas y salidas analógicas.



Figura 5.3. Expansión Simatic CPU1214C

Fuente: <http://docseurope.electrocomponents.com/webdocs/0da9/0900766b80da904e.pdf>

- Se deberá adquirir software de programación, el necesario para la programación de PLC de gama alta de SIEMENS Simatic que es el Tia portal v10.5.
- El PLC se programará en Ladder.
- La HMI se configurará en modo SCADA.

5.1. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

En este sistema se controlará un motor, el mismo que es el encargado de dar el movimiento de giro al tornillo sin fin.

Para seleccionar un controlador se debe tomar en cuenta los factores siguientes:

- El motor seleccionado fue de 0.5 HP.
- El motor seleccionado es trifásico.
- El motor seleccionado es de la Marca Siemens.
- El motor deberá activarse cuando la compuerta dosificadora este abierta.
- El motor deberá desactivarse cuando la compuerta dosificadora este cerrado.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se seleccionó un variador de velocidad para controlar las rpm.

- El variador seleccionado es el Variador Sinamic G110 Siemens (2009, p.1) ya que es compatible con el motor seleccionado de 0.5 HP.
- Compatible con motores trifásicos.
- Entradas digitales para iniciar su operación.
- Es de la misma marca que el Motor.

5.2. SISTEMA DE COMPUERTA DOSIFICADORA

En este sistema se controlará un cilindro neumático, el que es el encargado de dar el movimiento a la compuerta.

Para seleccionar un controlador se debe tomar en cuenta los factores siguientes:

- El cilindro neumático seleccionado se aplica 90PSI.
- El cilindro neumático seleccionado es de doble efecto.

- El cilindro neumático deberá abrirse cuando la compuerta dosificadora este cerrada.
- El cilindro neumático deberá cerrarse cuando la compuerta dosificadora este abierta.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se seleccionó una electroválvula de doble efecto para la apertura o cierre de la compuerta dosificadora.

La electroválvula seleccionada es la AIRTAC 4V210-08 ya que:

- Soporta las 90 PSI del cilindro neumático
- Trabaja a 24 voltios corriente continua.
- Es utilizada para cilindros de doble efecto

Nota: Cuando se utiliza sistemas neumáticos es recomendable usar un sistema de protección como es un filtro de aire y regulador de presión. En este caso se usará un sistema de filtro marca AIRTAG 10 Bares que soporta hasta 10 bares de presión.

5.3. SISTEMA DE PESAJE

En este sistema se controlará un cilindro neumático, el mismo que es el encargado de dar el movimiento a la compuerta; además se deberá seleccionar una celda de carga de tracción.

Para seleccionar un controlador neumático se debe tomar en cuenta los factores siguientes:

- El cilindro neumático seleccionado se aplica 90PSI.
- El cilindro neumático seleccionado es de doble efecto.
- El cilindro neumático deberá abrirse cuando la compuerta dosificadora este cerrada.
- El cilindro neumático deberá cerrarse cuando la compuerta dosificadora este abierta.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se seleccionó una electroválvula de doble efecto para la apertura o cierre de la compuerta dosificadora.

La electroválvula seleccionada es la AIRTAC 4V210-08 ya que:

- Soporta las 90 PSI del cilindro neumático
- Trabaja a 24 voltios corriente continua.
- Es utilizada para cilindros de doble efecto.

Para seleccionar la celda de carga se debe tomar en cuenta los factores siguientes:

- La Celda de carga deberá ser de tracción.
- La Celda de carga deberá ser capaz de detectar mínimas variaciones.
- La Celda de carga no deberá ser de pesaje punto a punto, sino variable.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se seleccionó una Celda de Carga Pound Precision 5kg ya que:

- Esta celda envía valores no punto a punto.
- Censa hasta 5kg por tanto el rango de error es menor a si se selecciona una de capacidad 100kg.

5.4. SISTEMA DE ARRASTRE DE MATERIAL

En este sistema se controlará un motor, el mismo que es el encargado de dar el movimiento para el arrastre del material de empaque.

Para seleccionar un controlador se debe tomar en cuenta los factores siguientes:

- El motor seleccionado fue de 0.5 HP.
- El motor seleccionado es trifásico.
- El motor seleccionado es de la Marca Siemens.
- El motor deberá activarse cuando la compuerta dosificadora este abierta.
- El motor deberá desactivarse cuando la compuerta dosificadora este cerrado.

Tomando en cuenta los aspectos anteriormente detallados se seleccionó un variador de velocidad para controlar las rpm.

El variador seleccionado es el Variador Sinamic G110 ya que:

- Compatible con el motor seleccionado de 0.5 HP.
- Compatible con motores trifásicos.
- Entradas digitales para iniciar su operación.

5.5. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS SISTEMAS

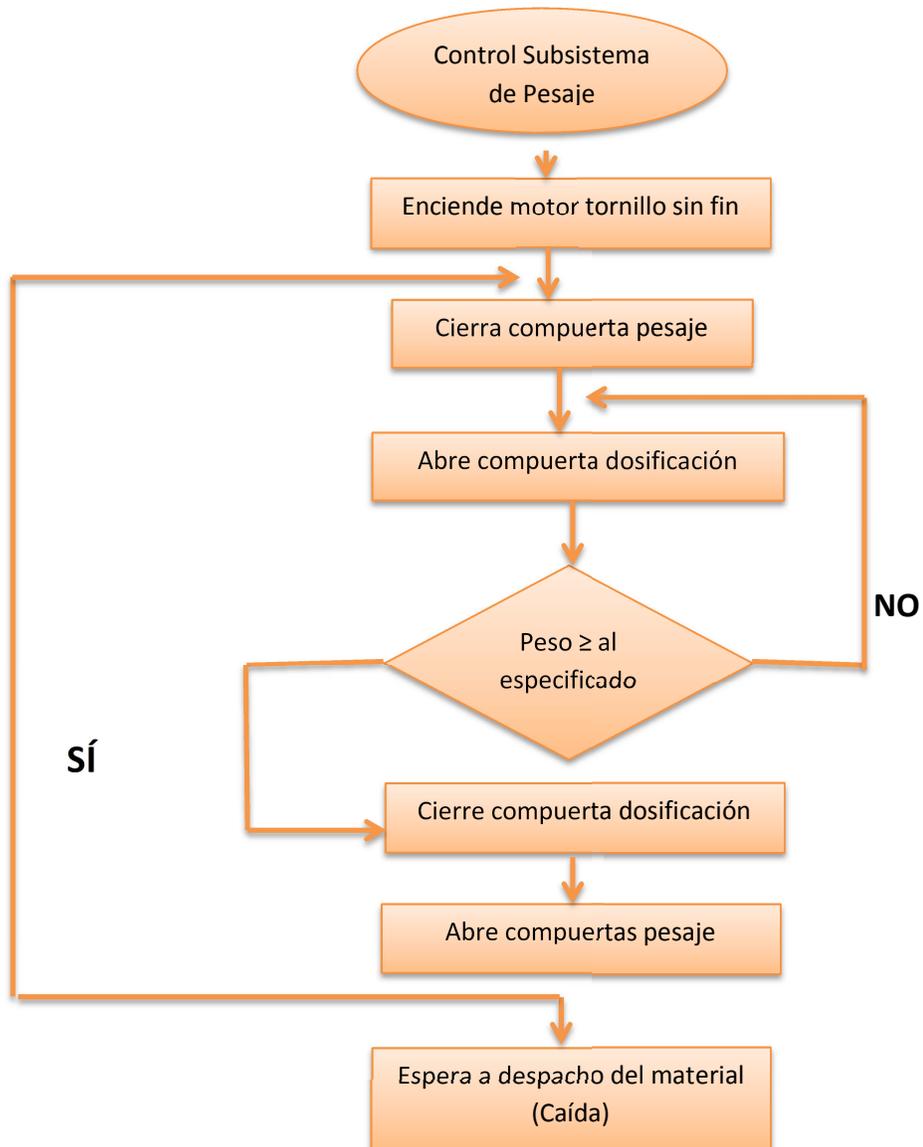


Figura 5.4. Diagrama del programa el Ladder
Fuente: Autor (Germán Vaca)

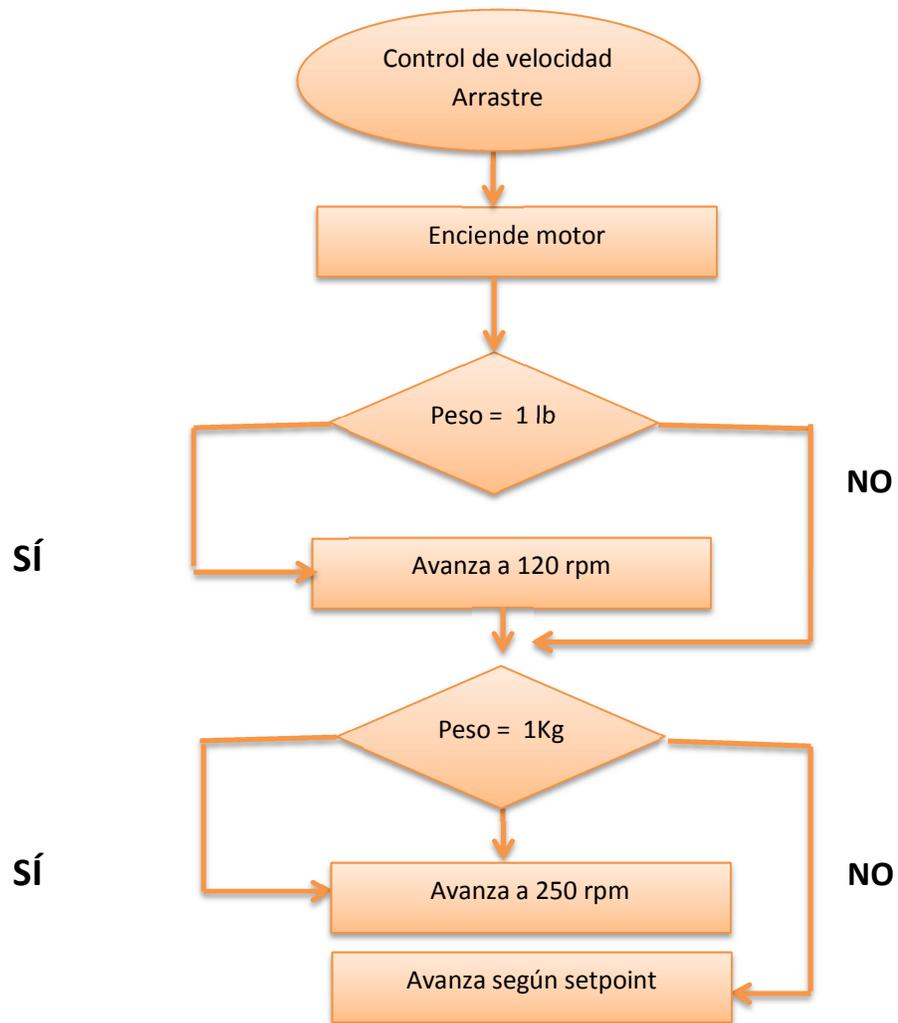


Figura 5.5. Diagrama del programa el Ladder
Fuente: Autor (Germán Vaca)

El proceso inicia con un botón de encendido general, una vez que el sistema de niquelinas ha sido activado se revisa que estas estén calientes.

En la siguiente etapa se toma la señal de las niquelinas ésta da la señal mediante la entrada %I0.0, la cual activa el motor que controla el tornillo dosificador y al cilindro de la compuerta dosificadora.

Posteriormente se toma la señal de entrada del sensor de peso, la misma que se encuentra en la compuerta de pesaje; la que activará al cilindro del sistema de pesaje dejando salir el producto para su posterior empaque.

Una vez que la compuerta ha sido abierta se detiene al accionar motor que controla el tornillo dosificador y a su vez al cilindro de la compuerta dosificadora se expande.

El sistema de arrastre recibe una señal externa del sistema de sellado horizontal, el que indica la activación del motor que controla el sistema de arrastre.

Señal Entrada	Señal de Salida	Acción
%I0.0		Inicio del sistema
%I0.1	%M1	Comprobación niquelinas
%M2	%Q0.0	Accionar motor tornillo
%M2	%Q0.1	Accionar cilindro compuerta dosificadora
%I0.2	%M3	Sensor de peso
%M3	%Q0.2	Accionar Compuerta de pesaje
%M4	%M5	Inhabilitar %Q0.0 y %Q0.1
%M6	%Q0.3	Accionar motor arrastre

Tabla 5.3. Análisis de entradas y salidas

Fuente: Autor (Germán Vaca)

5.6. CONFIGURACIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL

Para la configuración de la HMI con el PLC y a su vez con la PC se deben tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- Determinar los IP del PLC y de la HMI.
- Contar con el software de programación y compilación.
- Tener un Cable de Ethernet para comunicar los elementos.

- Seleccionar las imágenes que se va a utilizar en la visualización.

Una vez cumplidos los requerimientos antes mencionados se procede a abrir el software TIA.

- Se selecciona nuevo proyecto.
- Se elige el PLC y la HMI con la que se trabajará.

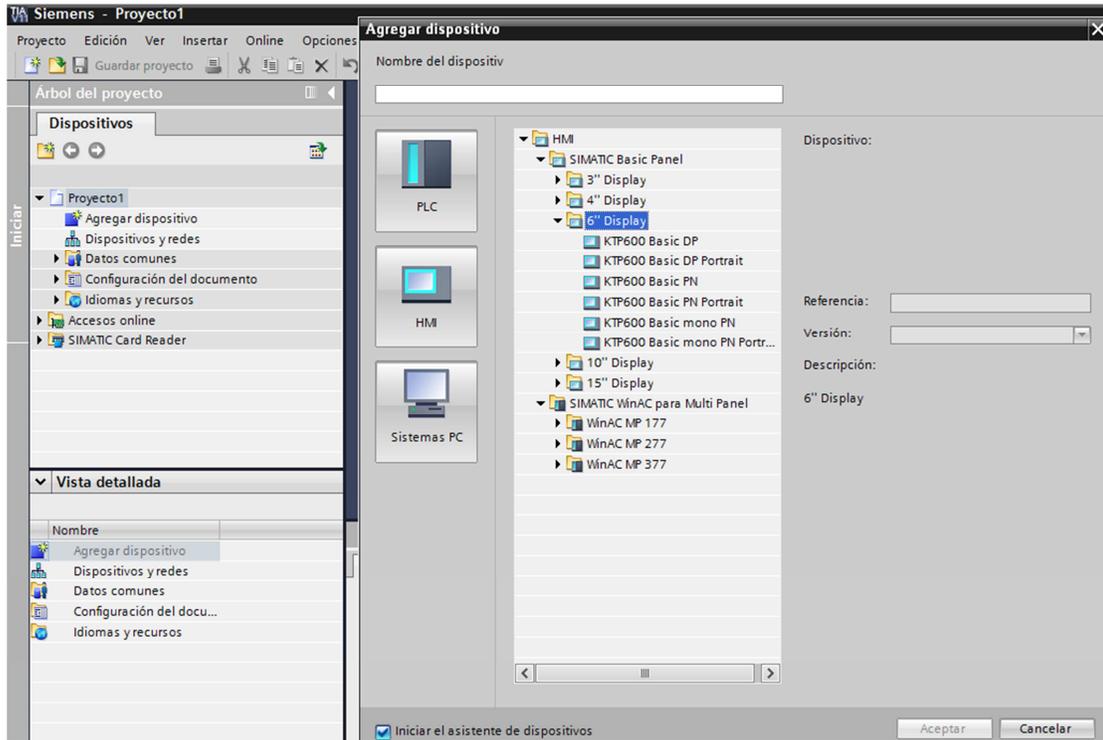


Figura 5.6. Pantalla principal del software de programación
Fuente Software TIA

Una vez seleccionados los dispositivos se procede a seleccionar el número de ventanas y a ubicar los elementos tales como: texto, botones, imágenes, funciones, etc., arrastrándolos a la ventana que se desee.

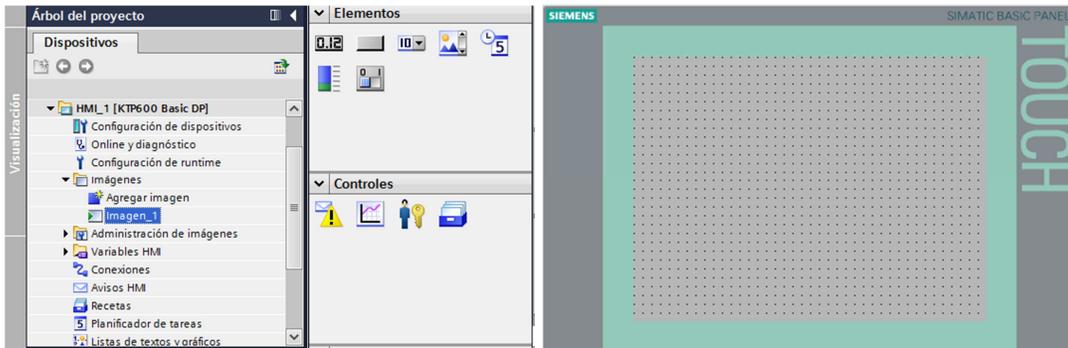


Figura 5.7. Diseño de la presentación
Fuente Software TIA

5.6.1. DISEÑO DE LAS VENTANAS DE LA HMI

La primera ventana en la visualización de la pantalla táctil es la siguiente:



Figura 5.8. Pantalla de diseño de la presentación
Fuente Software TIA

En esta ventana se ha ubicado la información básica así como los botones que abren las siguientes ventanas:

- Proceso Automático
- Proceso Manual
- Configuración
- Información

Las imágenes a utilizar en las ventanas de proceso automático y manual son las siguientes:

La imagen siguiente demuestra todo el proceso visualizado en la HMI es la imagen tanto del proceso automático, así como de la ventana de proceso manual teniendo imágenes con animación y otras fijas.

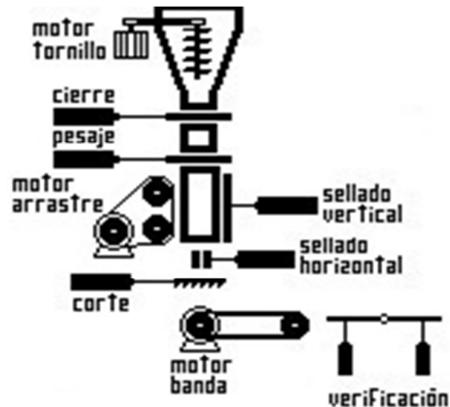
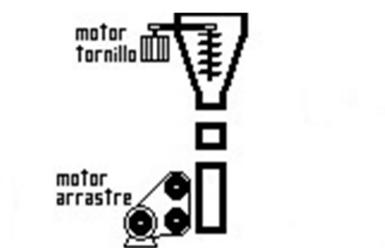


Figura 5.9. Proceso completo visualizado en la HMI
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)

Imágenes Fijas

Las imágenes siguientes son las utilizadas para demostrar los procesos efectuados sea la activación del motor del tornillo sin fin, la activación del motor de arrastre de material de empaque o la activación del motor de la banda transportadora, estos gráficos son sin animación, es decir, se mantienen fijos.



Imágenes con Animación

Para las imágenes con animación, es decir, que posean estados se seleccionó dos imágenes que alternarán al aparecer denotando una u otra acción.



Demuestra los estados para la compuerta de dosificación si está abierta o cerrada.



Demuestra los estados para la compuerta de pesaje si está abierta o cerrada.



Demuestra los estados del sistema de los variadores de velocidad si están encendidos o apagados.

5.6.2. PROCESO AUTOMÁTICO

La segunda ventana en la visualización de la pantalla táctil es la siguiente:

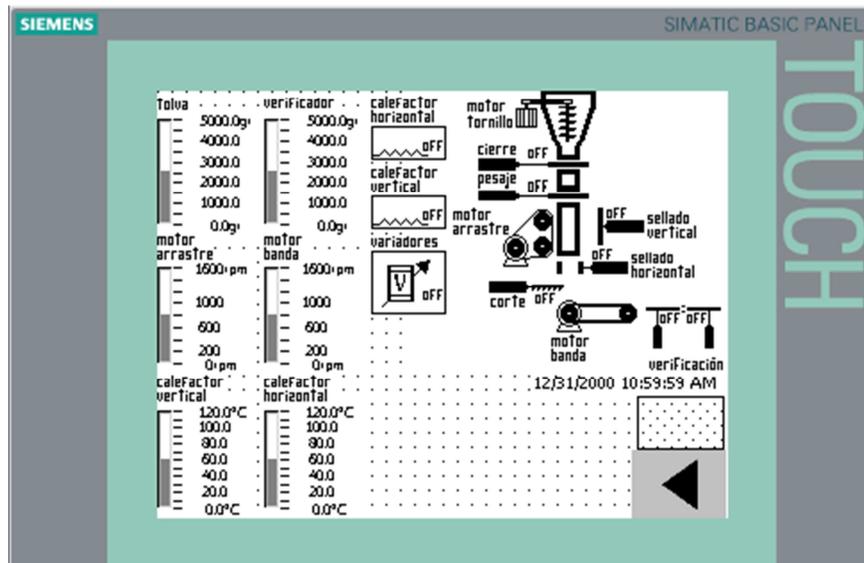
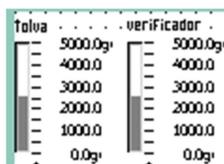


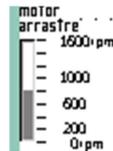
Figura 5.10. Pantalla de Información Fuente Software TIA

La siguiente ventana contiene información de los distintos componentes que actúan y componen la máquina como temperatura, calibración del peso y rpm de los motores y así también los actuadores activos.



En la tabla de valores tolva se muestra la cantidad de gramos que están entrando al sistema de pesado.

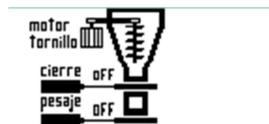
En la tabla de valores verificador se muestra la cantidad de gramos peso el sistema de verificación.



En la tabla de valores motor arrastre se muestra las rpm a las que se configuró que gire el sistema de arrastre de material de empaque.



En el botón variadores se muestra si se encuentra activo o no.



El indicador motor tornillo muestra si el motor que da el movimiento al tornillo sin fin está activo o no.

El indicador cierre muestra si el actuador neumático del sistema de dosificación esta expandido o contraído, por medio de las palabras on (expandido) y off (contraído).

El indicador pesaje muestra si el actuador neumático del sistema de pesaje esta expandido o contraído, por medio de las palabras on (expandido) y off (contraído).



El indicador motor arrastre muestra si el motor que da el movimiento al sistema de arrastre está activo o no.

5.6.3. PROCESO MANUAL

La tercera ventana en la visualización de la pantalla táctil es la siguiente:

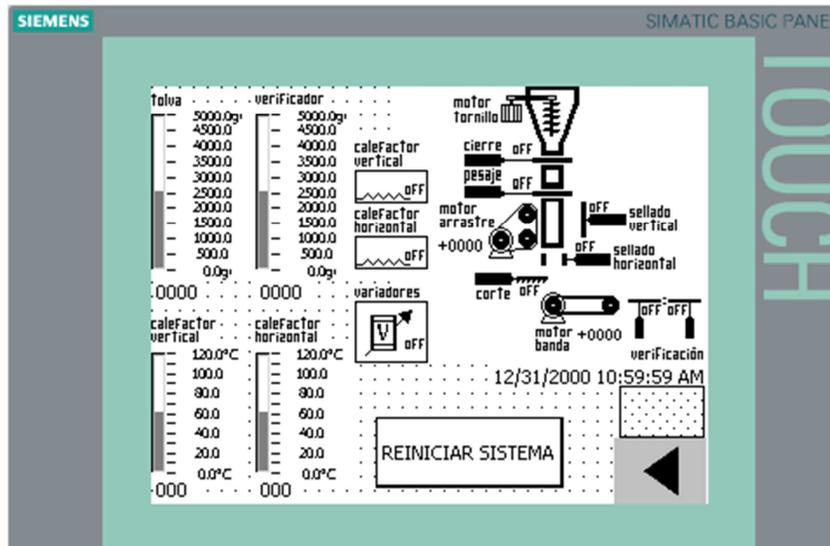
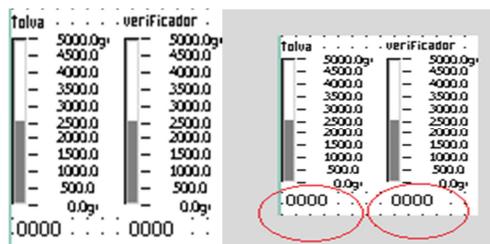


Figura 5.11. Pantalla de Información
Fuente Software TIA

La ventana contiene información de los distintos componentes que actúan y componen la máquina como temperatura, calibración del peso y rpm de los motores y así también los actuadores activos.

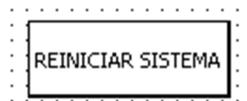
La diferencia de esta ventana a la anterior es que los distintos botones de los actuadores en la anterior ventana únicamente era de visualización y en esta ahora los botones están enlazados a variables en el PLC y permiten que los actuadores se activen o no, además selección de cantidades en los sensores de peso y la cantidad de rpm de los motores.



Los números ubicados bajo las tablas son utilizados para el despliegue de una ventana que contiene valores numéricos los mismos que se van a ingresar convirtiéndose en un setpoint de las cantidades en gramos límites a las que deberán medir los sensores de peso, dichos valores serán enviados al PLC desde HMI para su procesamiento.



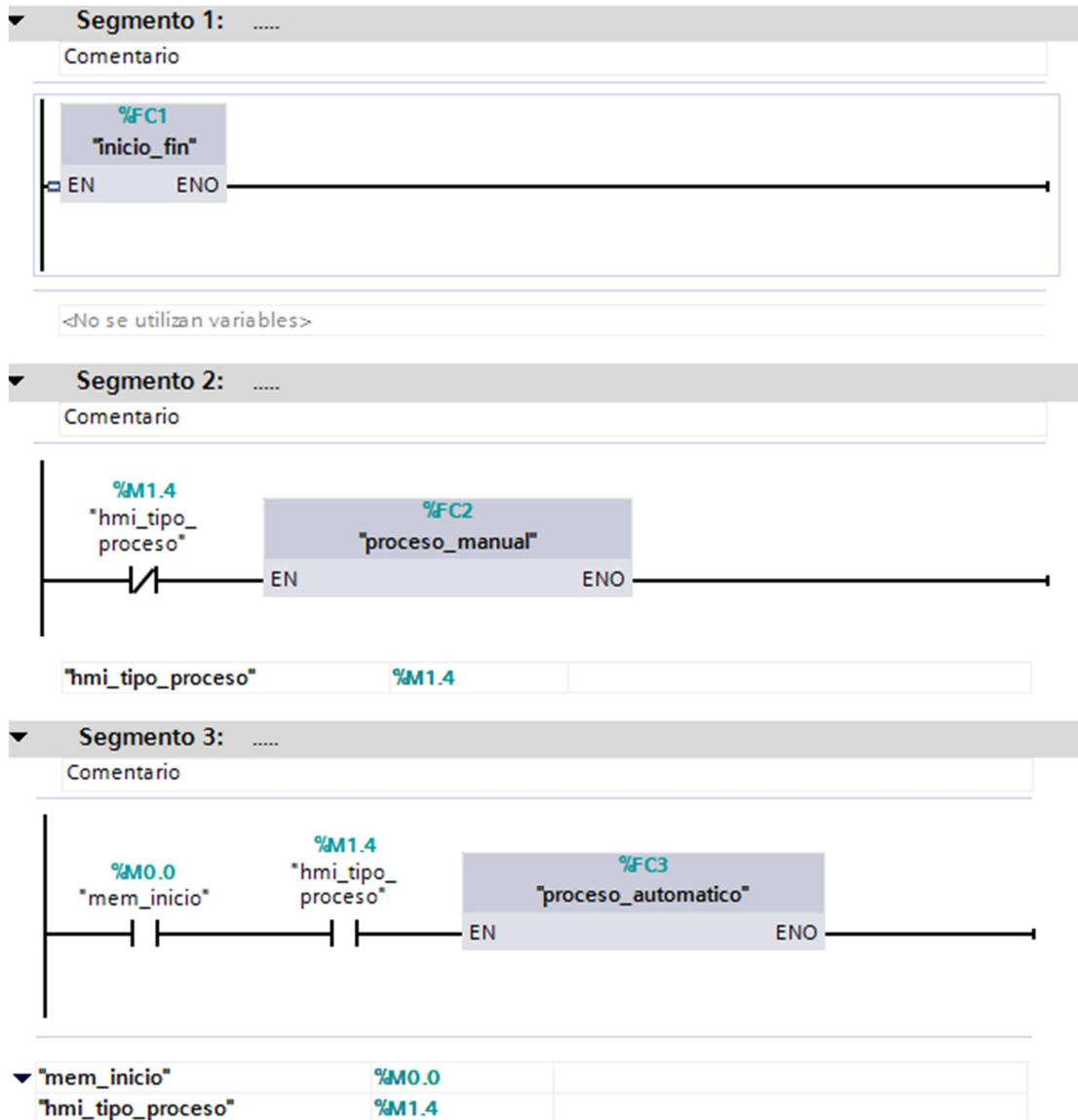
Los números ubicados junto al indicador de motor de arrastre son utilizados para el despliegue de una ventana que contiene valores numéricos los mismos que se van a ingresar convirtiéndose en un setpoint de las cantidades de rpm a las que deberá trabajar el motor en el sistema de arrastre, dichos valores serán enviados al PLC desde HMI para su procesamiento.



Este botón está unido a una variable que va al PLC permitiendo que todos los valores de configuración vuelvan a cero y el programa reinicie todo.

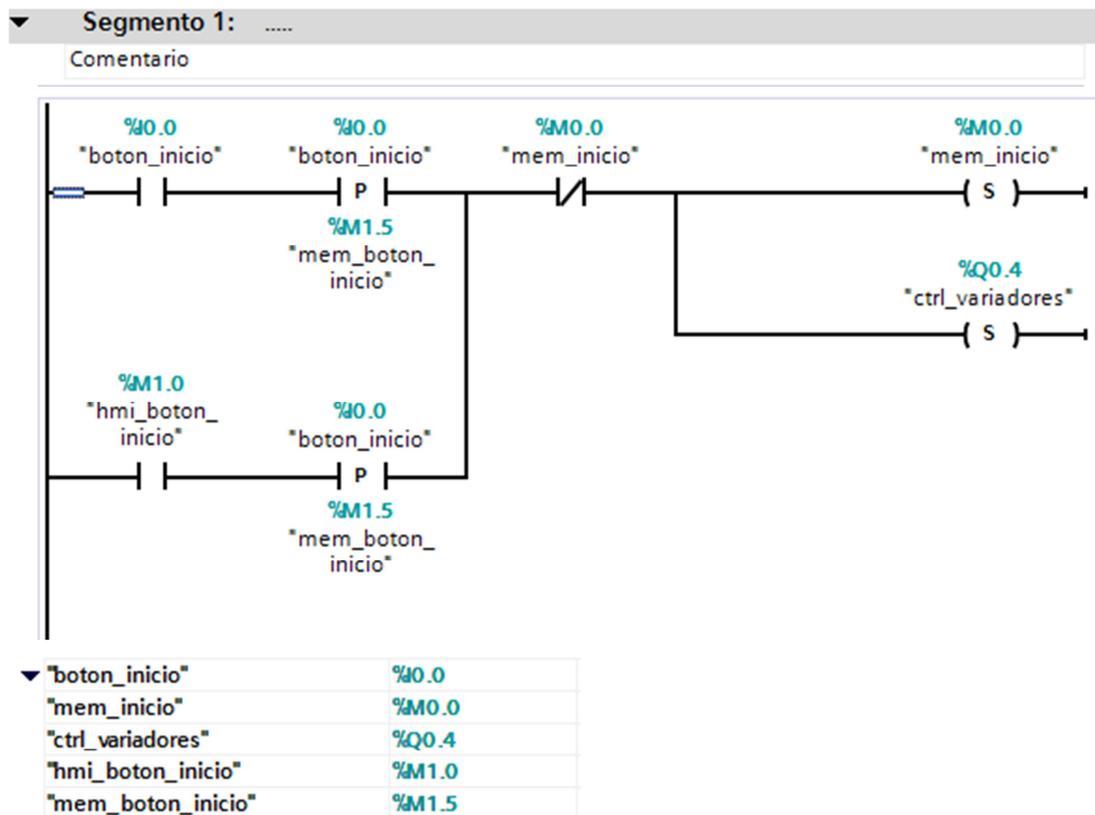
5.7. PROGRAMACIÓN

5.7.1. PRINCIPAL

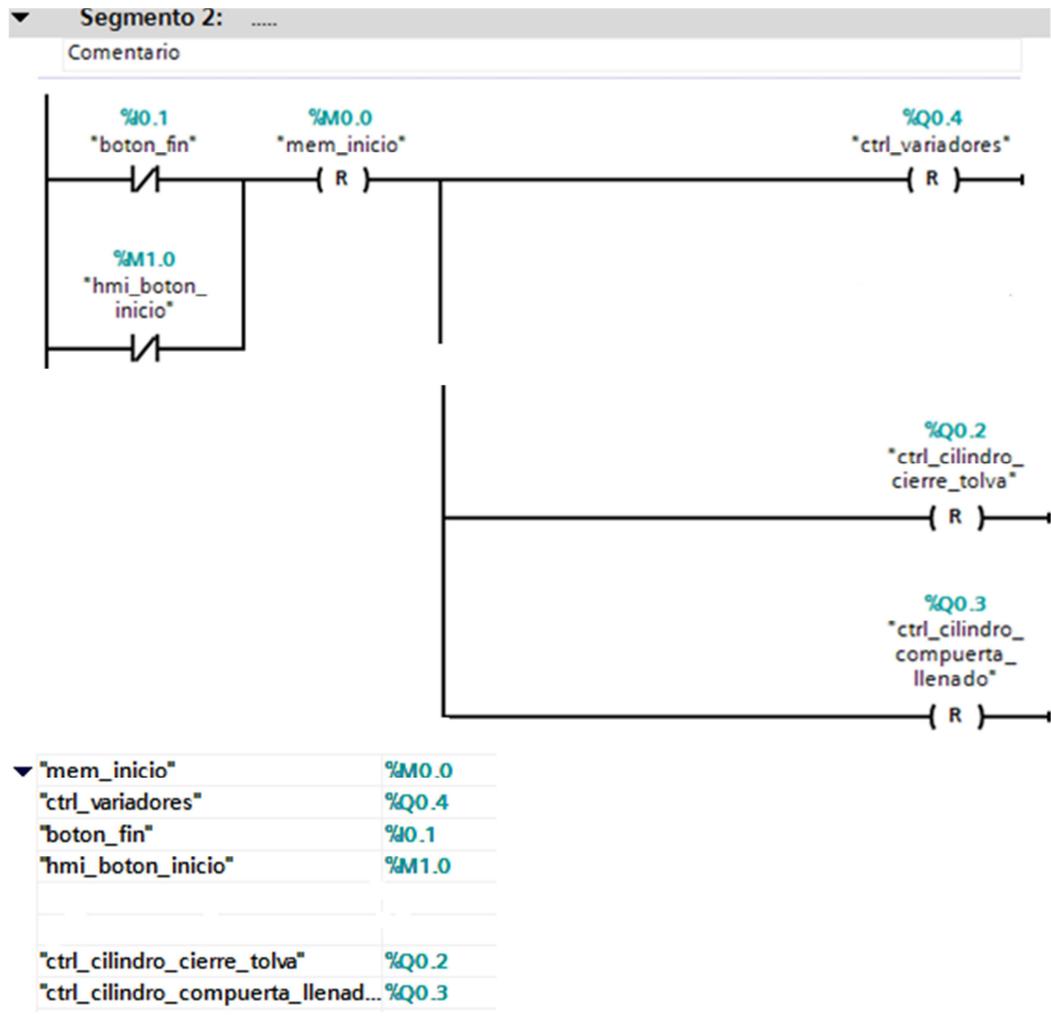


En esta parte del programa se observa un inicio almacenado en una memoria M0.0 así como se puede observar una memoria la misma que estará unida a la HMI en la que se selecciona el tipo de Proceso M1.4 el manual FC2 o el automático FC3.

5.7.2. INICIO -FIN

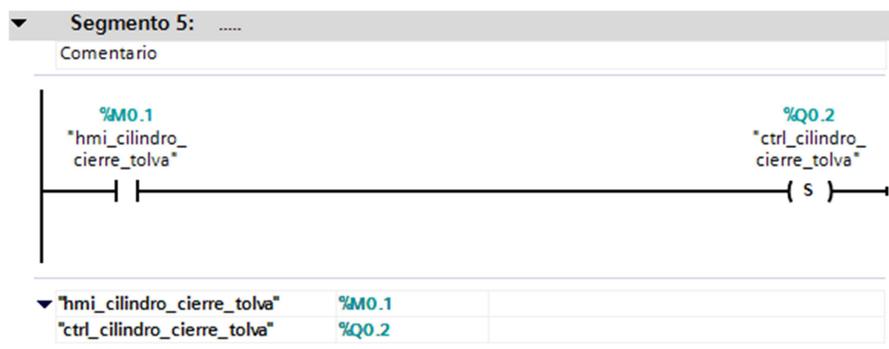


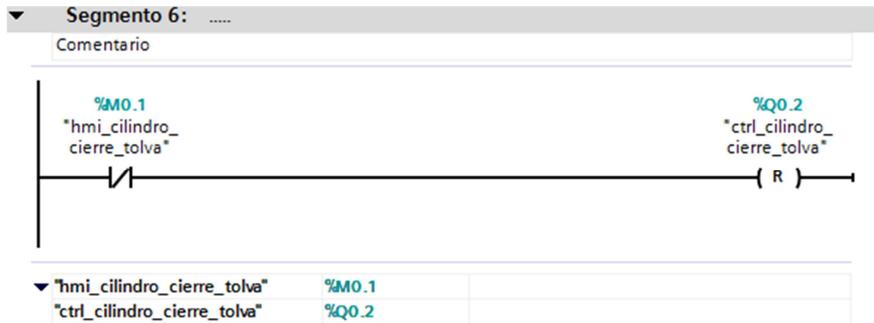
Se puede observar que el programa comprueba que mediante la entrada I0.0 inicia el proceso y quedándose guardada la acción en una memoria llamada M1.5, de la misma manera si se ingresa el valor desde la HMI se guarda en una memoria M1.0. Las memorias antes mencionadas se comparan entre si y si una está activa se guarda en la memoria M0.0 que posteriormente servirá para inicializar los distintos subprocesos.



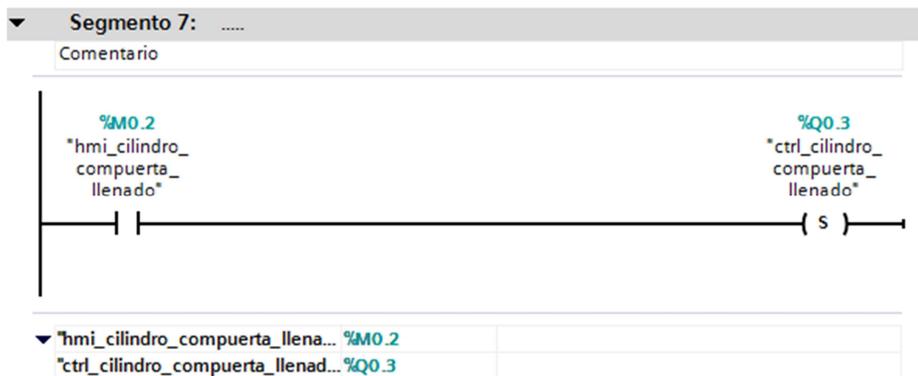
En esta parte del programa se comprueba las salidas a relay Q0.2 Q0.3 Q0.4 mediante la M0.0

5.7.3. PROCESO MANUAL

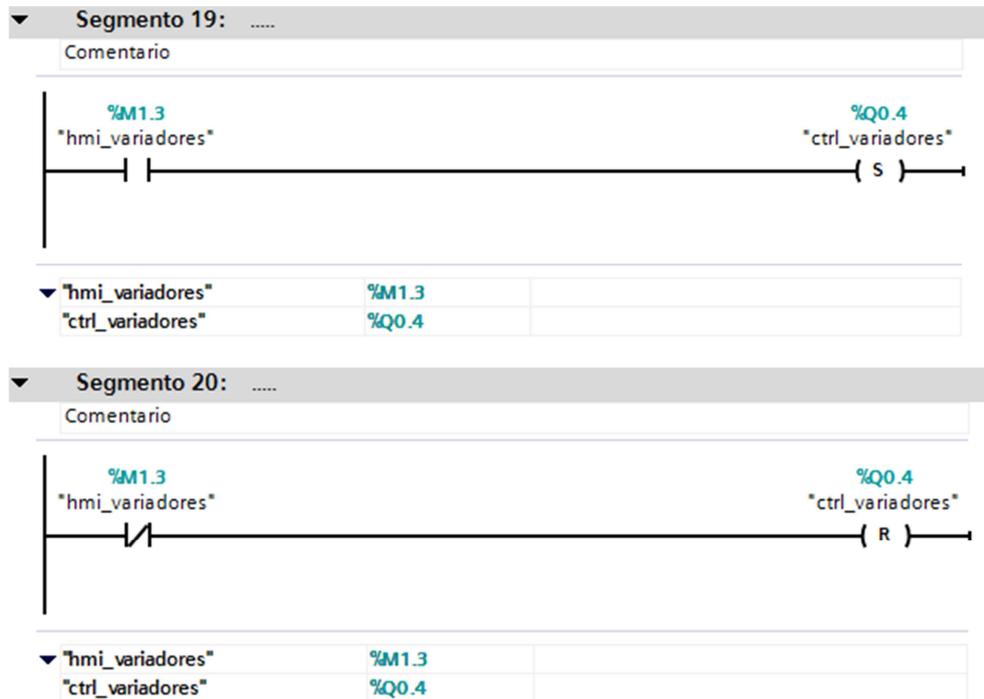




En esta parte del programa se activa la salida Q0.2 mediante el estado o la información que se ingrese por medio de la HMI sobre el cierre o no de la compuerta de distribución de la tolva guardado en la M0.1



En esta parte del programa se activa la salida Q0.3 mediante el estado o información que se ingrese por medio de la HMI sobre el cierre o no de la compuerta del sistema de pesaje guardado en la M0.2



En esta parte del programa activa la salida del PLC Q0.4 mediante el estado o la información que se ingrese por medio de la HMI sobre la activación o no del cilindro del sistema de sellado vertical guardado en la M1.3

Nota: El diagrama de conexiones eléctricas se encuentra en los ANEXOS

CAPÍTULO 6

6. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA, MONTAJE Y ANÁLISIS DE COSTOS

6.1. DISEÑO MECÁNICO

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Tolva Diseño1 Cilindro	5 days	06/12/10 08:00 AM	10/12/10 05:00 PM
Tolva Diseño 2 Cilindro	5 days	13/12/10 08:00 AM	17/12/10 05:00 PM
Seleccion Material	5 days	20/12/10 08:00 AM	24/12/10 05:00 PM
Seleccion Grosor	5 days	03/01/11 08:00 AM	07/01/11 05:00 PM

Figura 6.1. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

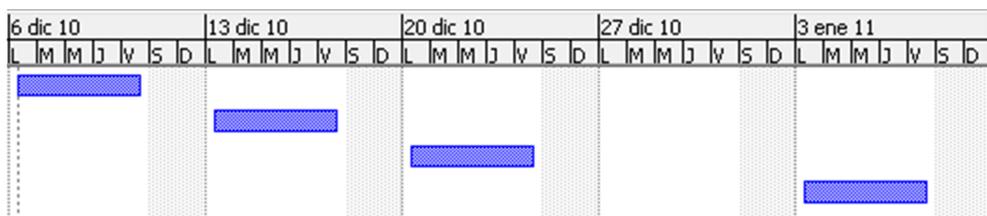


Figura 6.2. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Tolva Diseño1 Parte Cónica	5 days	09/01/11 05:00 PM	14/01/11 05:00 PM
Tolva Diseño2 Parte Cónica	5 days	17/01/11 08:00 AM	21/01/11 05:00 PM

Figura 6.3. Diagrama de Gantt diseño mecánico
Fuente: Software OpenProj

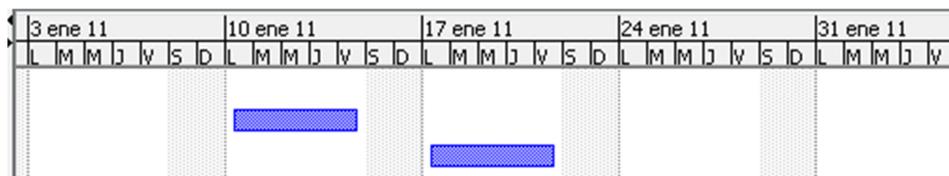


Figura 6.4. Diagrama de Gantt diseño mecánico
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Sistema Dosificador Diseño	5 days	23/01/11 05:00 PM	28/01/11 05:00 PM
Sistema Dosificador Diseño 2	5 days	31/01/11 08:00 AM	04/02/11 05:00 PM

Figura 6.5. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

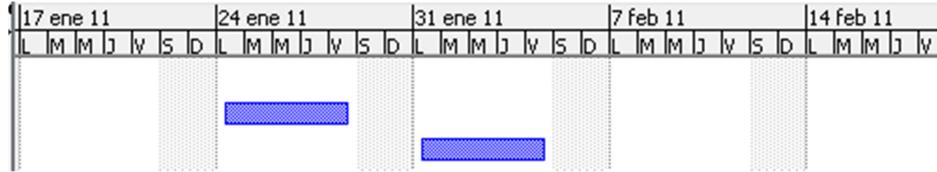


Figura 6.6. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Sistema de Pesado Diseño 1	5 days	07/02/11 08:00 AM	11/02/11 05:00 PM
Sistema de Pesado Diseño 2	5 days	14/02/11 08:00 AM	18/02/11 05:00 PM

Figura 6.7. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

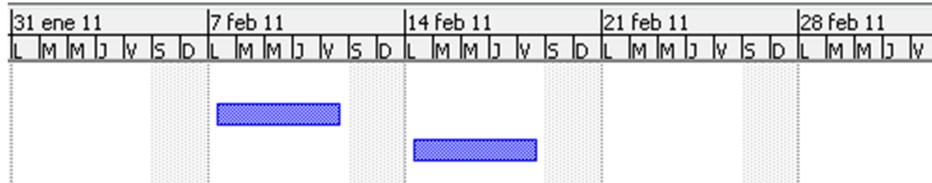


Figura 6.8. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Sistema Arrastre Diseño 1	5 days	21/02/11 08:00 AM	25/02/11 05:00 PM
Sistema Arrastre Diseño 2	5 days	28/02/11 08:00 AM	04/03/11 05:00 PM

Figura 6.9. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

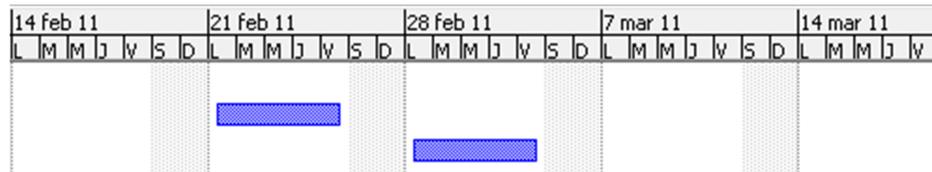


Figura 6.10. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duraci...	Inicio	Terminado
Cuello Formador Diseño 1	5 days	07/03/11 08:00 AM	11/03/11 05:00 PM
Cuello Formador Diseño 2	5 days	14/03/11 08:00 AM	18/03/11 05:00 PM
Cuello Formador Diseño 3	5 days	21/03/11 08:00 AM	25/03/11 05:00 PM
Cuello Formador Diseño 4	5 days	28/03/11 08:00 AM	01/04/11 05:00 PM

Figura 6.11. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

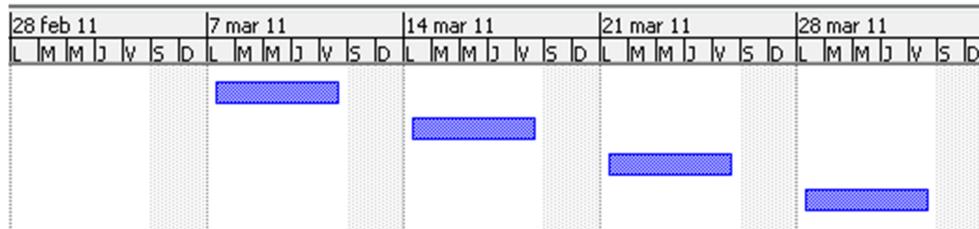


Figura 6.12. Diagrama de Gantt construcción
Fuente: Software OpenProj

6.2. CONSTRUCCIÓN

A continuación se detalla el material ocupado y el elemento realizado con el material empleado:

Para la construcción de: Tolva, Sistema de Compuertas de Válvulas, Sistema Pesaje, Cuello Formador y Tubo de Distribución, se utilizó **PLANCHAS ACERO INOXIDABLE AISI 304** .

Para transformar las planchas en los elementos antes mencionados se utilizó los siguientes elementos y las siguientes herramientas:

- El corte del Acero se realizó mediante plasma.
- Las sueldas del Acero se realizó mediante el sistema TIG, con el aporte 308 (Especial para acero AISI 304-304L-308-308L) con electrodo de tungsteno (Acabado mejorado).
- Para la suelda se utilizó Gas de Protección Argon 100%.
- El valorado de los cilindros y del cono se lo realizó en una valoradora de tres ejes manual.
- El proceso de pulido se realizó con lija número 120,150 y 180 con disco de barajas.
- La limpieza se realizó con acido de limpieza wurd para suelda.

NOTA: Para la construcción de la tolva, la soldadura se hizo por los dos lados interno y externo se dividió en tres partes y luego se unió.



Figura 6.13. Construcción Tolva, Sistema de compuertas de válvulas, Sistema pesaje, Cuello formador y Tubo de distribución
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Para unir a los distintos elementos de la máquina en una estructura se utilizó **TUBO CUADRADO DE 2mm.**

Para transformar al tubo en la estructura se utilizó los siguientes elementos y las siguientes herramientas:

- El corte se realizó con moladora de 7 pulgadas con disco de corte de 3mm.
- Las sueldas del tubo se realizaron mediante el sistema MIG, con alambre 70s de 8mm (equivalente a electrodo 6011).
- En la suelda se uso gas de protección Indurmig CO2 80% y argón 20%(Permite tener cordón de suelda más delgado).



Figura 6.14. Estructura de la máquina
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Para la construcción del tornillo sin fin se utilizó **PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304** y **EJE DE 1" AISI 304**.

Para transformar las planchas y el eje en el tornillo se utilizó los siguientes elementos y las siguientes herramientas:

- El corte del Acero se realizó mediante plasma.
- Las sueldas del Acero se realizó mediante el sistema TIG, con el aporte 308 (Especial para acero AISI 304-304L-308-308L) con electrodo de tungsteno (Acabado mejorado).
- Para la suelda se utilizó Gas de Protección Argon 100%.
- El valorado de los cilindros y del cono se lo realizo en una valoradora de tres ejes manual.
- El proceso de pulido se realizó con lija numero 120,150 y 180 con disco de barajas.
- La limpieza se realizó con ácido de limpieza wurd para suelda.



Figura 6.15. Tornillo sin fin
Fuente: Autor (Germán Vaca)

Para el sistema de arrastre y tensor de papel se utilizó **EJE DE 1" AISI 4340 Y EJE AISI 304.**

- La rectificación de los ejes y de los rodillos se los realizo en el torno



Figura 6.16. Sistema de arrastre y tensor de papel
Fuente: Autor (Germán Vaca)

A continuación se detalla cada uno de los procesos realizados para la fabricación de los elementos de la máquina y posteriormente los diagramas de tiempos de fabricación y secuencias de trabajo.

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Tolva Corte Cilindro	3 days	04/07/11 08:00 AM	06/07/11 05:00 PM
Tolva Corte Cónico	2 days	06/07/11 05:00 PM	08/07/11 05:00 PM
Doblado y Soldado Cilindro	2 days	11/07/11 05:00 PM	13/07/11 05:00 PM
Doblado y Soldado Cónico	2 days	14/07/11 08:00 AM	15/07/11 05:00 PM
Soldado Cilindro-Cónico	2 days	18/07/11 08:00 AM	19/07/11 05:00 PM
Pulido Tolva	3 days	20/07/11 08:00 AM	22/07/11 05:00 PM
Limpieza	1 day	25/07/11 08:00 AM	25/07/11 05:00 PM

Figura 6.17. Diagrama de Gantt construcción tolva material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

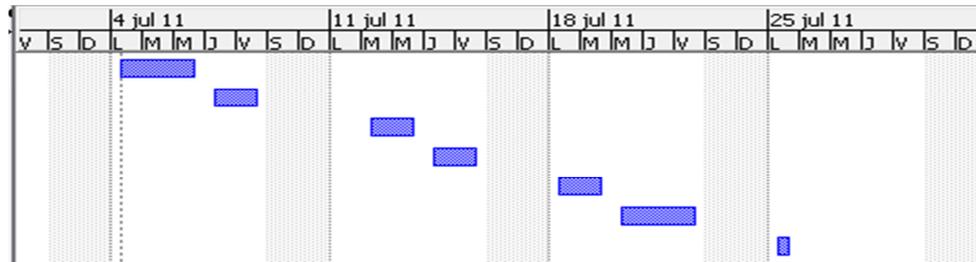


Figura 6.18. Diagrama de Gantt construcción tolva material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Sistema Dosificador Corte	5 days	26/07/11 08:00 AM	01/08/11 05:00 PM
Doblado	1 day	02/08/11 05:00 PM	03/08/11 05:00 PM
Soldado	2 days	04/08/11 08:00 AM	05/08/11 05:00 PM
Pulido	3 days	08/08/11 08:00 AM	10/08/11 05:00 PM
Limpieza	1 day	11/08/11 08:00 AM	11/08/11 05:00 PM

Figura 6.19. Diagrama de Gantt construcción válvulas material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

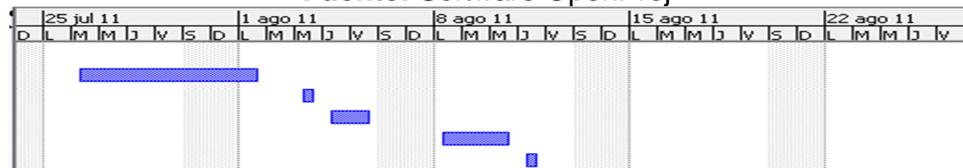


Figura 6.20. Diagrama de Gantt construcción válvulas material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Sistema Dosificador 2 Corte	5 days	15/08/11 08:00 AM	19/08/11 05:00 PM
Doblado	1 day	22/08/11 05:00 PM	23/08/11 05:00 PM
Soldado	2 days	24/08/11 08:00 AM	25/08/11 05:00 PM
Pulido	3 days	26/08/11 08:00 AM	30/08/11 05:00 PM
Limpieza	1 day	31/08/11 08:00 AM	31/08/11 05:00 PM

Figura 6.21. Diagrama de Gantt construcción válvulas material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

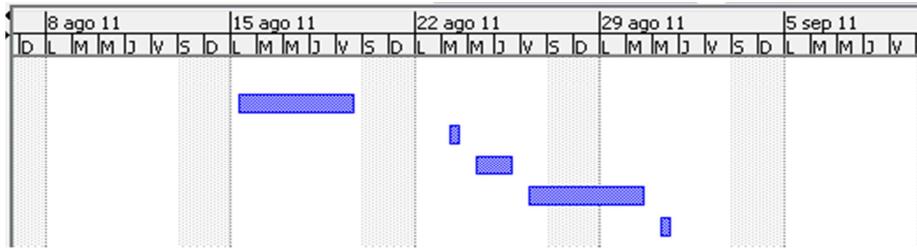


Figura 6.22. Diagrama de Gantt construcción válvulas material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Sistema Pesado Corte	5 days	05/09/11 08:00 AM	09/09/11 05:00 PM
Doblado	1 day	11/09/11 05:00 PM	12/09/11 05:00 PM
Soldado	2 days	13/09/11 08:00 AM	14/09/11 05:00 PM
Pulido	3 days	15/09/11 08:00 AM	19/09/11 05:00 PM
Limpieza	1 day	20/09/11 08:00 AM	20/09/11 05:00 PM

Figura 6.23. Diagrama de Gantt construcción material AISI 304.
Fuente: Software OpenProj

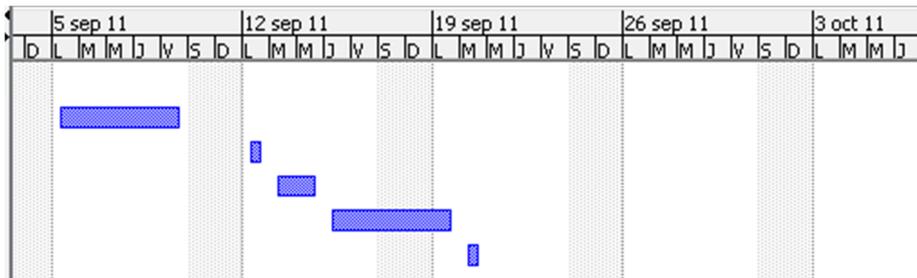


Figura 6.24. Diagrama de Gantt construcción material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Sistema Arrastre Corte de ejes	1 day	21/09/11 08:00 AM	21/09/11 05:00 PM
Torneado de ejes	1 day	22/09/11 08:00 AM	22/09/11 05:00 PM
Maquinado Rodillos	1 day	23/09/11 08:00 AM	23/09/11 05:00 PM
Torneado de Rodillos	1 day	26/09/11 08:00 AM	26/09/11 05:00 PM

Figura 6.25. Diagrama de Gantt construcción del sistema de arrastre material acero705 y caucho.
Fuente: Software OpenProj

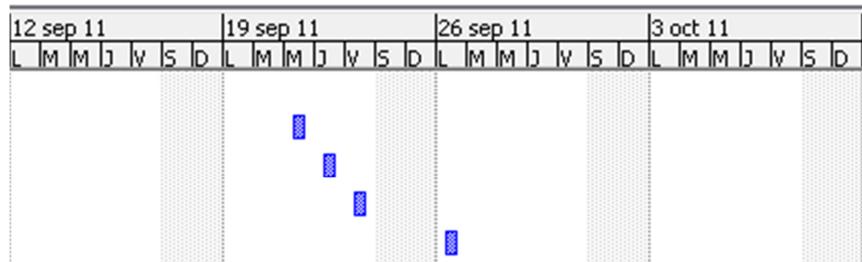


Figura 6.26. Diagrama de Gantt construcción del sistema de arrastre material acero705 y caucho.

Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Cuello Formador Corte	1 day	27/09/11 08:00 AM	27/09/11 05:00 PM
Doblado	10 days	28/09/11 05:00 PM	12/10/11 05:00 PM
Pulido	3 days	15/10/11 08:00 AM	19/10/11 05:00 PM
Limpieza	1 day	20/10/11 08:00 AM	20/10/11 05:00 PM

Figura 6.27. Diagrama de Gantt construcción cuello formador material AISI 304

Fuente: Software OpenProj

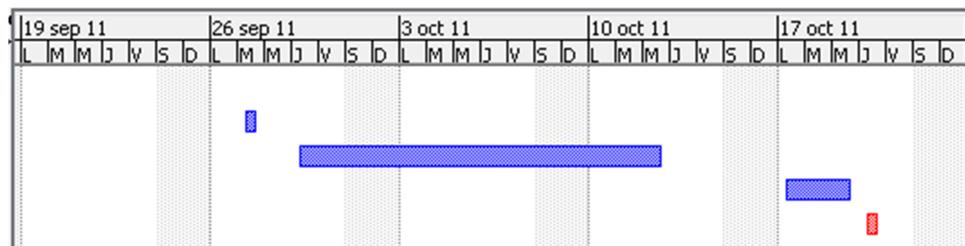


Figura 6.28. Diagrama de Gantt construcción cuello formador material AISI 304

Fuente: Software OpenProj

Nombre	Duración	Inicio	Terminado
Tornillo Sin Fin Corte de eje	1 day	21/10/11 08:00 AM	21/10/11 05:00 PM
Torneado de eje	1 day	21/10/11 08:00 AM	21/10/11 05:00 PM
Corte Aspas	1 day	22/10/11 08:00 AM	24/10/11 05:00 PM
Soldado de Aspas	1 day	24/10/11 08:00 AM	24/10/11 05:00 PM
Corte Espiras	5 days	25/10/11 08:00 AM	31/10/11 05:00 PM
Soldado de Espiras	10 days	01/11/11 08:00 AM	14/11/11 05:00 PM

Figura 6.29. Diagrama de Gantt construcción material AISI 304

Fuente: Software OpenProj

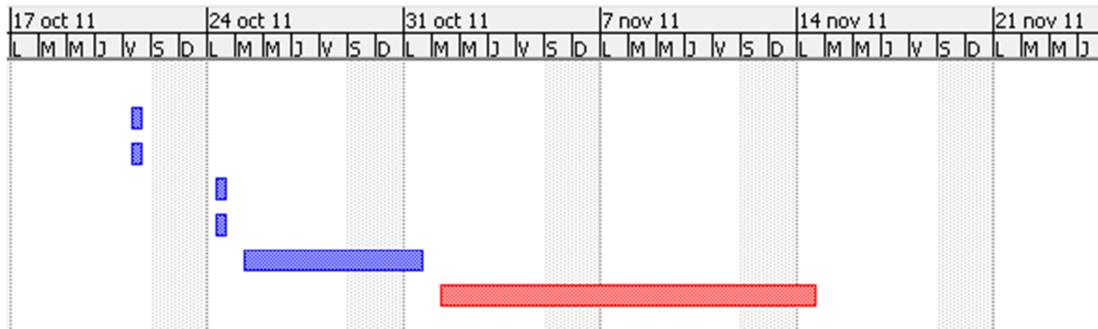


Figura 6.30. Diagrama de Gantt construcción material AISI 304
Fuente: Software OpenProj

6.3. MONTAJE TOLVA

Para el montaje de la tolva a la estructura principal se realizó los siguientes pasos:

- Se soldó a la tolva soportes en cuatro puntos equidistantes.
- Los soportes fueron colocados en escuadra de acuerdo al Manual de Montaje.
- Los soportes fueron unidos a la tolva con el mismo proceso de soldadura.
- En el borde superior de la tolva se realizó un dobles y soldadura para no dejar un filo cortante en la tolva y evitar accidentes laborales.



Figura 6.31 .Montaje tolva
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.4. MONTAJE SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Para el montaje del sistema dosificador que detendrá el flujo de panela al sistema de pesaje se tomó en cuenta que éste debe ser removido fácilmente, por lo tanto quedó de la siguiente manera:

- Este sistema descansa en un extremo sobre unos soportes de tubo rectangular de 25x50x2 mm soldados a la estructura principal.
- La parte de la compuerta se encuentra unido al vástago del cilindro neumático por un tornillo.
- La base del cilindro neumático será empernado a la estructura principal.
- Los soportes soldados utilizando una Suelda MIG.



Figura 6.32. Montaje sistema de dosificación
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.5. MONTAJE DEL SISTEMA DE PESAJE

Para el montaje del sistema de pesaje que pesará y evacuará la cantidad configurada de panela se tomó en cuenta que éste debe ser removido fácilmente, por lo tanto quedó de la siguiente manera:

- Este sistema en el extremo frontal descansa sobre una celda de carga y ésta a su vez se encuentra unida por pernos a un soporte de tubo rectangular de 25x50x2 mm el mismo que está soldado a la estructura principal.
- Este sistema en el extremo trasero trasversal al anterior descansa sobre otra celda de carga y ésta a su vez se encuentra unida por pernos a un soporte de tubo rectangular de 25x50x2 mm el mismo que está soldado a la estructura principal.
- Para evitar un desalineamiento del sistema o error de medición se colocó en la parte frontal un ángulo de acero y ésta a su vez se encuentra soldado

a un soporte de tubo rectangular de 25x50x2 mm el mismo que está soldado a la estructura principal.

- La parte de la compuerta se encuentra unido al vástago del cilindro neumático por un tornillo
- La base del cilindro neumático será empernado a la estructura principal.
- Soportes soldados utilizando una suelda MIG.



Figura 6.33. Montaje 1 Sistema de dosificación
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.6. MONTAJE SISTEMA DE ARRASTRE

Para el montaje del sistema de arrastre de material a la estructura principal se realizó los siguientes pasos:

- Se unió a los ejes de arrastre unas chumaceras de diámetro interno de 1 pulgada.
- En un extremo se ubicó los rodillos de arrastre previamente torneados y en el otro extremo las poleas de transmisión.
- Para montar los ejes se unió las chumaceras con pernos a unos soportes de tubo rectangular de 25x50x2 mm, los mismos que están soldados a la estructura principal.
- Para montar el motor del sistema se unió a una platina con pernos y ésta a su vez se soldó a unos soportes de tubo rectangular anteriormente detallados.
- Soportes soldados utilizando una suelda MIG.

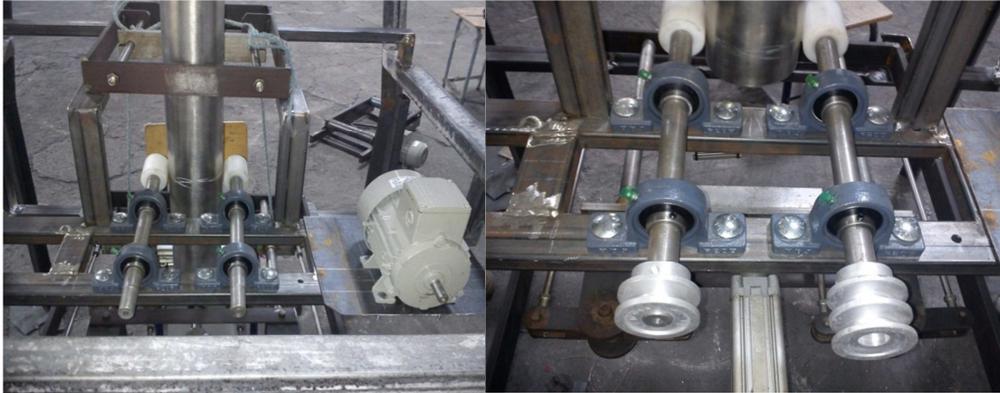


Figura 6.34. Montaje 1 Sistema de arrastre
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.7. MONTAJE DEL CUELLO FORMADOR

Para el montaje del cuello formador a la estructura principal se realizó los siguientes pasos:

- El cuello formador descansa sobre unos soportes de acero inoxidable y éstos a su vez mediante pernos se unió a unos soportes de tubo rectangular de 25x50x2 mm, los mismos que están soldados a la estructura principal.
- Para los soportes de tubo rectangular al soldarlos se utilizó una suelda MIG.



Figura 6.35. Montaje 1 Cuello formador
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.8. MONTAJE TORNILLO SIN FIN

Para el montaje del tornillo sin fin a la tolva se realizó los siguientes pasos:

- Creación de dos chaquetas tu tubo de **ACERO AISI 304**, que recubren a dos rodamientos de diámetro interior 1", una será ubicada en la parte inferior y otra en la parte superior.
- Se soldó **TRES EJES DE ACERO DE 1/2" AISI 304** equidistantes entre sí a cada una de las chaquetas.
- Para unir los ejes a la tolva, se soldó tres soportes equidistantes con un agujero de 1/2" en el centro, los ejes con rosca al final para de esta manera introducirlo por los agujeros de los soportes y asegurarlos con una tuerca.
- Para el movimiento del tornillo sin fin se montó una polea de transmisión
- Para las soldaduras se utilizó el mismo proceso que el utilizado para la tolva.



Figura 6.36. Montaje 1 Tornillo sin fin
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.9. PINTURA DE ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Para el recubrimiento de la estructura de la máquina se utilizó pintura y fondo de pintura **POLIAMIDA**, que es la utilizada para elementos que no sean de acero inoxidable y estén en un proceso de contacto con alimentos.

Este recubrimiento de **POLIAMIDA** es el que actualmente se utiliza en hospitales.



Figura 6.37. Pintura estructura
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.10. MONTAJE SISTEMA NEUMÁTICO

Para el montaje del sistema neumático se necesitó los siguientes elementos:

- Entrada macho al ingreso del filtro del sistema, para la conexión con la salida de la manguera del compresor.
- Reducción de 1/2" a 5/8" para la salida del filtro del sistema.
- Manguera de 5/8".
- Conectores de 5/8" para los cilindros neumáticos y electroválvulas.
- T de unión de manguera de 5/8".



Figura 6.38. Montaje 2 Sistema neumático
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)

6.11. MONTAJE TABLERO DE CONTROL DEL PLC

Este tablero de control está montado sobre una mesa que se encuentra a medio metro del lado izquierdo de la máquina, esta ubicación se dio considerando que

no perturbe a la producción continua de la máquina y además que no impida visualizar el trabajo que realiza con la finalidad que el operario pueda tener un control del proceso, hay que tomar en cuenta que el tablero de control se encuentra separado del tablero de potencia.

Para el montaje del tablero de control se realizó los siguientes pasos:

- Se ubicó los elementos del PLC sobre un riel din.
- Se revisó la arquitectura de montaje de Siemens sobre sus componentes quedando de la siguiente manera: PLC – Expansión 1212-Expansión Analógica, estando ubicados en ese orden de izquierda a derecha.
- Para proteger las salidas del PLC se colocó relays externos de 24v con el fin de si existe una falla sea afectado este y no el del PLC.
- Para el montaje de los relays externos se utilizó porta relays de riel din.
- Sobre la alimentación del relay externo se ubicó un diodo en antiparalelo cuya función principal es evitar que las voltajes de regreso que son picos sumamente altos afecten a los componentes.
- Para la protección del sistema se utilizó contactor trifásico y 2 fusibles de 110 y sus porta fusibles de riel din.



Figura 6.39. Montaje1 Tablero de control del PLC
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)

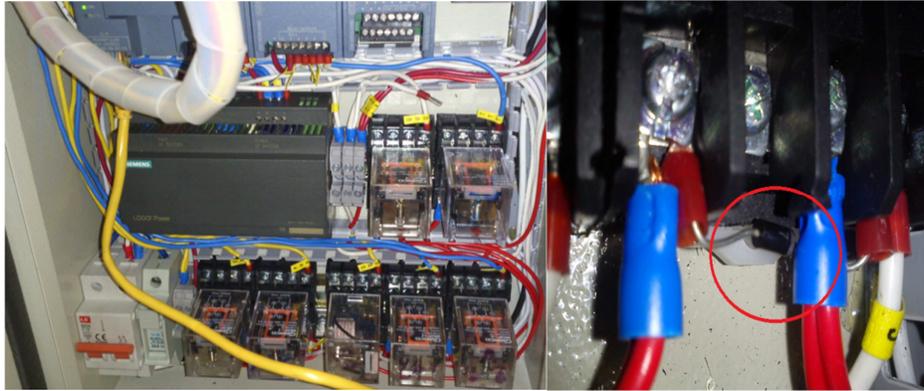


Figura 6.40. Montaje 2 Tablero de control del PLC
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)

6.12. MONTAJE MOTORES Y SU TABLERO DE CONTROL

Para el montaje de los motores y su tablero de control se realizó los siguientes pasos:

- Se abrió la caja de configuración de los motores y se colocó en bajo voltaje.
- El motor de la tolva se montó la altura de la entrada de la misma sobre un ángulo de 1", se unió mediante pernos.
- El motor del sistema de arrastre se montó sobre una platina como se mencionó.
- A los variadores se montó sobre un riel din y este a su vez sobre el tablero de control.



Figura 6.41. Montaje de motores
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)



Figura 6.42. Montaje del tablero de control de los motores
Fuente: Autores (Germán Vaca, Gabriela León)

6.13. ANALISIS DE COSTOS

6.13.1. COSTOS DE CONSTRUCCION

En este capítulo se procede a detallar los costos de la fabricación del proyecto.

Para lo cual se dividen en costos directos y costos indirectos.

6.13.1.1. Costos directos

Estos costos son los invertidos en la construcción de la tolva principal, tornillo sin fin, válvulas de sellado y pesado además del sistema de arrastre.

MATERIAL MECANICO	cant	Valor unit	Valor total
PLANCHA AISI 304 DE 2mm	2	268.8	537.6
PLANCHA AISI 304 DE 3mm	1/3	312	104
EJE DE 1" AISI 304	5m	30	150
EJE DE 1/2" AISI 304	2m	7.5	15
EJE DE 1" AISI 4340	2m	18	36
TUBO CUADRADO 2" X 2mm A36	18m	4.15	74.7
CHUMACERAS DE 1" DE RADIO	10	9	90
RESORTES	8	1.5	12
SUJETADORES GALVANIZADOS 3/8"	4	1.8	7.2
BUJES VULCANIZADOS	4	20	80
TUBO 4" AISI 304	1m	120	120
NYLON	0.2m	20	20
RODAMIENTOS DE 1"	2	6	12
POLEA 4"	1	5	5
POLEAS 2"	4	3	12
BANDA TIPO V A29	1	4	4
BANDA TIPO V A35	1	4.5	4.5
PLATINA DE 1"1/4 X 1/4 AISI 304	1m	20	20

PLATINA DE 1"X 3/8 AISI 304	1m	16	16
PLANCHA A36 0 .5m x 0.4m x0.03m		12	12
RODAMIENTOS DE 1" AISI 304	2	14	28
PÈRNOS 3/8 x 3" CON TUERCAS Y RODELAS AISI 304	6	0.8	4.8
PÈRNOS 1/2 x 1 1/2" CON TUERCAS Y RODELAS GALVANIZADOS	5	.4	2
PÈRNOS 1/4" X 1" CON TUERCAS Y RODELAS	5	.3	1.5
PRISIONEROS M4	6	.3	1.8
PÈRNOS 3/8" X 1 1/2" CON TUERCAS Y RODELAS	4	.4	1.6
		TOTAL	1371.7

Tabla 6.1. Costos directos.
Fuente: Autor (Germán Vaca)

En el medio los procesos de soldadura especiales como la TIG, MIG y el corte por plasma se cobra por centímetro lineal por lo tanto tenemos los siguientes costos:

PROCESO	CANTIDAD EN CM	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
TIG	960	0.9	1066.7
MIG	200	0.1	20
PLASMA	2110	0.15	316.5
		TOTAL	1403.2

Tabla 6.2. Costos de mecanizado
Fuente: Autor (Germán Vaca)

MAQUINA	TIEMPO (h)	COSTO (h)	COSTO TOTAL
MAQUINARIA PEQUEÑA	25	2.5	62.5
ENSAMBLAJE	160	4	640
PULIDO, LIMPIEZA, PINTURA, ETC	40	2.5	100
		TOTAL	802.5

Tabla 6.3. Costos de ensamblaje
Fuente: Autor (Germán Vaca)

6.13.1.2. Costos Indirectos

Estos costos son los que no intervienen en la fabricación o construcción de la máquina y son las derivaciones de los costos directos.

DETALLES	CANTIDAD	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
FONDO POLIAMIDA	4LT	15	60
PINTURA POLIAMIDA	4 LT	30	120
LIJAS	15	0.25	3.75
DISCOS DE CORTE Y PULIDO	8	3.5	28
DESOXIDANTE	4 LT	3	12
LIMPIADOR QUIMICO	4 LT	15	60
TOTAL			283.75

Tabla 6.4. Costos indirectos
Fuente: Autor (Germán Vaca)

RUBRO	COSTO TOTAL
COSTOS DE MATERIALES MECANICOS Y NORMALIZADOS	1386.7
COSTOS DE MECANIZADO	1403.2
COSTOS DE ENSAMBLE	802.5
COSTOS INDIRECTOS	283.75
TOTAL	3861.15

Tabla 6.5. Costo total
Fuente: Autor (Germán Vaca)

ELEMENTOS NEUMATICOS

MATERIAL	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
CILINDRO NEUMATICO	4	80	320
CILINDRO NEUMATICO	1	110	110
CILINDRO NEUMATICO	1	60	60
CILINDRO NEUMATICO	1	90	90
MANGUERA	20	0.50	10
ELECTROVALVULAS 5/2	7	60	420
ACOPLES TIPO T	7	3	210
ACOPLES REDUCTORES	2	3	6
UNIDAD DE MANTENIMIENTO	1	70	70
TOTAL			1296

Tabla 6.6. Costo elementos neumáticos.
Fuente: Autor (Germán Vaca)

CAPÍTULO 7

7. PRUEBAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

En este capítulo se detalla todos los sistemas de los que está compuesta la máquina, con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento se ha desarrollado una serie de pruebas, para poder determinar posibles amenazas, errores y ver el comportamiento tanto individual como en conjunto.

Para la evaluación de los distintos sistemas se han tomado los aspectos siguientes:

- Ensamblaje del sistema mecánico, neumático y eléctrico.
- Material de empaque
- Dosificación
- Arrastre del material de empaque.
- Rendimiento

7.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN VACIO

Para determinar el correcto funcionamiento del sistema y realizar las pruebas necesarias se ha determinado en cada uno de los sistemas construidos o implementados probar su correcto desempeño.

7.1.1. ENSAMBLAJE

- Revisar que todos los elementos que conforman la máquina se encuentren en el lugar correcto.
- Revisar si existe partes móviles que presenten dificultades para el funcionamiento de la máquina.
- Revisar si la lubricación de la máquina es la correcta.
- Revisar si la presión de aire no produce fugas y el sistema de cañerías, uniones y T se encuentran en perfecto estado.

- Revisar si las instalaciones eléctricas y electrónicas estén conectadas correctamente.

7.1.2. DOSIFICACIÓN

- Revisar si el mecanismo de dosificación es correcto, es decir, el tornillo gira sin inconvenientes
- Revisar si las compuertas abren y cierran perfectamente.

7.1.3. MATERIAL DE EMPAQUE (MOVIMIENTO MANUAL)

- Probar si el material de empaque queda centrado correctamente y encaja sin problemas en el cuello formador.
- Probar si el cuello formador funciona correctamente y no produce daños o son poco notables en el material de empaque y el producto está listo para ser empacado.

7.1.4. ARRASTRE DEL MATERIAL DE EMPAQUE (MOVIMIENTO MANUAL)

- Revisar la tracción del material de empaque si es arrastrado correctamente sin dañarlo con la acción de los dos rodillos.
- Revisar si el avance es exacto del material de empaque y no existe variación en la dimensión del material de empaque de funda a funda.

7.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA

Para determinar el correcto funcionamiento del sistema y realizar las pruebas necesarias se ha determinado en cada uno de los sistemas construidos o implementados probar su correcto desempeño.

7.2.1. DOSIFICACIÓN

- Revisar si los mecanismo de dosificación como son el tornillo sin fin gira a las rpm indicadas.
- Revisar si la presión seleccionada permite la apertura o cierre sin dificultad y en un tiempo prudente.
- Revisar si se produce el pesaje.

7.2.2. MATERIAL DE EMPAQUE

- Probar si el material de empaque queda centrado correctamente y encaja sin problemas en el cuello formador.
- Probar si el cuello formador funciona correctamente y no produce daños o son poco notables en el material de empaque y el producto está listo para ser empacado.

7.2.3. ARRASTRE DEL MATERIAL DE EMPAQUE

- Revisar si las rpm son las indicadas y permiten la tracción correcta del material de empaque si es arrastrado correctamente sin dañarlo con la acción de los dos rodillos.
- Revisar si el avance es exacto del material de empaque y no existe desalineamiento.

7.3. ANÁLISIS Y CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS

7.3.1. ANÁLISIS TORNILLO DE DOSIFICACIÓN.

Inicialmente se tuvo inconvenientes con el correcto funcionamiento del tornillo ya que no se tomó en cuenta que el tornillo tendría la reacción excéntrica hacia afuera pero se corrigió ubicando un seguro debajo de un rodamiento del soporte.

Elemento	Problema	Solución	Pruebas
Tornillo Sin Fin	Cabeceo	Rectificación de eje	1
Tornillo Sin Fin	Cabeceo	Sujeción con abrazaderas	1
Tornillo Sin Fin	Cabeceo	Poner sujeción de un rodamiento	4

Tabla 7.1. Pruebas tornillo de dosificación

Fuente: Autor (Germán Vaca)

La solución fue encontrada a las 6 pruebas realizadas.

7.3.2. ANÁLISIS DEL CERRADO DE LAS VÁLVULAS (DOSIFICACIÓN Y PESADO)

Esta parte del proyecto estuvo en el correcto alineamiento de las cuchillas o placas de cierre y en el cuidado de la lubricación, pero al igual que en el tornillo esto se lo resolvió de una manera sencilla.

Elemento	Problema	Solución	Pruebas
Válvula Dosificación	No cerrado	Pulir	1
Válvula Dosificación	No cerrado No apertura	Alinear	2
Válvula Dosificación	No cerrado No apertura	Mover 5mm	2
Válvula Dosificación	No cerrado neumático	Pulir limpieza	4

Tabla 7.2. Pruebas válvula dosificación

Fuente: Autor (Germán Vaca)

La solución fue encontrada a las 9 pruebas realizadas.

Elemento	Problema	Solución	Pruebas
Válvula Pesaje	No cerrado	Pulir Limpieza	3

Tabla 7.3. Pruebas válvula pesaje

Fuente: Autor (Germán Vaca)

La solución fue encontrada a las 9 pruebas realizadas.

7.3.3. ANÁLISIS CUELLO FORMADOR

Esta etapa del proyecto fue la más compleja del proyecto junto con la del arrate del plástico ya que se debió fabricar más de tres prototipos de este cuello.

Para poder llegar a una correcta formación de la funda debe estar en perfecta sincronía el arrate del plástico con el sellado vertical para evitar estos problemas.

Ya que este tipo de partes mecánicas son difíciles de fabricarlas con resultados óptimos y al ser hecha personalmente llevó mucho tiempo para lograr un resultado aceptable.

Elemento	Problema	Solución	Pruebas
Cuello Formador	Forma Conos	Aumentar ángulo de curva	3
Cuello Formador	Forma Conos	Aumentar largo	2
Cuello Formador	Forma Conos	Cambio modelo	1
Cuello Formador	No forma Cilindro	Cambia curva de recepción	2
Cuello Formador	No forma Cilindro	Cambio modelo	1
Cuello Formador	Desliza más por un lado	Igualar curvas	4

Tabla 7.4. Pruebas válvula pesaje

Fuente: Autor (Germán Vaca)

La solución fue encontrada a las 13 pruebas realizadas.

7.3.4. ANÁLISIS SISTEMA DE ARRATE DEL PLÁSTICO

Se tuvo una serie de problemas en este diseño del sistema:

- Vencer la inercia del eje que sostiene el rollo de plástico que contiene más o menos 10 kilos.
- Tener un sistema de tención del plástico adecuado para este fin, por lo tanto se llegó a la conclusión de utilizar un sistema de ejes sujetos por resortes para que compensen un poco la desigualdad en el arrastre, además de la desuniformidad en el rollo de plástico.
- El material de los rodillos es sumamente importante para un buen arrastre en el cual también se tuvo muchas dificultades.

Elemento	Problema	Solución	Pruebas
Rodillos de Arrastre	Resbala	Capa de silicón	2
Rodillos de Arrastre	Resbala	Capa caucho	2
Rodillos de Arrastre	Resbala	Capa caucho cóncava	2
Rodillos de Arrastre	Resbala	Cambio material a rodillo caucho	1
Rodillos de Arrastre	Desalinea el plástico al deslizar	Torneado cóncavo	2

Tabla 7.5. Pruebas Válvula Pesaje
Fuente: Autor (Germán Vaca)

La solución fue encontrada a las 9 pruebas realizadas.

7.4. TABLAS DE PRUEBAS CON EL SISTEMA FUNCIONANDO

7.4.1. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES DE PESO

Para registrar el error que posee el sistema en la medición, se utilizó una balanza digital CAMRY Modelo: EK3130 de tolerancia 5kg, para de esta manera poder registrar el error entre dicha balanza y el sistema de la máquina.

NÚMERO DE PRUEBAS	PESO BALANZA	PESO SISTEMA DE LA MÁQUINA	ERROR (gr)	ERROR %
1	460	458,2	1,8	0,39
2	460	458,5	1,5	0,33
3	460	460,2	1,2	0,04
4	460	459,2	0,8	0,17
5	460	458,1	1,9	0,41
6	460	462,2	2,2	0,48
7	460	463,1	3,1	0,67
8	460	458,8	1,2	0,26
9	460	458,9	1,1	0,24
10	460	459,4	0,6	0,13
11	1000	1002,3	2,3	0,23
12	1000	1003,4	3,4	0,34
13	1000	1005,1	5,1	0,51
14	1000	998,6	1,4	0,14
15	1000	1001,9	1,9	0,19
16	1000	996,2	3,8	0,38
17	1000	995,5	4,5	0,45
18	1000	1005,2	5,2	0,52
18	1000	998,8	1,2	0,12
20	1000	997,2	2,8	0,28

Tabla 7.6. Peso de balanza vs. Peso de la máquina
Fuente: Autor (Germán Vaca)

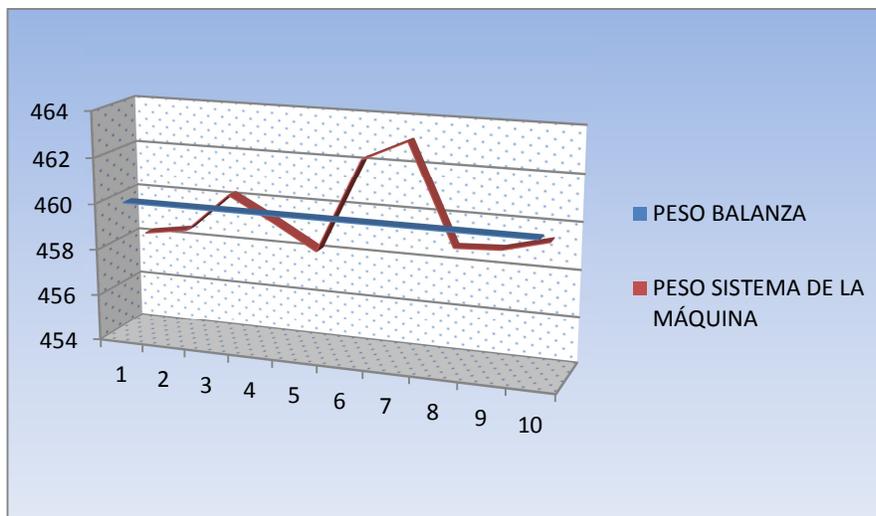


Figura 7.1. Rango de permisividad del peso balanza vs. Peso sistema de pesaje de la máquina (460gr)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

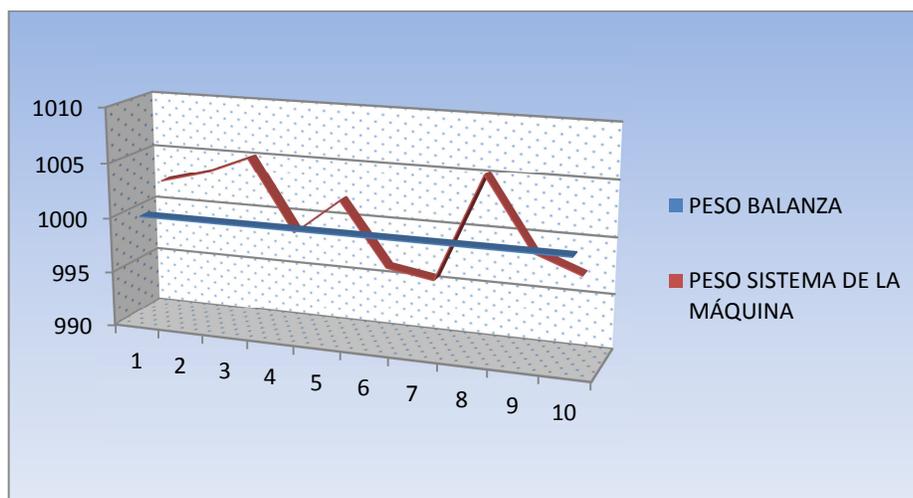


Figura 7.2. Rango de permisividad del peso balanza vs. Peso sistema de pesaje de la máquina (1000gr)

Fuente: Autor (Germán Vaca)

7.4.2. CALIBRACIÓN DE LA PRESIÓN DE AIRE

Para determinar el mayor número de ciclos de sellado - apertura de las compuertas neumáticas, con la fuerza necesaria pero sin producir daño a los otros elementos de la máquina, se realizó 20 pruebas a diferentes presiones.

NÚMERO DE PRUEBAS	Presión	Ciclos de Cerrado Apertura	Fuerza Necesaria	Produce daño
1	3,2	24	No	No
2	3,4	27	No	No
3	3,6	30	No	No
4	3,8	33	No	No
5	4	36	Si	No
6	4,2	39	Si	No
7	4,4	41	Si	No
8	4,6	44	Si	No
9	4,8	47	Si	No
10	5	50	Si	No
11	5,2	53	Si	No
12	5,4	56	Si	Si
13	5,6	59	Si	Si
14	5,8	61	Si	Si
15	6	64	Si	Si
16	6,2	67	Si	Si
17	6,4	70	Si	Si
18	6,6	71	Si	Si
18	6,8	74	Si	Si
20	7	76	Si	Si

Tabla 7.7. Peso de balanza vs. Peso de la máquina
Fuente Autor (Germán Vaca)

7.4.3. ERROR VÁLVULAS DE CERRADO.

Para registrar el error que poseen la válvula del sistema de dosificación en el cierre, se realizó 10 pruebas con peso con la cantidad de 460 gr y 10 con la cantidad de 1000gr.

NÚMERO DE PRUEBAS	Peso de referencia	Peso sistema de pesaje	Exceso en el pesaje	ERROR %
1	460	475,6	15,6	3,39
2	460	470,4	10,4	2,26
3	460	469,1	9,1	1,97
4	460	468,8	8,8	1,91
5	460	472,1	12,1	2,63
6	460	468	8	1,74
7	460	467,1	7,1	1,54
8	460	469,2	9,2	2
9	460	473,7	13,7	2,97
10	460	470,4	10,4	2,26
11	1000	1016,5	16,5	1,65
12	1000	1009,3	9,3	0,93
13	1000	1011,8	11,8	1,18
14	1000	1017,9	17,9	1,79
15	1000	1013,9	13,9	1,39
16	1000	1009,6	9,6	0,96
17	1000	1018,5	18,5	1,85
18	1000	1009,4	9,4	0,94
18	1000	1013,8	13,8	1,38
20	1000	1019,2	19,2	1,92

Tabla 7.8. Peso de balanza vs. Peso de la máquina

Fuente Autor (Germán Vaca)

7.4.4. ERROR EN PESAJE.

Para registrar el error que posee la máquina en la medición del sistema de pesaje y el de verificación, se realizó 10 pruebas con peso con la cantidad de 460 gr y 10 con la cantidad de 1000gr.

N° DE PRUEBAS	PESO SISTEMA DE PESAJE	PESO SISTEMA DE VERIFICACIÓN	ERROR TOTAL (gr)
1	475,6	472,2	3,4
2	470,4	465,5	4,9
3	469,1	470,5	1,4
4	468,8	478,8	10
5	472,1	466,1	6
6	468	475,7	7,7
7	467,1	458,8	8,3
8	469,2	475,3	6,1
9	473,7	465,2	8,5
10	470,4	465,7	4,7
11	1016,5	1008,2	8,3
12	1009,3	1013,8	4,5
13	1011,8	1010,3	1,5
14	1017,9	1011,5	6,4
15	1013,9	1020,4	6,5
16	1009,6	1005,1	4,5
17	1018,5	1020,2	1,7
18	1009,4	1015,4	6
18	1013,8	1012,3	1,5
20	1019,2	1014,5	4,7
ERROR			5,33gr

Tabla 7.9. Peso de balanza vs. Peso de la máquina
Fuente Autor (Germán Vaca)

7.4.5. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE LLENADO DEL DEPÓSITO DE PESAJE.

Para determinar si la cantidad de panela en la tolva tiene gran influencia sobre el tiempo de llenado se realizó 20 pruebas a distintos niveles de llenado de la tolva.

N°PRUEBAS	CANTIDAD TOLVA (kg)	TIEMPO DE LLENADO DEPOSITO PESAJE (seg)
1	200	3
2	199	3
3	198	3
4	197	3
5	196	3
6	150	3,4
7	149	3,4
8	148	3,4
9	147	3,4
10	146	3,4
11	100	3,6
12	98	3,6
13	97	3,6
14	96	3,6
15	95	3,6
16	50	3,9
17	49	3,9
18	48	3,9
19	47	3,9
20	46	3,9

Tabla 7.10. Banco de pruebas

Fuente Autor (Germán Vaca)

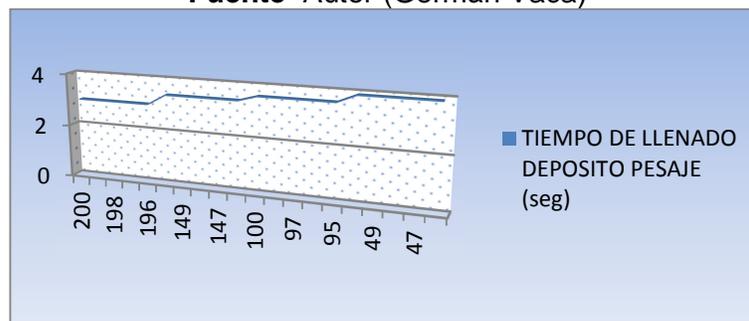


Figura 7.3. Tiempo de llenado (seg) vs. Cantidad de producto en la tolva (kg)

Fuente Autor (Germán Vaca)

7.5. ANÁLISIS DE LAS TABLAS DE PRUEBAS

Se procederá a detallar el análisis de las diferentes pruebas realizada.

7.5.1. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES DE PESO

Una vez obtenido los valores se determinó que el error de la máquina es de 0,31%

Una vez obtenido los valores se estableció que el error es un promedio de la presentación de 460 es 1.54 gramos y en la presentación de 1000 es 3.16 gramos.

Luego de obtener los resultados se determinó que la máquina posee un error de 0,31% en comparación a la balanza comercial con la que contó para las pruebas necesarias.

Luego de obtener los resultados se determinó que el error promedio en gramos en la presentación de 460 es 1.54 gr y en la presentación de 1000 es 3.16 gr, en comparación a la balanza comercial con la que se contó para las pruebas necesarias.

7.5.2. CALIBRACIÓN DE LA PRESIÓN DE AIRE

Una vez obtenido los valores se determinó que la presión necesaria para mover las compuertas debe ser mayor a 3.2 bares, a partir de esta presión el sistema se comporta de manera estable y la apertura y cierre es normal sin complicaciones.

Una vez obtenido los valores se estableció que la presión máxima a la cual el sistema puede trabajar es de 5.4 bares, considerando que se produce un desgaste o maltrato en los elementos mecánicos propios de los sistemas de la máquina de pesaje como también en los elementos externos que son los del sistema de sellado.

Una vez obtenido los valores se determinó que la presión ideal de trabajo está entre los 3.2 y los 5.2 bares, con un máximo de ciclos de apertura – cierre de 53 por minuto.

Al tener un número máximo de ciclos apertura-cierre de 53 en un minuto se determina que 1 ciclo se realiza en 1.13 segundos; de la misma manera al realizarse 2 acciones en este tiempo se determina que el tiempo de cierre de las compuertas es de 0.57 segundos.

7.5.3. ERROR DE LA VÁLVULA DE CERRADO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Una vez obtenido los valores se determinó que el error de la máquina es de 1,833%

Una vez obtenido los valores se estableció que el error promedio es de 12,215 gramos, se mantiene el error en cantidad de gramos en las dos presentaciones.

El error que se obtuvo luego del cerrado es debido a la respuesta de los sistemas mecánicos, ya que no es inmediata y en este tiempo la panela sigue cayendo, por esta razón se produce el error de 1,833% en la medición, siendo este valor relativamente y posicionándose así la máquina dentro de los rangos tolerables.

7.5.4. ERROR EN PESAJE

Una vez obtenido los valores se determinó que el error de la máquina con el producto terminado es de 0,99%

Una vez obtenido los valores se estableció que el error promedio de la presentación de 460 es 5.85 gramos y en la presentación de 1000 es 6.82 gramos.

Una vez obtenido los valores se determinó que el error entre los sistemas de pesado y el de verificación de peso de la máquina es de 0,40%

Una vez obtenido los valores se determinó que el error promedio de la presentación de 460 es 1.20 gramos y en la presentación de 1000 es 1,9 gramos.

7.5.5. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE LLENADO DEL DEPÓSITO DE PESAJE

Una vez obtenido los valores se determinó que el tiempo de llenado del depósito de pesaje cuando la tolva esta con 200 kg, es decir, un 100% de capacidad es de 3 segundos.

Una vez obtenido los valores se estableció que el tiempo de llenado del depósito de pesaje cuando la tolva esta con 150 kg, es decir, un 75% de capacidad es de 3,4 segundos.

Una vez obtenido los valores se determinó que el tiempo de llenado del depósito de pesaje cuando la tolva esta con 100 kg, es decir, un 50% de capacidad es de 3,6 segundos.

Una vez obtenido los valores se determinó que el tiempo de llenado del depósito de pesaje cuando la tolva esta con 50 kg, es decir, un 25% de capacidad es de 3,9 segundos.

7.6. CONCLUSIONES

- El error en porcentaje entre la máquina de pesaje diseñada y la balanza comercial de 0,31% se mantiene en las presentaciones de 460 y 1000, pero no así la cantidad en gramos, entre mayor es la cantidad a medir mayor es el error en gramos, esto se debe a que la máquina construida es inédita, uniendo sistemas tanto mecánicos, como electrónicos; a diferencia de la comercial que se fabrica por miles, sin embargo el error obtenido es bajo y permite a la máquina ser competitiva y fiable.
- El sistema de válvula de cerrado de la compuerta de distribución tiene un error de 1.0635% total, sin embargo en la presentación de 460 gr el error es superior a la media y en la presentación de 1000 gr es inferior a la media. Estos errores se deben a que la constante de exceso es la misma en los dos sistemas, es decir, que la presentación seleccionada no influye, la máquina posee un error de cierre de dosificación promedio que es de 6,8 gramos debido a que la apertura y cierre de la válvula no es inmediato.
- El tiempo de respuesta al cerrado de las compuertas no es inmediato demora 0.57 segundos, es éste el tiempo máximo al que se puede reducir, ya que de esta manera trabaja a la presión máxima admitida en los rangos de tolerabilidad de los elementos mecánicos que es 5.2 bares, si se aumentaría la presión el tiempo reduciría para el cierre pero de la misma manera se reduciría la vida útil de los elementos mecánicos.
- Una vez realizadas las diferentes pruebas de pesaje se determinó que la máquina es más eficiente ya que al sumar los porcentajes de error tanto de la calibración del pesaje (0,31%), el error del cierre de compuertas (1,0635%) y el error de medición entre el sistema de pesaje y el de verificación (0,40%) suman 1,77% y al tener la referencia del error de la situación actual de la empresa (3,381%) se obtiene una disminución de

error del 1,611% logrando de esta manera tener una máquina más eficiente tanto en tiempo como en precisión del pesaje de panela granulada.

7.7. RECOMENDACIONES

- Realizar la calibración de cada uno de los sistemas construidos de la máquina mediante la comprobación de valores con máquinas existentes en el mercado, con la finalidad de definir si es factible el sistema construido y si este dará solución a los problemas existentes en la industria o es necesario un redimensionamiento, selección y construcción de un nuevo sistema.
- Determinar mediante pruebas los elementos que no permitan el correcto funcionamiento y desempeño de los sistemas en sí y de la máquina en conjunto para así poder sustituirlos por elementos idóneos para los sistemas.
- Observar los resultado que vayan arrojando las pruebas, realizar las que sean necesarias hasta que se obtenga un error promedio teniendo un máximo y un mínimo, permitiendo así una calibración más fácil, determinar si el error está dentro de las expectativas propuestas.
- Tomar como referencia el análisis y calibración de los sistemas que presenten el mismo comportamiento con la finalidad de que el proceso de calibración y pruebas no sea tan complicado.
- Realizar una sumatoria de los errores que presentan los diferentes sistemas construidos y de esta manera determinar si el error total es menor al del diagnóstico la situación inicial, y de contar con financiamiento determinar si el error es aceptable para la empresa auspiciante.

7.8. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS Y MANUALES

- Carles Riba, Diseño Concurrente, pág. 20-40
- James Gere, Mecánica de Materiales, Editorial, Séptima Edición , pág. 856
- Jaime Ortiz-Cañavate, Las Máquinas Agrícolas, pág. 292-294
- Malvino Albert Paul; Principios de Electrónica, 6ta Edición, McGrawHill interamericana de España S.A.U.
- Mott Robert; Diseño de Elementos de Máquinas, 4ta. Edición, Editorial Prentice Hall. México 2006.
- Rodriguez,B.G. La panela en Colombia frente al nuevo milenio. EnCorpaica-Fedepanela, Manual de Caña de Azúcar, 2000.
- Robert Mott, Diseño de Elementos Mecánicos, Editorial Pearson.

7.9. DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- Agroindustria San Jacinto. 2001. Corte y transporte de la caña de azúcar, de <http://ekeko2.rcp.net.pe/spero/cortetransportecana.htm>
- Agroindustria San Jacinto. 2001. Corte y transporte de la caña de azúcar, <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/99>
- Bonilla. 2009. Repositorio digital EPN. Automatización de una máquina empacadora de caramelo en polvo, de bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4241/1/CD-2519.pdf
- Conceptos básicos de neumática e hidráulica. Cálculo de fuerzas, de www.sapiensman.com/neumatica9.htm.
- Electrovalvulas Airtic, de <http://en2.airtac.com>
- Etapas y equipos del proceso. Descripción etapa 8, de www.tecnologiaslimpias.com
- Ferum. Acero AISI 304, de ww.ferrum-ca.com/aceros4.htm
- Industrialización el jugo de caña. 2009. Extracción del jugo de caña, de <http://industrializacionjugocana.blogspot.es/>
- Foros de electrónica. 2000-2013. Sellado por ultrasonido, de <http://www.forosdeelectronica.com/f12/soldado-sellado-ultrasonido-10832/>
- Goodfellow. 2008-2013. Acero inoxidable AISI 304, de www.goodfellow.com/S/acero-inoxidable-AISI-304.html
- Ovelma. 2013. Sellado por calor, de www.industriasovelma.com/wp/gallery/selladora-de-calor-constante.
- Pirámide de control SCADA, de <http://fiis.unheval.edu.pe/laboratorios/laboratorio-cim.html>
- Rodamientos rígidos de bolas de una hilera, de <http://www.skf.com/skf/productcatalogue/calculationsFilter?lang=es&newlink=&prodid=&action=Calc3>
- Siemens AC. 1996-2013. Simatic de HMI, KTP600 <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basic-color/pages/default.aspx>

- Siemens AC.2009. Simatic G110,de http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/aut_simatic/
- Siemens AC.2009. Simatic G110,de <http://www.swe.siemens.com>
- SILOS, J Ravenet.26 de febrero de 2007, de www.construaprende.com
- Sumitec. Acero grado maquinaria, de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>
- Ulma global Packaging. Envolvedora vertical, de <http://www.ulmapackaging.com/maquinas-de-ensado/vertical-vffs/vti-200>

ANEXOS

DIMENSIONES		PESO		AREA
mm		kg/m	kg/6m	cm2
a	e			
12	3	0.28	1.70	0.36
12	4	0.38	2.45	0.48
12	6	0.57	3.40	0.72
19	3	0.45	2.68	0.57
19	4	0.60	3.58	0.76
19	6	0.89	5.37	1.15
25	3	0.59	3.53	0.75
25	4	0.79	4.71	1.00
25	6	1.18	7.07	1.50
30	3	0.71	4.24	0.90
30	4	0.94	5.65	1.20
30	6	1.41	8.47	1.80
30	9	2.12	12.71	2.70
30	12	2.83	16.95	3.60
38	3	0.89	5.37	1.15
38	4	1.19	7.16	1.52
38	6	1.79	11.40	2.28
38	9	2.69	16.11	3.42
38	12	3.58	21.48	4.56
50	3	1.18	7.08	1.50
50	4	1.58	9.42	2.00
50	6	2.26	14.16	3.00
50	9	3.53	21.20	4.50
50	12	4.71	28.26	6.00
65	6	3.05	18.37	3.90
65	9	4.59	27.55	5.85
65	12	6.12	36.73	7.80
75	6	3.53	21.20	4.50
75	9	5.30	31.80	6.75
75	8	7.07	28.26	9.00
75	12	7.07	42.39	9.00
100	6	4.71	28.26	6.00
100	8	7.07	37.68	9.00
100	9	7.07	43.00	9.00
100	12	9.42	58.00	12.00
120	12	67.82	67.82	14.40
150	15	105.88	105.88	22.50

ANEXO A1: Platinas en acero Inoxidable AISI 304

Material	AISI 304
Dureza HB	249-278
Limite de Influencia	225 N/mm2
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS. CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILIOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

ANEXO A2: Eje acero inoxidable

PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

ANEXO A3: Propiedades químicas eje acero inoxidable



**PERFILES ESTRUCTURALES
CORREAS "G"**

Especificaciones Generales

- Otras calidades:** Previa consulta
- Largo normal:** 6,00m
- Otros largos:** Previa consulta
- Espesores:** Desde 1,20mm hasta 12,00mm
- Acabado:** Natural
- Otro acabado:** Previa consulta



CORREAS "G"

DIMENSIONES				PESOS			PROPIEDADES					
A	B	C	s	Área	Área	ROTON	E _x -X-X			I		
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	I	I	W	I
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2.0	11.94	1.99	2.54	13.98	4.65	2.25	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3.0	16.98	2.83	3.61	18.90	6.30	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	12.18	2.20	2.80	27.43	6.05	3.15	6.39	2.55	1.51
80	40	15	2.0	16.68	2.78	3.54	35.36	8.01	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3.0	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.19	10.80	4.27	1.46
100	50	12	2.0	20.42	3.40	4.24	59.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.80
100	50	15	3.0	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.04	20.50	8.25	1.80
100	50	20	4.0	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.05	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5.0	51.12	8.52	10.88	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2.0	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3.0	33.24	5.44	7.08	165.00	26.50	4.84	22.20	8.43	1.77
125	50	20	4.0	44.98	7.48	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5.0	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6.0	70.78	11.79	14.73	307.13	49.14	4.56	48.99	15.81	1.81
150	50	15	2.0	25.54	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3.0	36.78	5.13	7.61	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4.0	49.68	6.88	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5.0	74.70	12.45	15.89	545.26	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6.0	92.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	134.47	30.57	2.74
175	50	15	2.0	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3.0	40.32	6.72	8.59	359.00	42.20	6.57	24.90	6.06	1.70
175	75	25	4.0	65.40	10.9	13.90	655.00	74.60	6.84	195.00	20.90	2.75
175	75	25	5.0	80.59	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6.0	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2.0	29.94	4.99	6.38	356.00	35.60	7.56	18.80	4.85	1.72
200	50	15	3.0	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4.0	70.20	11.70	14.80	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5.0	86.32	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6.0	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	192.19	31.72	2.68
250	75	25	4.0	79.80	13.30	16.90	1529.00	152.00	8.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5.0	109.98	18.33	23.26	2218.24	177.54	9.75	285.26	38.24	3.49
250	100	30	6.0	136.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4.0	100.00	10.00	12.00	2000.00	191.00	11.00	174.00	30.20	3.50
300	100	35	5.0	126.60	21.10	26.60	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6.0	154.74	25.75	31.80	4179.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

También en galvanizado e inoxidable

ANEXO A4:Perfiles estructurales



PERFILES IMPORTADOS
ANGULOS

Especificaciones Generales

Calidad: ASTM A36 SAE 1008
Otras calidades: Previa Consulta
Largo normal: 6.00m
Otros largos: Previa Consulta
Acabado: Natural
Otro acabado: Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/m	cm ²
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.82	0.78
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.98
AL 25X3	25	3	1.11	6.88	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.10	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.24	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.76	40.85	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.10	11.39
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.84
AL 100X8	100	8	12.00	74.05	15.39
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.28	109.54	22.58

También en galvanizado e inoxidable

ANEXO A5: Perfiles importados (ángulos)

PLANCHAS INOXIDABLES Especificaciones Generales										
		Norma	304, 316, 430							
		Espesores	Desde 0,40mm hasta 15,00mm							
		Rolls	X 1220mm							
		Planchas	4 x 8 pies							
			Largas y anchuras especiales bajo pedido							
Tipo de estructura	Tipo de composición	Descripción de SUS JIS*	Descripción de AISI**	Descripción de DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Autófila	17 Cr-5Ni-7Ni	SUS 201	201		0,15 max	1,00	0,50 - 7,50	0,06	0,030	3,50 - 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 - 10,00	0,06	0,030	4,00 - 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 - 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,90 - 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,90 - 10,50
	18Cr-8Ni-extra low C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,90 - 10,50
	SUS 305	305	3905	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 - 13,00	
	23Cr-12Ni	SUS 309 B	309 B	4945	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 - 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,06 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 - 22,00
	18Cr-12Ni-0,5Si	SUS 316	316	4401	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 - 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Si	SUS 316 L	316 L	4434	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 - 15,00
	18Cr-12Ni-2Mn-0,2Cu	SUS 316 J1		4505	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 - 14,00
	18Cr-13Ni-0,5Si	SUS 317	317	4452	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 - 16,00
	18Cr-13Ni-0,5Si	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,50 - 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,90 - 13,00
	18Cr-8Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,06 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,90 - 13,00
Perla	15Cr-A1	SUS 405	405	4002	0,06 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,00 max
	18Cr	SUS 428	428	4008	0,12 max	1,00	1,00 max	0,06	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4216	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,00 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensita	13Cr-low Si	SUS 403	403	4034	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,00 max
	13Cr	SUS 410	410	4030	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,00 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4031	0,90 - 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	13Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,80 - 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1W	SUS 631	631		0,06 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,00 - 7,75

JIS* Japanese Industrial Standards
 AISI** American Iron and Steel Institute
 DIN*** Deutsche Industrie Normen

ANEXO A6: Planchas inoxidables

HOJA DE PROTOCOLO DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.							
MECANISMO:	FECHA:						RESPONSABLE
ASPECTOS DE EVALUACION	CALIFICACIÓN						OBSERVACION
	1	2	3	4	5	9	
MÁQUINAS							
Calibración							
Limpieza							
Lubricación							
Funcionamiento							
Otros							
EQUIPOS							
Actos inseguros							
Condiciones inseguras							
Limpieza							
Otros							
HERRAMIENTAS							
Actos inseguros							
Condiciones inseguras							
Limpieza							
Otros							
NOTA:							

ANEXO A8. Formato de mantenimiento

MANUAL DE USUARIO

En este manual de usuario el proceso será dividido en pasos básicos y específicos, al momento de realizar el encendido de esta máquina se debe:

1. Revisar que todo el cableado eléctrico electrónico de la máquina este en perfecto estado.
2. Revisar que todo el sistema neumático se encuentre en perfecto estado.
3. Revisar la conexión neumática analizando que la presión del compresor sea la adecuada, debe fluctuar entre 4 a 6 bares. Esta puede ser observada en la unidad de mantenimiento neumático
4. Revisar que el rollo de plástico de baja densidad tenga el suficiente material para el proceso a realizarse.
5. Seleccionar el tipo de proceso a realizar ya que la máquina está diseñada para realizar dos procesos de pesado uno de 460 gramos y el otro de 1000 gramos el cual se realiza directamente desde la HMI (pantalla táctil).
6. Seleccionar el tipo de proceso automático o de mantenimiento en la pantalla principal de la HMI.
7. Pulsar el botón color verde del armario de control y espera el tiempo de revisión automático del sistema.
8. Si se selecciona la opción de mantenimiento revisar los avisos que se pueden generar en la HMI (pantalla táctil), tanto de temperatura de las niquelinas, activación de motores, activación de cilindros neumáticos y las respuestas de las celdas de carga.
9. El usuario y operario deben estar atentos a cada uno de los procesos y si existiera algún problema aplicar el paro de emergencia que es el botón color rojo del armario de control.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Tanto este manual como el del usuario se detallara de manera clara con la finalidad que el lector pueda comprender de mejor manera.

El manual de manteniendo se divide en tres partes eléctrico electrónico, neumático y mecánico:

MANUAL DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO.

- Revisar con un multímetro amperímetro que la carga eléctrica sea la adecuada antes de la conexión de la entrada de voltaje principal de 220v.
- Revisar que todos los cables se encuentren bien organizados, la máquina posee todo el cableado blindado por manguera corrugada para evitar la fácil manipulación de los mismos.
- Revisar que los cables que llegan a las niquelinas se encuentren fijos y correctamente unidos.
- Los armarios de control no necesariamente se tienen que abrir, sin embargo si tendrían que abrirse, debe hacerlo alguien que posea el conocimiento necesario ya que dentro de estos existen componentes delicados y de alto costo.

MANUAL DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICO.

- Revisar el compresor en su totalidad poniendo cuidado en los siguientes puntos:
 1. **Cables de Conexión.**- Que no tengan ningún tipo de cortes o parches.
 2. **Nivel y Calidad de Aceite.**- Todos los compresores tienen un nivel mínimo de aceite para su correcto funcionamiento el cual siempre está a simple vista en el armazón del mismo.
 3. **Nivel de Ruido.**- Cuando se adquiere un compresor y se encienda por primera vez, se escucha un sonido afinado y uniforme que podría cambiar cuando los pistones o los empaques no se encuentren en buen estado.

4. **Tiempo de Carga.-** El operador debe tener una relación con el tiempo de carga ya que él y solo él sabe cuánto debería tomar el tiempo de carga total del compresor.
 5. **Capacidad de Carga.-** Esta se puede ver en el manómetro del compresor a simple vista ya que cuando un compresor llega a este nivel se apaga automático hasta que se descargue y vuelva a su nivel de arranque.
 6. **Fugas en la Salida del Compresor.-** Muchas veces en las llaves o acoples de salida existen pequeñas fugas que se solucionan usando teflón simplemente.
 7. **Revisar la Válvula de Desfogue.-** Esta válvula sirve para sacar el exceso de agua o grasa del tanque del compresor, se puede realizar antes de empezar el trabajo.
 8. **Calidad de Aire a la Salida.-** Este paso se realiza abriendo la llave del compresor, se debe revisar si no está saliendo con agua o aceite, si es así realizar el paso anterior y nuevamente realizar esta revisión.
- Realizar la revisión del nivel de presión del aire en la unidad de mantenimiento, debe estar entre 4 a 6 bares.
 - Escuchar o acercando la mano para sentir que no existan fugas en todo el sistema neumático.
 - Revisar que los acoples estén seguros para no tener problemas tanto en las electroválvulas como en los pistones.

MANUAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO

- Revisar que la máquina se encuentre en una superficie plana en la que pueda trabajar sin ningún problema.
- Realizar limpieza con aire comprimido teniendo especial cuidado en las conexiones de las niquelinas que se encuentran expuestas.
- Revisar que todo el equipo este lubricado con lubricantes de grado alimenticio.
- Revisar que todas las bandas y pernos se encuentren con el ajuste óptimo de trabajo.
- Realizar una limpieza total de ejes y partes con acetona grado poliamida (alimenticia)

- Lubricar todos los rodamientos y chumaceras cada cierto tiempo el cual podría ser cada 15 días máximo.
- Revisar el estado de las niuelinas ya que sufren impactos repetidos en todo el funcionamiento del equipo, si es necesario cambiarlas.