



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

Diseño del mecanismo de sellado de cajas en la instalación de empaquetamiento y envasado de una industria alimenticia

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Víctor Velasco Tortosa

Director: Miguel Lucas Rodríguez



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena 27-10-2015



ÍNDICE:

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. ANTECEDENTES

1.2. OBJETO

1.3. ALCANCE

1.4. EMPLAZAMIENTO

1.5. NORMAS Y REFERENCIAS

1.5.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

1.5.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

1.5.3. BIBLIOGRAFÍA

1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

1.8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1.9. FORMA DE PAGO

1.10. AGRADECIMIENTOS

1.11. CONCLUSIÓN A LA MEMORIA

2. ANEXO Nº 1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

3. ANEXO Nº 2. PLANOS

4. ANEXO Nº 3. PLIEGO DE CONDICIONES

5. ANEXO Nº 4. PRESUPUESTO



1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. ANTECEDENTES

Al objeto de la realización del TFG para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Mecánica, el departamento de Ingeniería Mecánica de la U.P.C.T propone como proyecto, el “Diseño del mecanismo de sellado de cajas en la instalación de empaquetamiento y envasado de una industria alimenticia”, dirigido por el profesor del departamento D. Miguel Lucas Rodríguez.

1.2. OBJETO

El objetivo de este proyecto es el diseño de una máquina, compuesta de un conjunto de mecanismos automáticos capaces de conformar una bolsa en dos formatos de tamaño distintos, llenarla de un producto determinado y sellarla por ambos extremos de forma hermética y a una velocidad determinada.

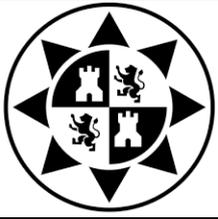
En los distintos procesos pertenecientes a una cadena productiva, es frecuente encontrar el efecto cuello de botella que ciertas operaciones originan, y que limitan en gran medida la capacidad de producción, ya sea por la complejidad del proceso en cuestión o por contrario debido a que el proceso requiera de un importante esfuerzo físico que limite la velocidad con que se realiza. Cualquiera de estos motivos justifica la incorporación en línea de maquinaria automatizada como la que este proyecto aborda.

1.3. ALCANCE

El presente proyecto es el diseño de una máquina selladora, en la que se pueden distinguir claramente una serie de subprocesos bien diferenciados en el mecanismo, que serán estudiados y analizados con detalle y que pueden clasificarse en las siguientes tres etapas:

1. Conformar la bolsa donde se alojará el producto final.
2. Introducir el producto en la bolsa.
3. Sellar de forma hermética la bolsa.

Quedando excluidas las fases de fabricación, transporte y dosificación del producto en la máquina, así como la de transporte y posteriores fases del producto una vez embolsado.



1.4. EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones a las que se destina esta máquina se emplean para la fabricación de caramelos. Se encuentran en Murcia, en la población de Alcantarilla, en el polígono industrial de San Ginés. Este polígono industrial está altamente desarrollado, y cuenta con múltiples servicios, comercios y fábricas, así como accesos directos a autovías principales, que hacen de él uno de los mejores emplazamientos para establecer de forma permanente una fábrica de las características citadas.

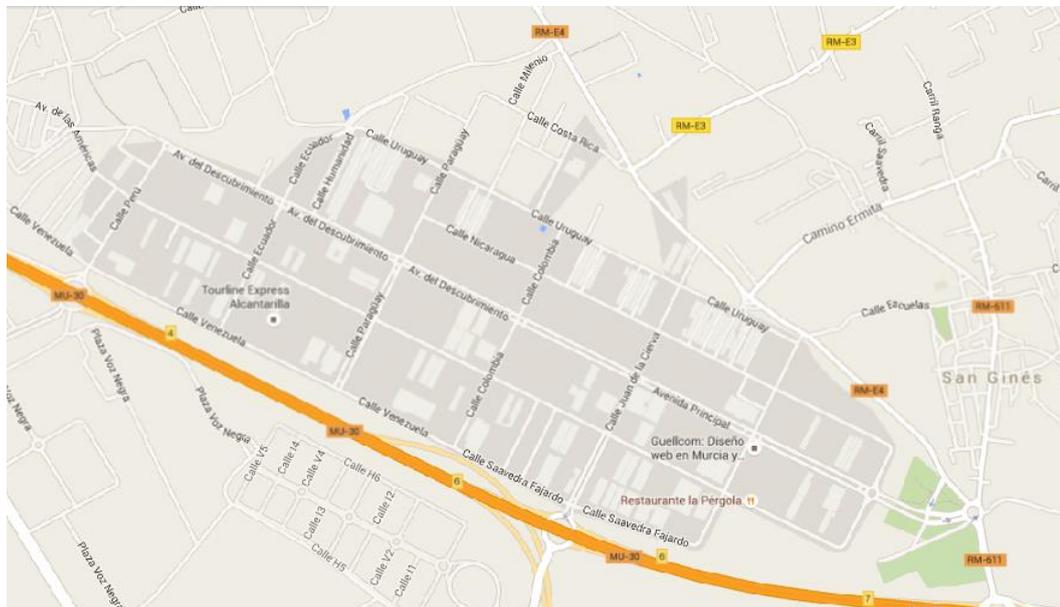


Figura 1

Estas instalaciones cuentan con un sistema integrado de fabricación de los caramelos, que posteriormente son embalados de forma individual. Tras esta fase, los caramelos son enviados mediante un sistema de transporte automático hasta un sistema de clasificación, que los ordena y organiza para pasar a una siguiente fase, donde se agrupan en dosis concretas que cumplen con una cierta pesada. Es a partir de aquí donde la máquina objeto de este proyecto recibe esas dosis exactas de caramelos, que de forma intermitente son arrojados a la tolva de alimentación para su posterior embolsado y sellado.

Una vez el producto ha quedado perfectamente embolsado, la máquina lo expulsa hacia un sistema de transporte, perteneciente a las instalaciones existentes, que lo conducirá a diversos post procesos.



1.5. NORMAS Y REFERENCIAS

1.5.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Para la realización de este proyecto, ha sido necesaria la aplicación de distintas normas que garantizan una toma de decisiones coherente con las distintas normativas de aplicación, ya sean de carácter obligatorio o recomendadas. Aquí se exponen las más importantes:

- NORMA UNE 157001:2014 Criterios Generales para la Elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- RD 1644/2008 de 10 de octubre (Directiva 2006/42/CE de 17 de mayo) por el que se establecen normas de comercialización y normas de puesta en servicio de máquinas (N).
- RD 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión (N).
- Normativa Europea de Seguridad (98/37/CEE).
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales y posteriores modificaciones (N).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (N).
- Ley 21/1992 de 16 de julio de Industria (N).
- RD Legislativo 1/2008 de 11 de enero, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (N).
- Decreto 48/1998, de 30 de julio, de protección del medio ambiente frente al ruido en la Región de Murcia (A).

1.5.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Se han utilizado softwares especializados para la realización de diversos cálculos en este proyecto. Los mismos se relacionan a continuación:

- SolidWorks. Utilizado para realizar cálculos de geometrías, centros de masa, momentos de inercia, masa de elementos individuales y de conjuntos, volúmenes y áreas.
- SolidWorks Simulation. Utiliza el método de elementos finitos para el cálculo estructural.
- ANSYS. Programa de cálculo estructural que utiliza el método de elementos finitos.



- FluidDraw de FESTO. Este programa permite la simulación de los sistemas neumáticos, los sistemas de accionamiento y la selección de los componentes definitivos mediante sus referencias comerciales.
- MEFI. Programa de cálculo estructural mediante elementos finitos.

1.5.3. BIBLIOGRAFÍA

A continuación se detallan las principales fuentes bibliográficas que se han utilizado para la realización de este proyecto:

- Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.
- Apuntes y documentación de la asignatura Diseño de elementos de máquinas.
- Apuntes y documentación de la asignatura Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.
- K.H.Decker. *Elementos de máquinas*. S.A de Ediciones Urmo, 1979.
- Gere, James M. *Timoshenko: resistencia de materiales*. S.A Ediciones Paraninfo, 2010.
- Repositorio digital de UPCT.
- Información de las páginas webs que se detallan a continuación:
 - Festo España. Disponible en:
https://www.festo.com/cms/es_es/index.htm
 - TraceParts. Disponible en:
[http://www.tracepartsonline.net/\(S\(2xclcbib2mh4ylx1uhchx0hm\)\)/content.aspx](http://www.tracepartsonline.net/(S(2xclcbib2mh4ylx1uhchx0hm))/content.aspx)
 - Cidepa. A gears boxes company. Disponible en:
<http://www.cidepa-sincron.com/>
 - Chiorino. Disponible en: <http://www.chiorino.com/es/>
 - Fortuver. Formadores de tubos verticales. Disponible en:
<http://fortuver.com/>
 - ULMA. Global Packaging. Disponible en:
<http://www.ulmapackaging.com/>
 - Schaeffler Iberia. Para la selección de rodamientos y sistemas lineales. Disponible en:
<http://www.schaeffler.es/>
- Norweb (AENOR).



1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

Para el diseño de esta máquina, se ha partido de una serie de condicionantes establecidos por el cliente que definen las condiciones de contorno del proyecto. Estos son:

- La máquina ha de ser capaz de realizar dos formatos distintos de embolsado de los caramelos, uno de 250g y otro de 1500g. Estos caramelos llegarán hasta la tolva de alimentación de esta máquina correctamente agrupados, envueltos individualmente mediante un envoltorio de tipo "bolsita roscada por un extremo" y cumpliendo con la pesada descrita, y lo harán de forma intermitente conforme a las necesidades instantáneas necesarias para el correcto funcionamiento de esta máquina, no siendo esta operación competencia de este proyecto.
- La velocidad de producción de la máquina será de 15 bolsas de caramelos por minuto correctamente cerradas por ambos extremos, tanto para el formato de 250g como para el de 1500g.
- El sello de la bolsa ha de ser hermético y cumplir con la normativa referente a la calidad del proceso de sellado, a fin de garantizar la calidad del mismo. El ancho de bolsa una vez sellada será de 18 cm.
- La máquina finalmente será capaz de expulsar las bolsas. El resto de subprocesos o la forma en que se transporte el producto embolsado llegado a este punto, no son competencia de esta máquina.

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL ENVASE

Se han estudiado distintas soluciones para el envasado de los caramelos que van desde el uso de botes de plástico rígidos, pasando por materiales textiles, polímeros elásticos con acabados y presencias de muy diversa índole, e incluso se ha estudiado la posibilidad de envasar en vidrio y encorchar.

Son diversos los motivos por los que muchas de esas soluciones han sido desestimadas, pero ha sido el aspecto económico el que ha tenido un peso decisivo a la hora de seleccionar el material final.

Ha sido importante realizar un estudio sobre las soluciones que otros fabricantes de productos similares han adoptado con el fin de ver cuál es la tendencia, y el resultado de la información analizada indica que la solución



mayoritaria en el envasado con film, compuesto de una o varias capas de polímero. Es una solución económica y efectiva porque existen polímeros comerciales en formato film con excelentes propiedades de barrera, por ejemplo al oxígeno, que garantizan la correcta conservación del producto, poseen también una excelente imprimibilidad que permite realizar rotulaciones sobre las bolsas, un alto grado de transparencia que permite ver el contenido de la misma, una capacidad de sellado térmico excelente y sobre todo, es muy económico.

Es por todo esto que la decisión final ha sido utilizar un polímero en formato film.

A la hora de determinar cuál es el film más adecuado para el diseño del presente proyecto, se ha hecho un estudio de los distintos films existentes y de sus propiedades, siendo el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y la combinación de ambos (polímero complejo) la solución más indicada.

Finalmente el film seleccionado ha sido el polipropileno complejo modelo cast (CPP), que es una variante del polipropileno que presenta mejores características mecánicas que el polipropileno convencional, lo cual es interesante para esta aplicación donde el film contacta directamente con superficies metálicas generando fricción y por tanto aumentando las tensiones en él. Además sus propiedades ópticas son excelentes presentando un 93.5% de transparencia según norma ASTM 1003, un brillo del 76% según norma ASTM D-2457, unas excelentes características mecánicas, de barrera de vapor, de barrera de oxígeno, imprimibilidad y soldabilidad.

SELECCIÓN DEL FORMATO DEL ENVASE

Existen distintas soluciones a la hora de obtener el envase donde serán depositados los caramelos:

- Adquirir los envases, tipo bolsa, ya fabricados y estudiar la forma de sellarlos en su extremo abierto.
- Adquirir rollos continuos de film en formato tubular y estudiar la forma de sellar ambos extremos del envase.
- Adquirir rollos continuos de film y estudiar la forma de disponerlo en forma tubular, sellarlo longitudinalmente y posteriormente sellarlo por ambos extremos para conformar y cerrar el envase.

El primero de los casos presenta una serie de inconvenientes de tipo constructivo que hacen de él una solución poco aconsejable, ya que abrir el envase y posicionarlo aumentaría considerablemente la complejidad mecánica



de la máquina y además, de las tres opciones, el envase conformado es la más cara.

El segundo caso es más interesante ya que simplificaría la máquina y disminuiría su coste, pero el volumen de producción de la empresa para la que se hace este proyecto es elevado, y el formato tubular es más caro que el formato film, así que este moderado aumento del precio final de la máquina quedaría compensado con el menor coste económico que supondrá la grandísima cantidad de rollos de film que, a lo largo de los años, se necesitarán para abastecer la producción.

Por tanto el formato de envase seleccionado para ejecutar este proyecto será: rollo de film de polipropileno cast.

CONFIGURACIÓN DE LA MÁQUINA

Tras un estudio minucioso del tipo de maquinaria existente en el mercado capaz de cubrir las necesidades del cliente, se ha podido determinar que existen 2 tipos de disposiciones:

- Disposición horizontal
- Disposición vertical

En principio no existe una diferencia importante en la forma en la que se ejecutan las diferentes fases del proceso, pero si hay una diferencia notoria respecto al tipo de producto que son capaces de envasar este tipo de máquinas. Las envasadoras horizontales, también denominadas FlowPack, reciben el producto a envasar de forma horizontal y sobre una cinta que lo transporta, de manera que el producto ha de estar dispuesto de una forma ordenada y separado una distancia determinada. Esto es ideal para productos con una geometría uniforme donde este orden es fácil de garantizar.

Sin embargo, cuando el producto a envasar no tiene una geometría determinada que se repita envasado tras envasado, no es posible utilizar este sistema o encarecería enormemente la máquina debido a la necesidad de implantar sistemas de control que aseguren la correcta ordenación del producto para conseguir el grado de sincronía necesario.

La envasadora en disposición vertical, consta de una tolva de alimentación superior por donde el producto es arrojado, de forma que por gravedad el producto queda dispuesto en una posición concreta que permite una buena sincronización del proceso.

Es por esto que la decisión final a este respecto es la de diseñar la máquina con una disposición vertical, ya que los caramelos que se reciben en agrupaciones



de 250r o de 1500g, no tienen una configuración adecuada para ser envasados por una de tipo horizontal.

FIJACIÓN DEL ROLLO DE FILM

Se hace necesario sujetar el rollo de film para su correcto desbobinado, para ello se utilizará un eje expansible de accionamiento neumático que mantendrá fijada la bobina de film firmemente, y que permitirá el cambio de bobina con mayor rapidez y seguridad que lo hacen los sistemas manuales de fijación

SISTEMA REGULADOR DE LA TENSIÓN DEL FILM

Se instalará un sistema regulador de la tensión del film que constará de los siguientes componentes:

1. Un rodillo que está en contacto permanente con el film que le ejerce una tensión conocida, de forma que cuando el film se tensa o destensa, unas células de carga detectan esta variación y envían una señal a una unidad de procesamiento para restituirla.
2. Un freno neumático instalado en el eje que sostiene la bobina de film. Este freno es el que hace posible que exista la tensión inicial antes mencionada, ya que sin él el film quedaría sin tensión de forma permanente. La unidad de procesamiento puede aumentar o disminuir la presión del freno para generar más o menos tensión.
3. La unidad de procesamiento antes mencionada se encarga de recibir la información del sensor de carga y traducirla en la presión necesaria en el freno para que la tensión permanezca estable.

CONFORMADO TUBULAR DEL ENVASE

Se plantea la necesidad de convertir la geometría plana del film en la geometría cilíndrica que necesita el envase. Para ello se dispone de un elemento denominado cuello formador, que consta de una geometría similar a un cuello de camisa y que permite adaptar el film mediante un giro complejo del mismo al tubo de alimentación. El tubo de alimentación es un tubo dispuesto verticalmente, que en su parte superior incorpora la tolva de llenado y sobre el cual se conforma la geometría tubular que el cuello formador genera. Además, por el mismo se suministran los caramelos que llenarán la bolsa.

Este cuello formador ha de tener unas dimensiones determinadas para formar una sección tubular a partir del film, y las medidas exactas calculadas para este diseño.



El cuello formador será encargado bajo pedido a la empresa FORTUBER que además, ofrecerá asesoramiento técnico para su correcta implantación sobre la máquina y garantía de funcionamiento del elemento.

SISTEMA DE SELLADO VERTICAL

Una vez formada la sección circular, el cuello formador asegurará que los bordes del film queden dispuestos tal y como muestra la **Figura 3**, donde dos discos selladores realizarán la soldadura longitudinal de forma continua. Los discos selladores pueden verse en la **Figura 2**.

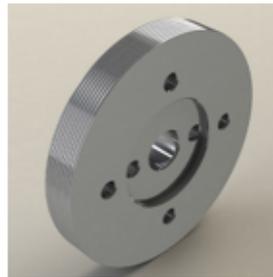


Figura 2

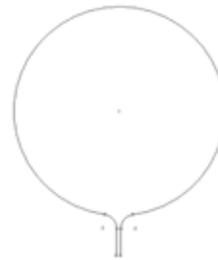


Figura 3

Tal y como se explicó con anterioridad, es necesaria una cierta fuerza de contacto para hacer posible la soldadura, así que se incorporará un sistema que empujará a los rodillos contra el film para asegurar que se cumple la fuerza mínima de contacto. Esta fuerza será regulable para poder realizar un ajuste fino in situ en el momento de su puesta en marcha y en vista de posibles cambios de la velocidad de trabajo de la máquina.

Una vez finalizada la soldadura, un sencillo deflector situará el labio sellado en esta fase en posición transversal, de forma que quede preparado para el posterior sellado horizontal.

A pesar de que el sistema mecánico de sellado vertical será diseñado en este proyecto, los rodillos calefactados serán un elemento de diseño que se encargará a una empresa especializada que se ocupará de seleccionar el material y el tratamiento superficial más adecuado para los rodillos, con el fin de garantizar la temperatura superficial especificada en este proyecto, junto con la garantía de no adhesión de las bandas al film.

Para ello se ha seleccionado la empresa especializada GREENER corporation, a quienes será realizado este encargo.



SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL

Una vez el envase ha quedado conformado y sellado longitudinalmente, el film termina su recorrido a lo largo del tubo de llenado. Es ahora cuando el envase debe quedar cerrado en su extremo inferior, y el producto debe introducirse en él para posteriormente, ser cerrado por la parte superior. Teniendo en cuenta que la velocidad del film es constante, se puede apreciar la necesidad de un sistema que realice el proceso de sellado a la vez que se desplaza verticalmente a la misma velocidad que el film, descartando automáticamente cualquier sistema convencional de posicionamiento intermitente neumático, eléctrico o mecánico.

○ LA MORDAZA DE SELLADO

Se instalará una mordaza de sellado doble que permita realizar simultáneamente la soldadura superior de uno de los envases y la inferior del siguiente envase. Al igual que en el sellado vertical, será necesario mantener constante la temperatura recomendada por el fabricante del film en la cara exterior de la mordaza para garantizar el sello, y seleccionar un material y un tratamiento superficial adecuado de la mordaza para evitar que el film se adhiera a ella.

El calor aportado a la mordaza provendrá de un conjunto de resistencias eléctricas instaladas en alojamientos específicos para ello sobre la mordaza, e incorporará unos sensores de temperatura también instalados en la mordaza, para obtener una lectura en tiempo real de la temperatura próxima a la superficie de sellado, con el fin de poder regularla y estabilizarla mediante sistemas de control apropiados.

Es necesario un sistema capaz de separar un envase de otro ya que el film es continuo. Es por esto que se instalará una cuchilla de corte situada entre las dos superficies de sellado de la mordaza y guiada mediante un carril diseñado para ello que proporcionará un corte en zig-zag para facilitar la apertura del envase. La cuchilla será accionada mediante un pistón neumático de doble efecto, que la empujará describiendo un recorrido rectilíneo que seccionará el film por la zona que divide el sellado superior de un envase y el inferior del siguiente, y hará que ésta retroceda a su posición original. Esta operación de corte se iniciará justo después de que ambas mordazas contacten entre sí presionando el film para su sellado, y habrá terminado antes de que las mordazas se separen.



Cada semi-mordaza constará de:

- 1) Un bloque principal de fabricación metálica que incorporará los alojamientos para las resistencias eléctricas y una ranura que sirva de guía para la cuchilla.
- 2) Un aislante térmico que evitará la pérdida de calor por conducción a través del soporte de la mordaza.
- 3) El elemento sellador, que será de fabricación metálica pero con un tratamiento antiadherente, irá atornillado al bloque principal para facilitar su sustitución en caso de ser necesaria.

La siguiente imagen muestra una semi-mordaza con sus componentes principales.

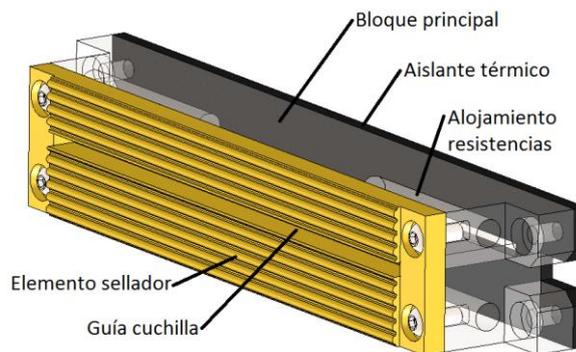


Figura 4

Tras realizar el diseño dimensional y determinar las distintas características técnicas que se detallan en este proyecto, se encargará el diseño definitivo y la fabricación de la mordaza a la empresa especialista en termosellado GREENER corporation.

○ SISTEMA ROTATIVO DE BIELAS

Tal y como se ha mencionado anteriormente, es necesario hacer un sistema de sellado que adquiera la misma velocidad que el film, ya que la velocidad de éste es constante. La solución adoptada para esto ha sido crear un sistema rotativo de bielas que portan el conjunto mordaza-cuchilla-separador térmico, haciendo que éste describa una trayectoria circular. En un punto de esta trayectoria, ambas mordazas contactan presionando el film, y los diversos procesos anteriormente descritos son llevados a cabo.

El problema que esto presenta es que es necesario un tiempo determinado exponiendo el film a calor y presión para que la soldadura sea efectiva, y no se puede conseguir esto si el contacto entre mordazas se realiza solo durante un punto en toda la circunferencia que describe el conjunto. Además tampoco es



posible disminuir la velocidad de giro del conjunto con el fin de aumentar este tiempo, porque la velocidad de producción es una premisa que quedó fijada como condición en el inicio del proyecto, siendo esta de 15 envases por minuto, lo que implica que la mordaza ha de hacer 15 soldaduras por minuto y, teniendo en cuenta que hace falta un giro completo de las bielas para realizar una soldadura, el resultado es que la velocidad de giro de las bielas que portan el conjunto de sellado ha de ser de 15rpm.

La solución adoptada ha sido desarrollar un sistema capaz de transformar una parte de la trayectoria circular del conjunto en un movimiento rectilíneo que se aprovecha para hacer el sellado. La **Figura 5** servirá para explicar el funcionamiento del sistema.

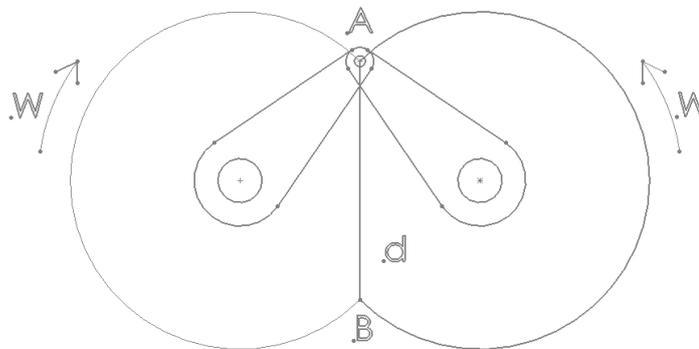


Figura 5

Ambas circunferencias de la **Figura 5** describen el movimiento del conjunto sellador. Una de las bielas girará en sentido opuesto al de la otra biela. Cuando cada semi-mordaza llega al punto A, éstas contactan iniciando el sellado.

Teniendo en cuenta que el origen o centro de giro de cada biela, es un punto fijo que solo permite el giro, el hecho de que ambas mordazas contacten en A, es motivo para que el mecanismo quede sin ningún grado de libertad y por tanto se comporte como una estructura impidiendo cualquier tipo de movimiento del sistema. Esto se ha solucionado incorporando un sistema neumático que retrae la mordaza de tal forma que el contacto entre las semi-mordazas permanece, y permite al sistema seguir girando.

La inclusión de este sistema soluciona ese aspecto pero introduce otro factor a considerar, y es que una vez el sistema haya superado el punto medio del tramo rectilíneo A-B, la tendencia de las semi-mordazas será la de separarse no respetando el deseado recorrido rectilíneo.



Es por esto que se incorporará además un accionamiento neumático compuesto por dos actuadores de simple efecto destinados a desplazar horizontalmente cada semi-mordaza, y un sistema limitador de la presión de los actuadores.

Este sistema realizará el siguiente ciclo:

1. A partir del punto A, el sistema neumático permitirá que las semi-mordazas al contactar se retraigan evitando la rotura del mecanismo, y lo harán de tal forma que la fuerza necesaria para hacer que se retraigan sea la mínima fuerza exigida de contacto entre mordazas para conseguir el correcto sellado. Esto será posible gracias al sistema limitador de presión antes mencionado, que detectará un aumento de presión en los pistones que desplazan a las semi-mordazas y realizará una descarga a la atmósfera para estabilizar la presión a los valores de tarado preestablecidos en función de la fuerza de contacto.
2. Una vez el sistema se encuentra en el punto medio del tramo A-B, las mordazas tenderán a separarse. Esto se traducirá en una disminución de la presión en el sistema neumático, de tal forma que éste aumentará la presión en los pistones de simple efecto para asegurar que la fuerza de contacto entre las semi-mordazas sigue respetándose.
3. A partir del punto B, las semi-mordazas se separan liberando el envase lleno, cortado y sellado, describiendo de nuevo una trayectoria circular.

Para evitar que ambas semi-mordazas pierdan la posición correcta y que en el momento de contactar no queden bien alineadas, se instalará un sistema de guiado formado por dos ejes de sección circular que, junto con unos rodamientos lineales, alinearán los dos semi-conjuntos que portan las semi-mordazas de sellado y que están permanentemente girando.

○ SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DEL FILM

La velocidad del film ha de ser un parámetro constante en todo momento, ya que el correcto funcionamiento del resto de sistemas de la máquina depende de ello.

Para conseguir la velocidad deseada, se plantean diferentes sistemas:



1. Las mordazas selladoras en su movimiento de avance traccionan el film confiriéndole movimiento.
2. Unas bandas adherentes instaladas sobre poleas, presionan el film contra el tubo de llenado del cuello formador. Una de las poleas es conductora y su giro hace que las bandas desplacen el film.

El sistema planteado en el punto uno es el más interesante, ya que no requiere incorporar ningún tipo de motor ni mecanismo adicional que lo haga funcionar, y además con este sistema la sincronización está garantizada. El problema que presenta es que el movimiento de avance solamente lo realizaría durante la etapa de sellado, es decir, a lo largo del movimiento descrito por el segmento A-B representado en la **Figura 5** y permanecería sin movimiento alguno durante el resto del giro descrito por las bielas hasta que las semi-mordazas volvieran a contactar traccionando el film nuevamente.

Por otro lado el sistema descrito en el punto 2 representa la solución al desplazamiento del film que se adoptará en este proyecto, ya que es capaz de conferir un movimiento continuo al film en todo momento. En este sistema las bandas juegan un papel principal porque han de asegurar que no existe deslizamiento alguno del film respecto a ellas, ya que de lo contrario la coordinación entre las distintas etapas que la maquina realiza se perdería ocasionando diversos tipos de problemas (sellado deficiente, aplastamiento del producto por las mordazas, recalentamiento del film, etc...).

Por otro lado para asegurar que no hay deslizamiento, las bandas deben aplicar una cierta fuerza normal al film con el único objetivo de alcanzar una fuerza de rozamiento que asegure el no deslizamiento antes comentado. Esto ocasiona un problema y es que el film, a su vez, también está siendo presionado contra el tubo de alimentación fabricado en acero inoxidable, lo que inevitablemente provoca la aparición de una fuerza de rozamiento extra entre el film y el tubo, que dificulta el movimiento de avance teniendo las bandas que vencer esta fuerza extra.

Todos estos aspectos comentados sobre fuerzas de rozamiento sirven para determinar las características que han de tener las bandas conductoras. Éstas deberán de ser de un material tal que el coeficiente de rozamiento entre la banda y el film sea lo más elevado posible para cumplir dos objetivos:

- 1) Asegurar que no desliza el film respecto de la banda para evitar la pérdida de sincronía de la máquina.



- 2) Hacer posible que la fuerza normal que la banda aplica al film sea lo más pequeña posible, para que la fuerza de rozamiento que se origina de forma inevitable entre el film y el tubo de llenado también lo sea.

Respecto a las dimensiones de las bandas, se calcularán en función de la superficie de contacto con el film disponible y la resistencia a la deformación del film, de tal forma que en ningún momento puedan las bandas provocar una deformación permanente en el film.

Al menos una de las poleas que incorporan las bandas será conductora, y el movimiento de esta rueda se lo proporcionará un servomotor eléctrico. Las dos ruedas conductoras de ambas bandas irán sincronizadas mediante un sistema electrónico de control que asegure un régimen de giro estable e idéntico en ambas ruedas conductoras. El servomotor dispondrá de un sistema variador de frecuencia que permitirá variar la velocidad de toda la máquina con el fin de ajustar ésta a los dos casos de fabricación de bolsas (250g y 1500g).

1.8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

| | | |
|--------------|--|-----------------------|
| APARTADO 3.1 | TORNILLERÍA..... | 125.02 Euros |
| APARTADO 3.2 | RODAMIENTOS Y SISTEMAS LINEALES..... | 1946.56 Euros |
| APARTADO 3.3 | ELEMENTOS NEUMÁTICOS..... | 1541.18 Euros |
| APARTADO 3.4 | MANO DE OBRA DE ELEMENTOS MECANIZADOS..... | 4890.00 Euros |
| APARTADO 3.5 | ELEMENTOS SUBCONTRATADOS..... | 5190.00 Euros |
| APARTADO 3.6 | ELEMENTOS COMERCIALES..... | 3552.30 Euros |
| APARTADO 3.7 | CERRAMIENTO DE SEGURIDAD..... | 2336.91 Euros |
| APARTADO 3.8 | ESTRUCTURA..... | 231.25 Euros |
| APARTADO 3.9 | MONTAJE..... | 640 Euros |
| | TOTAL | 14022.04 Euros |

Asciende el presupuesto de ejecución material del presente proyecto a la cantidad de CATORCE MIL VEINTE Y DOS EUROS CON 4 CENTIMOS (14022.04 EUROS)



Presupuesto de ejecución material.....14022.04 Euros

12% de beneficio industrial.....16826.45 Euros

Asciende el presupuesto de ejecución material del presente proyecto a la cantidad de
DIECISEIS MIL OCHO CIENTOS VEINTE Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y CINCO
CENTIMOS (16826.45 EUROS)

1.9 FORMA DE PAGO

El pago se realizará a la entrega del Contratista del presente proyecto terminado.
(Llave en mano.)

1.10 AGRADECIMIENTOS

Dedico todo el esfuerzo y la ilusión que he puesto en este proyecto, a las personas que me dieron el empujón que necesitaba para retomar mis estudios y poder cumplir mi sueño de ser ingeniero. Porque ellas siempre confiaron en mí mucho más que yo en mí mismo, que jamás creí ser capaz de poder lograr algo así.

Gracias Marta, porque me matriculaste en el instituto para prepararme el acceso para mayores de 25 años, cuando yo no quería ni oír hablar de eso.

Gracias mamá, porque coaccionaste a Marta para que me matriculara....y porque te llevo arruinada desde que abandoné mi trabajo para comenzar esta etapa.

Gracias Judith, amor, te quiero. Gracias por aguantarme, especialmente durante estos 4 años, cuando ni yo me aguantaba. Perdona por todo, sé que soy un obsesivo y que lo llevo todo al extremo. Enhorabuena por la publicación de tu libro. Es algo muy importante y me encanta que te haya sucedido, tú vales mucho más de lo que crees, todos lo sabemos.

Gracias a mis hijos Aitor y Jose, gracias por habérmelo puesto tan complicado, porque si he salido de esta con vosotros, estoy seguro que podré salir airoso de cualquier otra. Jamás olvidaré como me preparé mi examen de elasticidad y resistencia de materiales en los pasillos del hospital San Carlos. Fue una auténtica pesadilla. Os quiero hijos, con diferencia, sois lo mejor de mi vida. Os amo!!!

No puedo terminar sin nombrar a mis hermanas pequeñas Cris y Bea, que tanto confían en mí, y siempre dan por supuesto que yo puedo conseguirlo todo.

Papá, lo que daría por poder compartir esto contigo. Sé que tú has estado conmigo haciéndolo todo posible, y que te hubiese encantado estar aquí con nosotros para disfrutar de todo juntos. Te quiero.



1.11 CONCLUSIÓN A LA MEMORIA

Estimando que para la redacción del proyecto se han tenido en cuenta las prescripciones de la legislación vigente y que de acuerdo con ellas se han cubierto las condiciones impuestas por el Departamento de Ingeniería Mecánica para la realización del proyecto, se somete a aprobación por los organismos oficiales, dándolo por terminado.

Víctor Velasco Tortosa
Graduado en Ingeniería Mecánica

Cartagena, 27 de octubre de 2015