

**TITULO:** “Máquina Formadora y Llenadora de fundas de Azúcar”

**AUTOR:** José Francisco Rodríguez Pesantes<sup>1</sup>

Manuel Helguero Gonzales<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico 2004

<sup>2</sup>Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1980. Profesor de la ESPOL desde 1980.

## **RESUMEN**

El presente trabajo desarrolla el diseño de una Máquina Formadora y Llenadora de Fundas de Azúcar, tratando de ajustar el diseño de ésta a las condiciones locales y a las necesidades de nuestro país, teniendo como finalidad satisfacer el requerimiento de la industria por maquinaria eficiente, de buena calidad y a un precio competitivo.

Para el diseño de una máquina envasadora se debe tener en cuenta que la máquina no define por sí sola una operación de envasamiento, sino que, en realidad existen un sin número de detalles que rodean a la máquina y que fundamentan dicha operación.

Ahí se representan las operaciones y elementos que llegan a la envasadora, como por ejemplo: el producto, el material de envoltura, los sistemas de carga, etc., y los que salen de la envasadora, como: los sobres individuales, la banda transportadora, el agrupador y finalmente las cajas que contienen determinado número de unidades, dependiendo del formato.

Vale recalcar que el objetivo de este trabajo es el diseño de la máquina en sí y no de los demás elementos que junto a ella definen la operación de envasado. Para eso vamos a concentrarnos en el Diseño y / o selección de sus partes constitutivas, basándonos en las siguientes premisas:

- El material a envasar será Azúcar Blanca
- Los formatos serán dos, de 1000 y 750 gr.
- Y se deberá lograr una producción de no menos de 25 golpes por minuto.

En su primera parte se revisan las diferentes posibilidades de diseño que son capaces de intervenir en este proceso productivo, enfrentándolas a un problema que se define de acuerdo con los requerimiento del medio. Al final de esta parte se escogen las mejores posibilidades de diseño en base a un método sistemático, en el cual se evalúa cada posibilidad de acuerdo a los mismos parámetros, los cuales son valorizados para luego simplemente escoger el de mayor calificación.

Ya en su segunda parte se hace un análisis concienzudo de los elementos externos que intervienen en este proceso (El Producto y el material de Empaque), alrededor de los cuales gira en su totalidad el proceso de diseño. Al final de acuerdo a los sistemas seleccionados y al análisis realizado en esta parte se propone un diseño de forma que será pulido y mejorado a lo largo de esta tesis de grado.

Por último se diseñan meticulosamente todos los sistemas del equipo, de acuerdo a los mejores métodos adquiridos tanto en la vida académica como profesional. Este proceso de diseño permitirá valorizar a detalle el equipo, lo cual a su vez ayudará a realizar un análisis económico confiable que permita evaluar la factibilidad del proyecto.

## **INTRODUCCION**

En los últimos dos años la incursión del dólar en nuestra economía junto con la relativa estabilidad política que hemos experimentado, le ha permitido a nuestros empresarios el volver a invertir, aunque sea de una manera modesta, en el sector productivo del país. Esta inversión muchas veces está dirigida hacia la adquisición de maquinaria tanto nueva como usada que les permita incrementar su producción volviéndose más eficientes.

Un sector claramente diferenciado del resto es el de la producción y distribución de ciertos productos de consumo masivo, tales como: azúcar, arroz, sal y avena. De entre los cuales el azúcar sobresale del resto por los altos niveles de producción que los diferentes Ingenios en nuestro país han logrado alcanzar.

Estos altos niveles de producción, les exige a los Ingenios mayor capacidad para empaquetar su producto sin dejar de garantizar inocuidad y buena presentación en el mismo. Esto los llevará a querer adquirir máquinas formadoras - llenadoras de fundas, las cuales aunque resulte difícil de entender (por el hecho de que a pesar de la gran gama de productos al granel que se pueden empaquetar) no se fabrican en el país.

Pero la adquisición de estas máquinas, tanto aquí como en el extranjero, resulta muy costosa aún tratándose de maquinas usadas. Es por eso que el objetivo de esta tesis será el poder diseñar una máquina formadora - llenadora de fundas, que trabaje eficientemente a un costo más competitivo a la de las maquinas usadas que se pueden encontrar en el mercado.

Para poder lograr esto se va a ajustar el diseño a las condiciones locales y a las necesidades de nuestros posibles clientes, aprovechando al máximo los recursos disponibles y simplificando en lo posible los sistemas sin dejar a un lado los beneficios de la tecnología actual.

Se espera cumplir con un diseño eficiente sin dejar de utilizar materiales y equipos de buena calidad que garanticen el buen funcionamiento del equipo en el tiempo esperado.

## **CONTENIDO**

### **Descripción del Proceso de Llenado.**

El proceso de llenado es una operación que depende de cierto número de variables que hay que analizar, para poder realizar un diseño óptimo. De entre estas variables podemos nombrar: el producto, el material de empaque, la forma final de la bolsa, el tipo de sellado y de costura, los formatos y la producción requerida.

Los pasos que se pueden diferenciar en el tipo de máquina que se desea diseñar, se pueden resumir en:

1. Tomar una bobina de material de empaque con o sin impresión
2. Formar la bolsa
3. Llenarla con la cantidad de producto deseado
4. Cerrarla (Form-Fill-Seal)
5. Repetir el proceso

La bobina debe ser formada por una película delgada, hecha de un material que asegure ser una barrera entre el producto y el ambiente. Esta barrera debe garantizar la inocuidad del producto, tanto en el momento del envasado como en las perchas. El material de empaque debe ser des-embobinado de tal manera que no produzca problemas en el formado y sellado de la bolsa.

- Debe tener propiedades de barrera al oxígeno, vapor de agua, vapores orgánicos para evitar que alteren física y químicamente al producto.
- Debe presentar una resistencia mecánica adecuada, que resista todas las etapas por las que atraviesa el proceso desde la fabricación, almacenamiento, transporte y distribución.
- Debe dar integridad para asegurar el contenido del producto, impedir la contaminación microbiológica o de cualquier naturaleza y disminuir el intercambio gaseoso con el ambiente.

El sistema formador de la bolsa debe ser diseñado tal manera, que garantice una envoltura sin variación de forma entre una y otra bolsa y que a su vez permita un suave deslizamiento del material de empaque.

Para llenar las bolsas es necesario un sistema que, de acuerdo al tipo de producto, permita realizar una dosificación que se encuentre dentro de los rangos permisibles de variación de peso impuestos por la Ley.

Y para cerrarla, es necesario utilizar un método que de acuerdo al material de empaque y a las costuras deseadas, garantice al igual que el mismo material de empaque la inocuidad del producto.

## **Descripción General de la Máquina.**

Esta envasadora va a ser de accionamiento mecánico – neumático, la cual podrá ser controlada mediante comandos íntegramente electro neumáticos, lo que brindaría una gran flexibilidad a través de un Controlador Lógico Programable (PLC). Si bien es cierto la aplicación para la cual va a ser diseñada es para envasar azúcar, la misma tendrá la flexibilidad de envasar casi cualquier tipo de grano que tenga un fácil deslizamiento.

El sistema será realmente muy sencillo, partiendo de una bobina de material de envoltura, que se ubicará en la parte posterior del equipo y que se instala en un eje porta bobinas en donde esta es centrada y ajustada con respecto al tubo formador. Este eje porta bobina consta con una rosca cuadrada de ambos lados que le permita fijar el material de empaque mediante dos conos que corren por la rosca hasta ajustar a la bobina, además en uno de sus extremos se encuentra una especie de volante que sirve de pista para que un freno pare al material de empaque cada vez que un balancín lo accione. Este eje se encuentra simplemente sobre puesto de cada lado sobre dos pares de rodamientos. El material de empaque es llenado de azúcar por un sistema de volumétrico de dados basculantes, accionado neumáticamente mediante un módulo giratorio. El material de empaque pasará por un formador, el cual constará del tubo y del formador en sí, al que llamaremos murciélago (gracias a su forma).

El papel podrá pasar por el formador gracias a la tracción ejercida por un sistema de rodillos o correas de deslizamiento. Este tipo de sistema impone las mejores propiedades de deslizamiento de la cara interna del material ( $\mu=0,20$ ), que también se puede mejorar pegando tiras de teflón a los lados del tubo formador para disminuir así su coeficiente de fricción; puesto que las fuerzas de fricción entre las correas transportadoras y el material deben ser siempre mayores que las existentes entre el material y el tubo de llenado. En contraste con ese punto, esa misma superficie debe moverse libremente sobre el formador sin generar cargas de fricción. En estas máquinas se encuentran siempre los dos tipos de deslizamiento:

- En frío: sobre el formador y el tubo de llenado en su parte frontal.

- En caliente: se produce sobre la parte posterior del tubo de llenado: en la zona en donde se aplica presión y calor para producir el sellado longitudinal.

En las primeras el sellado longitudinal se produce por una mordaza, que ejerce presión sobre el material apoyándose contra el tubo o conducto de alimentación, mientras el material esta parado (momento utilizado para la introducción del producto en el envase), además esta mordaza es siempre más larga que la longitud vertical del paquete que se forma, es decir hay zonas de soldadura que reciben dos veces la acción de la mordaza, esto debe tenerse en cuenta y por lo tanto hay que regular la temperatura de forma que esa área de sellado por dos veces no sufra y se queme.

La fuerza con la que se ejercerá presión al material de empaque contra el tubo formador será siempre la mínima que permita a las bandas de arrastre poder realizar la tracción del papel sin dañarlo.

El sistema de tracción será accionado por una transmisión por cadenas que tendrá una relación de velocidad que junto a un moto reductor correctamente seleccionado, permitirá producir una cantidad no menor de 25 fundas por minuto. Este sistema de transmisión deberá contar por un freno-embrague de accionamiento electromagnético, que le permita arrastrar el papel y pararlo suavemente y así no dañarlo.

Por otra parte cómo ya fue indicado el azúcar es un material muy higroscópico que en nuestro clima tiende a absorber mucha humedad del ambiente, por lo tanto es necesario un material de empaque que sea impermeable más que a los gases al vapor de agua, cosa que cumplen los tres materiales de empaque que se han citado.

Aunque de entre los tres hay dos que dentro de sus aplicaciones más comunes se encuentra el empaquetamiento de alimentos por medio películas o films, que son el PEBD (1) y el PP de los cuales el PP es muy superior al PEBD en sus características de impermeabilidad, además de ser también impermeable a los olores. Pero estas características extras y su proceso de fabricación lo hacen también menos económico que PEBD. Y es justamente la parte económica, el hecho de que sigue teniendo buenas características de impermeabilidad al vapor de agua (aunque mucho menores a las de PP) y la facilidad para sellarse térmicamente la que hacen del PEBD un

material extremadamente adecuado y económico para el envasado de todos los alimentos deshidratados o que deben mantenerse secos como el azúcar y la sal, entre otros. El espesor de la película de polietileno depende del tamaño de la bolsa y del peso de su contenido, para bolsas de formatos pequeños (<2Kg) varía entre 0.03 y 0.1 mm. Además como dato importante el PEBD no contiene plastificante o estabilizante alguno por lo que es filosóficamente inocuo.

Es muy importante tener en cuenta la calidad del bobinado en lo que se refiere a la tensión pareja en ambos lados de film, para evitar corrimientos o posibilidades de aflojamiento en una de las caras de la costura respecto de la otra en el momento de enfrentarse sobre las mordazas.

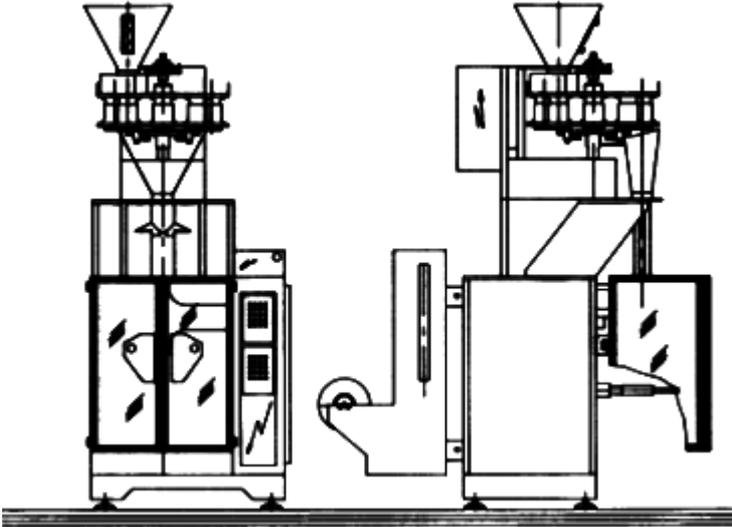
Es necesario el poder utilizar bobinas con grandes diámetros para darle al equipo una gran autonomía, reduciendo con ello el número de paradas por cambio de la misma, mejorando en consecuencia el rendimiento final de la envasadora.

Ya sabiendo el material de empaque se va a utilizar, ya es posible seleccionar el sistema de sellado con el cual se va a trabajar. Como ya fue mencionado las películas monofilm de polietileno trabajan siempre con sistemas de cierre por impulsos, siendo este más conveniente que las mordazas a calor constante.

Este sistema de sellado se utilizará para realizar fundas “tipo almohadas”, las cuales constan de tres costuras: la inferior y la superior son realizadas por las mordazas horizontales y la última realizada por la mordaza longitudinal.

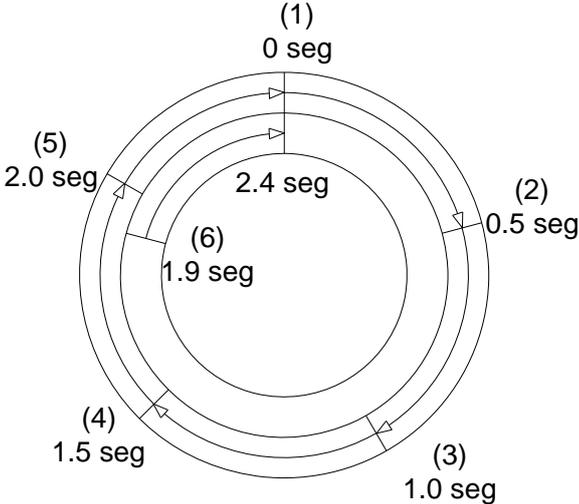
Las mordazas horizontales a parte de realizar los sellados superior e inferior, también sirven como portadoras de la cuchilla de corte, que es accionada por un cilindro independiente al que permite el movimiento sincronizado de las mordazas horizontales. Al igual que las mordazas horizontales la mordaza longitudinal le debe su movimiento a un cilindro neumático. Estos dos cilindros deben contar con amortiguadores de final de carrera que les permita tener movimientos de aceleración y desaceleración progresivos que les permita atacar al material con baja velocidad de aproximación y elevado valor de presión, mejorando las condiciones de sellado y suavizando el movimiento sensiblemente. Si los reguladores de amortiguación no son

suficientes se debería instalar reguladores de caudal a la entrada y salida de cada cilindro. Con todas las consideraciones establecidas y consideradas hasta el momento, se propone el diseño de forma a continuación:



**Fig. 1 Diseño de Forma de una Llenadora Vertical**

Y la siguiente secuencia de funcionamiento de la máquina para la cual debemos calcular el tiempo por golpe que disponemos a una razón de 25 golpes/min:



**Fig. 2 Secuencia de Funcionamiento de la Máquina**

Donde:

1 – 2	Cae el Azúcar
2 – 3	Se abren las Mordazas
2 – 3	Regresa Actuador Neumático Plato
3 – 4	Arrastre del Papel
4 – 5	Se Cierran las Mordazas
5 – 1	Sellado y Corte del Papel
6 - 1	Gira Plato Dosificador

De igual manera que el diseño de forma, el circuito Neumático que debe funcionar de acuerdo a la secuencia de funcionamiento .

### **CONCLUSIONES**

1. Los dos sistemas de sellados constituyen las partes más importantes del proceso, ya que son las que garantizan la hermeticidad y la inocuidad del azúcar a largo plazo.
2. Hay que tener especial atención en la alineación de las mordazas para garantizar costuras uniformes sin la presencia de pliegues ni deformaciones.
3. El éxito o el fracaso del sistema de tracción, radica en la correcta calibración y mantenimiento del embrague.

---

Ing. José Fco. Rodríguez P.  
AUTOR

---

Ing. Manuel Helguero G.  
DIRECTOR DE TESIS