

**RE-DISEÑO DE UNA SELLADORA DE EMPAQUES PLASTICOS PARA  
OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCION**

**ABELARDO ANTONIO AGUDELO AGUDELO  
EDWAR MARTINEZ MARTÍNEZ  
EDWIN MUÑOZ MORENO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERIA MECANICA  
MEDELLÍN - ANTIOQUIA  
2013**

**RE-DISEÑO DE UNA SELLADORA DE EMPAQUES PLASTICOS PARA  
OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCION**

**ABELARDO ANTONIO AGUDELO AGUDELO  
EDWAR MARTINEZ MARTÍNEZ  
EDWIN MUÑOZ MORENO**

**ASESOR:  
CHRISTIAN ANDRES GONZALEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERIA MECANICA  
MEDELLÍN - ANTIOQUIA  
2013**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, Noviembre de 2013

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1. JUSTIFICACION</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>13</b>
<b>2.2. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>14</b>
<b>3.1 MAQUINA SELLADORA PROYSELL</b>	<b>14</b>
<b>3.2 LOS POLÍMEROS</b>	<b>15</b>
<b>3.3 FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL NUEVO SISTEMA</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1 Torsión</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2 Flexión</b>	<b>18</b>
<b>4. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>19</b>
<b>4.1 DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA ACTUAL</b>	<b>19</b>
<b>4.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL</b>	<b>20</b>
<b>4.3. PRINCIPALES SISTEMAS</b>	<b>21</b>
<b>4.4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL NUEVO DISEÑO</b>	<b>25</b>
<b>4.4.1 Dimensiones y Geometría de la Maquina</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN</b>	<b>26</b>
<b>4.5 ESQUEMA DEL NUEVO DISEÑO</b>	<b>26</b>
<b>4.5.1 Cálculos del diseño</b>	<b>27</b>
<b>4.5.1.1. Velocidad máxima de la máquina</b>	<b>27</b>
<b>4.5.1.2. Cálculos del esfuerzo que intervienen en el sistema</b>	<b>28</b>
<b>4.5.1.3. Calculo del peso del Rodillo.</b>	<b>29</b>
<b>4.5.1.4. Cálculo de los tubos en aluminio</b>	<b>29</b>

<b>4.6.2</b>	<b>Planos del diseño</b>	<b>35</b>
<b>4.7</b>	<b>SELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>36</b>
<b>4.8</b>	<b>PROGRAMA DE MOVIMIENTO PARA LOS SERVOMOTORES</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>40</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Maquina selladora de bolsas plásticos Tomada de la empresa IMPRESOS FLEXOGRAFICOS SAS.	20
<b>Figura 2.</b> Tomada de dese bobinador maquina proysell.	21
<b>Figura 3.</b> Celda lectora de marcas de la selladora proysell	22
<b>Figura 4.</b> Rodillos de tracción de selladora proysell.	22
<b>Figura 5.</b> Servomotor de sellador proysell	23
<b>Figura 6.</b> Cuchilla selladora de selladora proysell.	23
<b>Figura 7.</b> Tapete de selladora proysell.	24
<b>Figura 8.</b> Tablero de control de selladora proysell.	25
<b>Figura 9.</b> Diagrama de esfuerzos que intervienen en el sistema	30
<b>Figura 10.</b> Rodillos doble tracción selladora proysell	31
<b>Figura 11.</b> Esquema de área proyectada del rodillo	32
<b>Figura 12.</b> Esquema de área proyectada del rodillo	35
<b>Figura 13.</b> Planos de selladora doble carril.	36

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Propiedades de los polímeros	16
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de los piñones de tracción	39
<b>Tabla 3.</b> Elementos de máquina	39

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a DIOS por prestarnos la vida y a la institución Universitaria Pascual Bravo por darnos la oportunidad de capacitarnos para que seamos excelentes profesionales, al asesor Cristian Andrés Gonzales Salazar por darnos toda la asesoría necesaria para la ejecución de este proyecto, a la empresa Impresos Flexograficos SAS por brindarnos el espacio necesario y la confianza para hacer que este trabajo se haga realidad.



## RESUMEN

En este proyecto, se realizó un diseño de una maquina selladora de doble carril con la cual se espera doblar la producción de bolsas plásticas en la compañía Impresos Flexograficos SAS.

El diseño conto con una etapa de investigación, en la que se identificaron los aspectos generales del proceso de plastificado, la formación de los polímeros y sus propiedades físico químicas derivadas del petróleo, posteriormente se hicieron los respectivos análisis, cálculos y planos con lo cual se determinó el listado de materiales con los culés se fabricaron la piezas para la construcción de este diseño, con lo que se pudo demostrar por medio de los análisis y resultados obtenidos un incremento de un 40% adicional en la producción con respecto al diseño anterior.

## INTRODUCCION

Impresos Flexográficos S.A.S: es una empresa con más de 15 años de experiencia en la fabricación y comercialización de empaques flexibles impresos. La especialidad es la fabricación de bolsas plásticas publicitarias para almacén tipo boutique. Están a las necesidades del mercado nacional y de países como Panamá, Ecuador, Venezuela y Guatemala. Se caracterizan por el diseño y la innovación, para satisfacer las necesidades de cada uno de los clientes, brindando apoyo comercial, logístico y publicitario.

Tienen como misión ser una empresa especializada en la fabricación de bolsas plásticas publicitarias impresas basadas en el diseño, la innovación y cuentan con personal humano calificado para satisfacer las necesidades de cada uno de los clientes, brindando apoyo comercial y publicitario en la construcción de la marca.

Tiene como visión, en el año 2014 Impresos Flexográficos S.A.S será reconocida a nivel nacional e internacional como una empresa en la fabricación de bolsas plásticas impresas, fortaleciendo la exportación para la conquista de nuevos mercados, apoyados en un grupo de profesionales altamente calificados y respaldados por excelentes avances tecnológicos y valor agregado en sus productos.

Impresos Flexográficos S.A.S ofrecen una gran variedad de bolsas al mercado, Bolsas troqueladas, Bolsas con manijas fusionadas, Bolsas tipo tula, Bolsas con cordón y cartón de refuerzo; Además la empresa se caracteriza por resolver nuevos retos en la innovación haciendo bolsas con características únicas dependiendo de las necesidades de cada cliente.

Todo el proceso comienza cuando es extruida una película plástica o una lámina tubular de alta o baja densidad en alguna de las tres extrusoras, luego los rollos extruidos son puestos en la impresora con una capacidad de hasta 6 diferentes colores, una vez obtenido los rollos impresos estos pasaran a las selladoras y dependiendo de las necesidades del cliente, se hacen montajes especiales para obtener diferentes tipos de bolsas, una vez obtenidas las cajas de sellado según el tipo de bolsas estas pasaran ya sea al área de troquelado o refileado, si estas son refileadas pueden ir directamente al área de empaque o ir al área de fusionado donde se les coloca una manija plástica, y para otras necesidades de los clientes las bolsas son enviadas a terceros donde por ejemplo se les pone manija tipo cordón, sello de fondo, cartón de refuerzo, entre otros que dependan de las necesidades del mercado.

Parte de este proceso es el de mejorar su capacidad productiva y la renovación de sus equipos, es por esto y múltiples razones que en común acuerdo con la compañía se decide tomar la decisión de realizar este proyecto.

La máquina a la cual se le aplicara esta reforma, es una selladora prohysell diseñada por el director dela empresa (GERMAN MAURICIO DUQUE VELEZ y el ingeniero de la universidad de EAFIT JOHN RESTREPO) modelo 1998.

En la actualidad existen otras máquinas selladoras también llamadas selladoras doble carril, las cuales pueden sacar dos empaques por cada golpe que la cuchilla sobre el rodillo sellador, pero estas aplicaciones solo se dan para un tipo de bolsas en específico, y son las famosas camiseteras las cuales son demasiado costosas para una sola aplicación.

## 1. JUSTIFICACION

Con este proyecto se pretende mejorar el rendimiento productivo en cuanto a la fabricación de empaques plásticos publicitarios se refiere.

Lo que se pretende es realizar el diseño y simulación de una mejora en una maquina selladora de bolsas plásticas con la finalidad de incrementar la producción, rebajando costos y tiempos en los procesos productivos de la empresa (IMPRESOS FLEXOGRAFICOS S.A.S.). Para lograr este objetivo se implementara un sistema que permita sacar el doble de producción, sellando dos bolsas por golpe, lo que contribuirá con la rentabilidad de la empresa. El diseño contempla la división de la maquina en dos, es decir: los rodillos ya no serán sencillos sino dobles, y se calculará e instalara un servomotor adicional al ya existente controlado por un driver, otra fotocelda, ocho rodillos de tracción e incrementar los sistemas de engranajes. Se utilizaran planos existentes, asesorías por parte de los diseñadores de la máquina, revistas, libros, internet, y todos los registros que se puedan encontrar acerca de otros trabajos ya existentes para tal finalidad.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar un diseño en una selladora de bolsas plásticas publicitarias, para reformarla, dejarla doble carril con el fin de sacar el doble de producción en menos tiempo.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Rebajaros los costos de producción hasta en un 40%.
- Realizar un diseño que contemple los diferentes conceptos de ingeniería Mecánica de las diferentes disciplinas que apliquen en el proyecto.
- Contribuir con este diseño al plan de mejoras propuestas por el personal innovación y desarrollo de la compañía.

### **3. MARCO TEORICO**

El proceso comienza cuando es extruida una película plástica o una lámina tubular de alta o baja densidad en alguna de las tres extrusoras, luego los rollos extruidos son puestos en la impresora con una capacidad de hasta 6 diferentes colores, una vez obtenido los rollos impresos estos pasaran a las selladoras y dependiendo de las necesidades del cliente, se hacen montajes especiales para obtener diferentes tipos de bolsas, una vez obtenidas las cajas de sellado según el tipo de bolsas estas pasaran ya sea al área de troquelado o refileado, si estas son refileadas pueden ir directamente al área de empaque o ir al área de fusionado donde se les coloca una manija plástica, y para otras necesidades de los clientes las bolsas son enviadas a terceros donde por ejemplo se les pone manija tipo cordón, sello de fondo, cartón de refuerzo, entre otros que dependan de las necesidades del mercado.

#### **3.1. MAQUINA SELLADORA PROYSELL**

La selladora proysell fue diseñada por el gerente de producción German Mauricio Duque, y el ingeniero en mecánica John Restrepo egresado de la universidad de EAFIT, con la finalidad de sellar bolsas plásticas en forma lateral, y su velocidad máxima es de 140 golpes por minuto, dependiendo del calibre, la longitud, y el grado de complejidad de la impresión, la longitud máximo de bolsas que se pueden sacar es de 100cm y un ancho máximo de 94 cm, actualmente la maquina cuenta con los siguientes sistemas:

- Dese binador
- Balancín
- Rodillos colapsado-res
- Cuchilla de sellado

- Tapete de arrastre y transporte
- Mesa de apilado de los empaques
- Los componentes de la maquina son los siguientes:

Dos rodillos de tracción, una fotocelda, dos rodillos para dese bobinar el material, un servomotor, 20 rodillos guías, un motor para el dese bobinador, otro para la cuchilla de sellado, y otro para el tapete, en su gabinete se encuentra: tres variadores de velocidad, 8 relevos de estado sólido, un driver o controlador, un computador, un control de temperatura para la cuchilla entre otros. La parte estructural está formada por placas de  $\frac{3}{4}$  de espesor las cuales le dan rigidez y firmeza a toda la máquina.

La selladora está diseñada para sellar una sola bolsa por cada golpe de la cuchilla, y poder sacar empaques con calibres entre 0.5 y 20 milésimas de pul, la temperatura máxima de la cuchilla es de 550°C y en ella se pueden sacar bolsas con cinta de seguridad, troqueladas, con bolsillos para mensajería, esta máquina satisface en gran parte las necesidades de la empresa, pero el crecimiento del mercado obliga a implementar nuevas tecnologías o a realizar innovaciones, que ayuden a que la empresa siga creciendo.

### **3.2. LOS POLÍMEROS**

En 1860 se fabricó el primer plástico en los EEUU con la finalidad de reemplazar al marfil.

En 1907 LEO BACKELAND invento la baquelita, el primer plástico calificado como termo fijo o termoestable.

En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al

cual le dieron el nombre de polietileno (PE) y hacia los 50 aparece el polipropileno (PP).

También en los años 30 se produjo el poli estireno y el nylon, y al reemplazar en el etileno un átomo de hidrogeno por uno de cloruro, se produjo el cloruro de vinilo (PVC) excelente para tubería para cañerías.

La materia prima utilizada para la producción de empaques plásticos en esta empresa es polietileno de alta y baja densidad.

Las bolsas plásticas se han convertido en una solución práctica para la envoltura de los productos y darles publicidad a muchos clientes que ven en sus empaques, una forma fácil y económica.

PROPIEDAD	UNIDAD	NORMA	POLIETILENO	POLIPROPILENO	GRILON	CELCON
DENSIDAD	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D762	0.96	0.901	1.14	1.42
RESISTENCIA A LA TRACCION	kg/cm <sup>2</sup>	D638	250	360	630	710
ELONGACION	%	D638	50 - 800	200 - 700	60 - 300	25 - 75
MODULO DE ELASTICIDAD	kg.cm <sup>2</sup>	D638	3.5 A 13x10 <sup>3</sup>	1.3 X 10 <sup>4</sup>	1.88 X 10 <sup>4</sup>	3.88 X 10 <sup>4</sup>
DUREZA	----	D785	D 70/80	R85-110	R 119	R 120
RESISTENCIA AL IMPACTO	ft.lb/in	D256	0.5-20	0.5-20	0.8-5.5	1.4-2.5
RESISTENCIA DIELECTRICA	Kvolt/mm		22	24	23	23
ABSORCION DE HUMEDAD 23°C A 60%	%		0.2	0.02	2.5	0.9
TEMPERATURA DE TRABAJO	°C		80*	120*	90*	95*

Tabla 1. Propiedades de los polímeros



### 3.3 FUERZAS QUE ACTÚAN EN EL NUEVO SISTEMA

En ingeniería y, en especial, en ciencia de los materiales, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde la antigüedad, este comportamiento no fue de interés real hasta la Revolución industrial, cuando, a mediados del siglo XIX comenzaron a producir las fuerzas necesarias para provocar la rotura con cargas dinámicas son muy inferiores a las necesarias en el caso estático; y a desarrollar métodos de cálculo para el diseño de piezas confiables. Este no es el caso de materiales de aparición reciente, para los que es necesaria la fabricación y el ensayo de prototipos.

- Denominado ciclo de carga repetida, los máximos y mínimos son asimétricos con respecto al nivel cero de carga.
- Aleatorio: el nivel de tensión puede variar al azar en amplitud y frecuencia.

3.3.1 **Torsión:** En ingeniería, torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

La torsión se caracteriza geoméricamente porque cualquier curva paralela al eje de la pieza deja de estar contenida en el plano

formado inicialmente por la dos curvas. En lugar de eso una curva paralela al eje se retuerce alrededor de él.

El estudio general de la torsión es complicado porque bajo ese tipo de sollicitación la sección transversal de una pieza en general se caracteriza por dos fenómenos:

1. Aparecen tensiones tangenciales paralelas a la sección transversal.
2. Cuando las tensiones anteriores no están distribuidas adecuadamente, cosa que sucede siempre a menos que la sección tenga simetría circular, aparecen alabeos seccionales que hacen que las secciones transversales deformadas no sean planas.

**3.3.2. Flexión:** En ingeniería se denomina **flexión** al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector.

## **4. DISEÑO METODOLÓGICO**

La selladora a la cual se le hizo el rediseño, es de fabricación nacional, y tiene como función separar y sellar las bolsas plásticas, las cuales posteriormente pasaran al proceso de ensamble, o se empaacan para ser despachadas al cliente.

La máquina se modificara y quedara funcionando con dos servomotores, cuatro rodillos de tracción, dos correas referencia 1000 h 100, cuatro ruedas dentadas referencia H 18, dos fotoceldas, dos drivers, y se alargara la maquina en 70 cm más, se sincronizaran los dos servos para que trabajen al mismo tiempo, a la señal de una de las fotoceldas cuando se necesite sacar bolsas de más de 40 cm y se sincronizaron de forma independiente, pero que arranquen al mismo tiempo, cuando se necesite sellar dos empaques por separado pero de la misma referencia, la cuchilla térmica es la misma con la que ha venido trabajando el sistema, y las condiciones para el tapete tampoco se modificaron, se realizaron los planos cálculos pertinentes que se necesitaron. El costo del proyecto está estipulado en \$17.000.000.

### **4.1. DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA ACTUAL**

Actualmente la selladora consta de las siguientes características:

Medidas:

Ancho: 1220 mm

Largo: 4200mm

Altura máxima: 2000mm

### **4.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL**

Dependiendo de las características de la bolsa como son: el calibre, el ancho del material, la longitud del empaque y el tipo de impresión que esta lleve, se puede

programar la velocidad de trabajo, pero se puede decir que la maquina puede sacar producción entre 20 y 120 golpes por minuto asea 20-120 RPM en su piñón de salida. El equipo está diseñado para sellar bolsas hasta 940mm de ancho y una longitud desde 100 hasta 1200mm con o sin impresión.

El tipo desello es lateral y la temperatura de trabajo de la cuchilla selladora se puede programar y va desde 40 hasta 550°C, la cual se programa desde un controlador P&D, siendo 450 a 520°C, la temperatura ideal para garantizar un buen sello. También se pueden sacar bolsas con solapa, fuelles, cinta de seguridad, troquel y otras aplicaciones, las cuales se han implementado en la empresa.



Figura 1. Maquina selladora de bolsas plásticos Tomada de la empresa IMPRESOS FLEXOGRAFICOS SAS.

#### 4.3. PRINCIPALES SISTEMAS

**Dese bobinador:** consta de una flecha dese bobinadora, una serie de rodillos guidores, dos rodillos con recubrimiento de caucho, los cuales trabajan en

contacto tangencial y a los cuales les transmite movimiento un motor de 1HP quien a su vez esta sincronizado con el motor de la cuchilla para que ejerza la función correcta, un balancín, el cual se encarga de mantener la tensión adecuada para que el material no pierda la tensión.



Figura 2. Tomada de dese bobinador maquina proysell.

**Celda lectora de marcas:** También llamada fotocelda, su función es censar un entorno de color, el cual es programado con anticipación, esta envía una señal de paro al driver, para que este a su vez envíe otra señal al servomotor y este proceda a realizar un paro de movimiento y la cuchilla proceda a sellar .



Figura 3. Celda lectora de marcas de la selladora proysell

**Rodillos de tracción:** son cuatro tubos HR con recubrimiento de caucho a base de nitrilo, de 70mm de diámetro y 1000mm de longitud, los cuales tienen dos soportes en los extremos y uno en la mitad para garantizar rigidez y firmeza, estos funcionan en contacto y engranan por dos piñones en su costado derecho, por el lado izquierdo, están sincronizados con el servomotor.



Figura 4. Rodillos de tracción de selladora proysell.

**Servomotor:** Tiene en su interior un sistema de control, que consta de un potenciómetro y una tarjeta de comparación, este elemento tienen la capacidad de ser controlados en posición y velocidad y la función que tiene en esta selladora, es la de arranque para que la bolsa pase y paro para que el material deje de avanzar y permita que la cuchilla ejerza su función.



Figura 5. Servomotor de sellador proysell

**Cuchilla selladora:** Este sistema consta de un sensor de temperatura también llamado termopila, la cual envía las señales de cambio de temperatura al control P&D, y este pueda sostener la temperatura programada, dos resistencias tubulares en su interior de 1300W c/u, se encargan de calentar la cuchilla, un fleje, cuya finalidad es hacer el sello final.



Figura 6. Cuchilla selladora de selladora proysell.

**Rodillo sellador:** Este rodillo es una barra perforada con un recubrimiento en caucho de silicona de 70mm de diámetro y 1000 mm de longitud, su objetivo es servir de soporte a la cuchilla para que esta al hacer contacto con el rodillo pueda sellar los empaques, el recubrimiento en silicona permite que este soporte altas temperaturas.

**Tapete:** Sistema de bandas transportadoras compuesto de dos tendidos de estas y un rodillo pisador el cual permite separar las bolsas, dos rodillos acanalados expulsores, los cuales como su nombre lo indica, expulsan las bolsas hasta la mesa de apilado.



Figura 7. Tapete de selladora proysell.

**Mesa de apilado:** Plataforma plana para recoger y apilar los empaques.

**Tablero de control:** Gabinete eléctrico donde se encuentran todos los elementos de control como son: variadores, el driver o controlador, relevos de estado sólido, tacs o break es, entre otros.





Figura 8. Tablero de control de selladora proysell.

**Computadora:** Es un ordenador que recibe y procesa datos programados para convertirlos en información útil y enviarlos a los sistemas de control para que estos ejecuten los procesos.

#### **4.4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL NUEVO DISEÑO:**

La máquina a diseñar tiene como finalidad producir el doble de las bolsas plásticas aumentando la productividad en un 40%, para lograr este objetivo es necesario hacer una separación de la línea de producción pasando de los dos rodillos del esquema original a 4 rodillos. Para ello se describen a continuación los parámetros de diseño establecidos para ejecutar el diseño y ensamble de la máquina.

#### **4.4.1 Dimensiones y geometría de la maquina**

El equipo tendrá 700mm mas de longitud en su parte central, debido a que se instalaran dos rodillos adicionales, los cuales funcionaran sincronizados con los rodillos delanteros y movidos por dos servomotores, para este alargamiento, se emplearan dos placas de 2400 mm de longitud, y 340mm de ancho, por  $\frac{3}{4}$  de pulgada de espesor.

#### **4.4.2 Capacidad de producción**

La producción que se proyecta sacar con esta mejora representa un 80% (250 bolsas/min) más de la que se viene produciendo actualmente, esto se debe a que en la maquina en vez de montar un rollo, ya se podrán instalar dos en sus respectivos dese binadores.

Para lograr el objetivo general se procederá de la siguiente manera:

- Se analizaran los planos existentes de los componentes que intervienen en la innovación, así como los cálculos, medidas de longitud, diámetros, características de los materiales y otras propiedades que deban ser modificados para la aplicación de este proyecto.

#### **4.5 ESQUEMA DEL NUEVO DISEÑO**

A continuación se describen en la figura 9 los componentes que intervienen en la mejora, así como su ubicación en el ensamble.

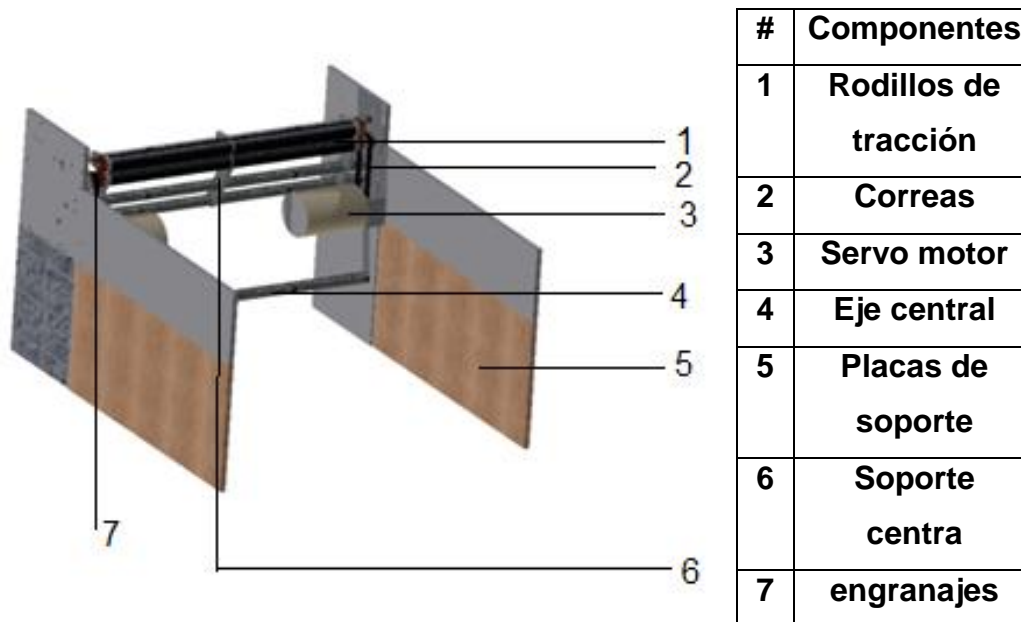


Figura 9. Rodillos doble tracción selladora proysell

#### 4.5.1. Cálculos del diseño

La máquina a diseñar debe tener cierta fuerza de tracción la cual debe ser calculada mediante las especificaciones y propiedades mecánicas de cada uno de los elementos que intervienen en el sistema. A continuación se describen los cálculos de los elementos involucrados:

##### 4.5.1.1. Velocidad máxima de la máquina

Longitud de Bolsas = 2.54cms

P911/P912= 0.5 Segundos

Velocidad Máxima = 3 00 rpm =  $5 \frac{rev}{s}$

$$vel1 \sqrt{\frac{5 * 1.155}{0.5}} = \frac{4.81 rev}{s} = 288.6 rpm$$

Para el cálculo de la bolsa 2, los parámetros son los mismos de la bolsa 1.

- Longitud del Rodillo = 381 mm,
- Distancia entre rodillos = 1.73 rpm

$$vel_2 = \sqrt{\frac{5 \cdot 1.73}{0.5}} = 5.88 \frac{rev}{s} \quad 352.93 \text{ rpm}$$

$$tq_2 \frac{5.88 * 0.5}{5} = 0.588 \text{ s}$$

$$velocidad \text{ maxima } maquina = 182 \frac{bolsas}{minutos}$$

#### 4.5.1.2. Cálculos del esfuerzo que intervienen en el sistema

Medidas de la platina del balancín (Largo x ancho x alto)

- 0,51cm x 0,65 cm x 60 cm

$$V = (60 \times 0,65 \times 0,51) \text{ cm}$$

$$V = 194,31 \text{ cm}^3 \text{ de 1 Platina por 2 Platinas}$$

$$\text{Peso} = V \rho \text{ acero platina}$$

$$= 194,3 \text{ cm}^3 \times 0,785$$

$$P = 1,52 \text{ Kg} \times 2 \text{ plat}$$

$$P = \boxed{3,5 \text{ Kg}} \quad \text{peso de las dos platinas}$$

#### 4.5.1.3. Cálculo del peso del Rodillo.

Dimensiones del rodillo:

$$\varnothing \text{ eje} = 0,16$$

$$\text{Longitud} = 100\text{cm}$$

$$\text{Area} = \pi r^2 = 3,1416 \times 0,8 \text{ cm}^2 = 2,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = A \times L = 2,51 \times 100 = 251 \text{ cm}^3$$

Finalmente se calcula el peso como el volumen por la densidad del rodillo de nitrilo:

$$\text{Peso} = V \cdot \rho = 2,51 \text{ cm}^3 \times 0,785 \text{ Kg/cm}^3 = 1,98 \text{ Kg} \times 4 \text{ ejes}$$

#### 4.5.1.4. Cálculo de los tubos en aluminio

$$\varnothing \text{ ex} = 5,1 \text{ cm}$$

$$\varnothing \text{ int} = 4,6 \text{ cm}$$

$$A \text{ Total} = \pi \times r^2 = 3,1416 \times (2,55)^2 \text{ cm}^2 = 20,48 \text{ cm}^2$$

$$A \varnothing \text{ int} = \pi \times (2,25 \text{ cm})^2 = 15,9 \text{ cm}^2$$

$$A \text{ Total} = A_1 - A_2 = (20,42 - 15,9) \text{ cm}^2$$

$$A \text{ Total del cilindro} = 4,51 \text{ cm}^2$$

$$V = A_T \times \text{long el tubo} \times 90 \text{ cm}$$

$$V = 4,51 \text{ cm}^2 \times 90 \text{ cm} = 405,9 \text{ cm}^3$$

$$P = V \cdot \rho \text{ de aluminio}$$

$$P \text{ aluminio} = 2,7 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 P &= 2,7 \text{ gr cm}^3 x \frac{\pi x D^2}{4} = 5,19 \text{ Kg} \rightarrow \emptyset_1 \\
 &= 4,02 \text{ Kg} \rightarrow \emptyset_2 \\
 &= \emptyset_1 - \emptyset_2 = 1,17 \text{ Kg en } 90 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Peso de un rodamiento 100 gr x 2 = 200 gr

$$\begin{aligned}
 \text{PT Rodillo} &= \text{Peso} + \text{Ptubo al} + \text{P. rod} \\
 &= (1,98 + 1,17 + 0,2) \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$P_T$	=	3,35 Kg
-------	---	---------

$$\text{Peso de 4 rodillos} = 13,4 \text{ Kg}$$

$$\text{P. 4 rod + 4 platinas} = (13,4 + 3,5) \text{ Kg}$$

$P_T$ Balancín	=	16,9 Kg - F
----------------	---	-------------

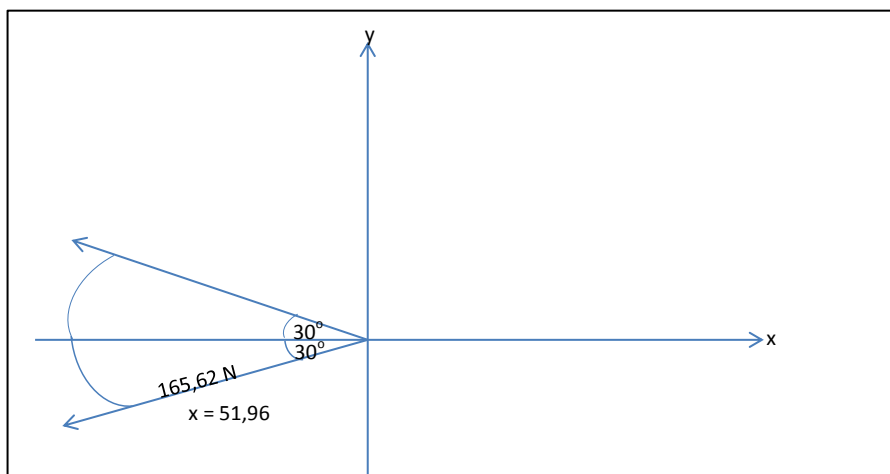


Figura 10. Diagrama de esfuerzos que intervienen en el sistema

$$h^2 = c^2 + b^2$$

$$c^2 = b^2 - h^2 \therefore c^2 = h^2 - b^2 \therefore c = \sqrt{h^2 - b^2}$$

$$x = \sqrt{3600 + 900} \rightarrow x = \sqrt{2700}$$

$$x = 51,96 \text{ cm}$$

$$\text{Tang } \alpha = \frac{\text{sen}}{\text{cos}} = \frac{30}{51,96} \rightarrow \alpha = 30^\circ$$

Componente X

$$F = \cos 30^\circ \times 165,62 \text{ N}$$

$$F_x = 143,43 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{82,81^2 + 143,43^2}$$

$$F_R = 226,24 \text{ N}$$

$$\text{Ahora} = 226,24 / 9,8 = 23,08 \text{ kg} - f$$

Componente Y

$$F_y = \text{sen } 30^\circ \times 165,62 \text{ N}$$

$$F_y = 82,81$$

Resistencia a la tracción polietileno = 250 kg/cm<sup>2</sup> polipropileno (PP) 360

Por datos del laboratorio los rodillos al arrastrar la película plástica se dejan comprimir, entre 0.8mm, 1.2mm, dependiendo de la dureza de los rodillos, se tomó para los cálculos el valor promedio de 1.0mm, que proyectan un área de 10mm, entonces:

Área proyectada

En y = 10mm

En x = 1000 mm

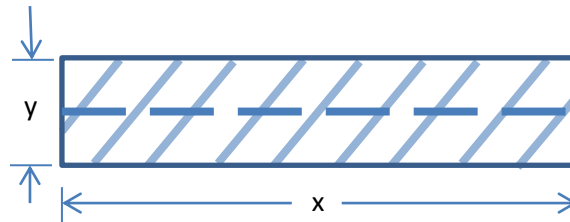


Figura 11. Esquema de área proyectada del rodillo

$$A_{abcd} = 1 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$$

$$A_{abcd} = 100 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Área proyectada o contacto en el rodillo}$$

$$m = \frac{y}{2} \rightarrow \frac{1 \text{ cm}^2}{2}$$

$$m = 0,5 \text{ cm}^2$$

Resistencia a la compresión del polipropileno = 70 kg/cm<sup>2</sup>

$$T = 70 \text{ kg cm}^2$$

A = Proyectada

Datos para calcular el esfuerzo torsor del rodillo.

Fuerzas = polipropileno (PP) por ser más duro → 360kg - f x cm<sup>2</sup>

Sometido a prueba de tracción

Fuerzas mecánicas del balancín → 18,9 kg – f

Velocidad máxima del rodillo → 182 rpm

Long. Del rodillo → 100 cm

Diámetro rodillo → 70 cm

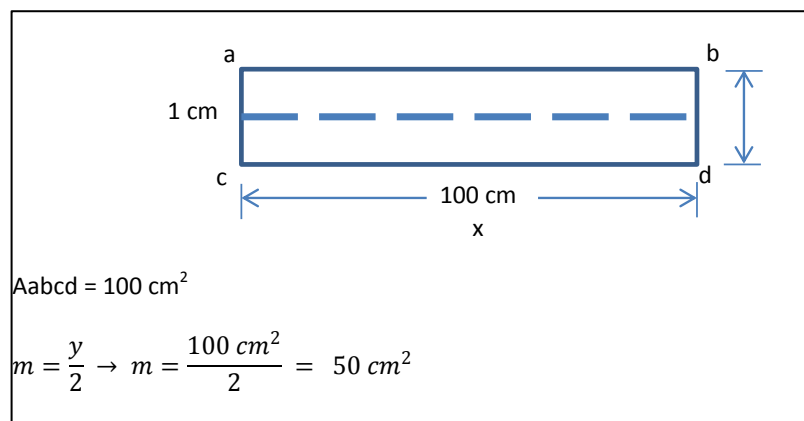


Fig. 12. Esquema de área proyectada del rodillo

Calculamos el esfuerzo Torsor ( $\bar{T}$ )



$$\bar{T} = \frac{TC}{\bar{z}}$$

Dónde: T = Torque

C = Radio del rodillo

$\bar{z}$  = Momento polar de inercia

Primero se calcula el Toque para el servomotor

$$T = F \times m$$

Dónde: F = fuerza del pp = 376,9 kg – f

m = Mitad del área proyectada en Y

m = Y/2

Y = Área proyectada

T → para hallar la fuerza sometida a compresión

$$T = \frac{F}{A} \rightarrow 70 \text{ Kg} - f \ A = F$$

$$\therefore F = 70 \text{ Kg} - f \times 100 \text{ cm}$$

$$f = 7000 \text{ Kg} - F$$

Hallamos el Torque (T)

$$T = 7000 \text{ kg} - f \times 0,5 \text{ cm}$$

$$T = 3500 \text{ kg f} - \text{cm}$$

Torque a la salida del servomotor

Por consiguiente se halla el esfuerzo Torzor ( $\bar{T}$ )

$$\bar{T} = \frac{TC}{z} = \frac{3500 \text{ kg} - f \times 3,5 \text{ cm}}{z}$$

Pero  $z = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^4 - D_{int}^4)$

$$z = 0,7853(7^4 - 4^4) \text{ cm}^4$$

$$z = 1684^4$$

Entonces

$$\bar{T} = \frac{12250 \text{ kg} - f \times \text{cm}}{1684 \text{ cm}^2} \therefore \bar{T} = 7,27 \text{ kg} - f / \text{cm}^3$$

Calculo de la potencia de salida

$$P_s = T * W * \frac{9,8N}{1 \text{ kg} - f} * \frac{1m}{100 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ min}}{60s} * \frac{2hp}{746w} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$P_s = 8.76 \text{ hp}$$

$$W = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$N = \text{Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$P_D =$  Potencia de Diseño

$$P_D = \frac{P_s}{(\%n)} = \frac{8,76}{0,9} = 9,73 \text{ Hp}$$

Factor de Seguridad 1.2 y 2.5

$$F = 9.73 \text{ hp} \times 1.2 = 11.67 \text{ hp} \approx 12 \text{ hp}$$

4.5.2. Plano del diseño

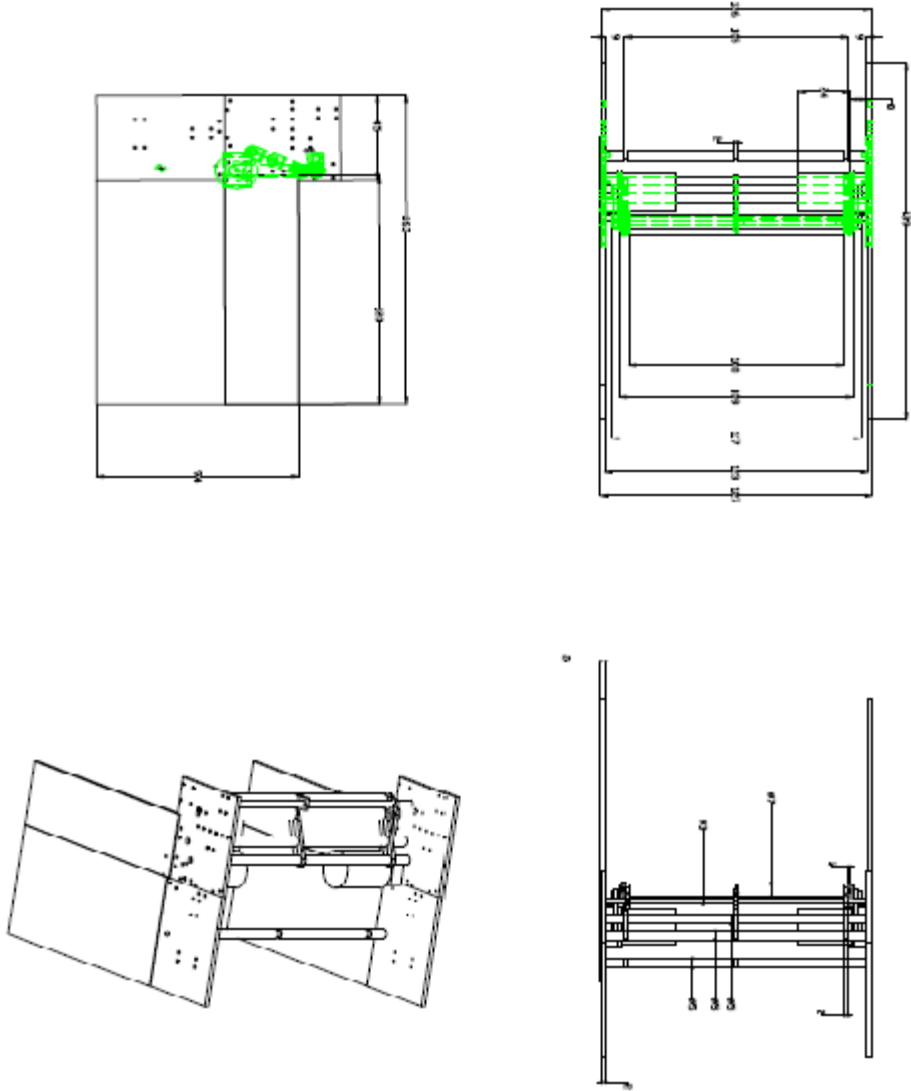


Figura 13. Planos de selladora doble carril.

#### 4.6 SELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Elementos	Cantidad	Referencia
Driver	2	SEW
Servomotor	2	SEW
Fotoceldas	2	SICK
Rodillos de tracción	4	TUBERIA SQUED 40
Rodillos esclavos	2	ACERO 4140
Ruedas dentadas	8	18H100
Correas sincrónicas	4	300H 100FS
Piñones rectos	4	PROLON MS
Placas en lamina HR según especificaciones	3	LAMINA HR
Cajas para rodamientos	7	LAMINA HR
Rodamientos	16	6205 ZZH3

Tabla 3. Elementos de máquina

## Engranajes para rodillo de tracción

Modulo	2,5 mm
Diámetro exterior	72 mm
Diámetro primitivo	67 mm
Z (Numero de dientes)	27 dientes
Altura	25 mm
Diámetro interior	20 mm
Material	prolon ms

Tabla 4. Parámetros de los piñones de tracción.

### 4.7 Programa de movimiento para los servomotores

El motor reductor por medio del eje central, hace subir la cuchilla, y a su vez la lleva en su punto más alto, activa un sensor, el cual a su vez en el flanco de bajada, ejecuta un swicheo y en posición of, envía la señal al PLC para que este envíe otra señal de salida a los servos, para que finalmente estos ejecuten la función de movimiento y halen el material el cual va a ser sellado y cortado, cuando la cuchilla está en posición de descenso, los servos reciben la señal de paro que proviene de la fotocelda, en ese instante el sellador termina de bajar para que se ejecute el ciclo completo y el material salga procesado, después de este proceso el materia es halado por el tapete de bandas.

#### 4.7.1 Componentes del Programa de Movimiento

**Cuchilla de sellado:** sellador térmico cuya función es cortar y sellar las bolsas.

**Leva:** pieza empotrada en el eje central de la máquina, los cuales giran movidos por un motor-reductor de 2.5 HP, que permite el movimiento de la cuchilla, esta leva envía la señal a los servos para que estos ejecuten la función de arrastre del material.

**Fotocelda:** su función es censar un color y enviar una señal de paro al PLC.

**PLC:** recibe la señal del sensor y el remite al servo.

**Servomotor:** la finalidad es ejecutar la función de paro arranque.

### 5. ANALISIS DE RESULTADOS

Con la realización de este diseño, se pudieron obtener los siguientes resultados:

- La fuerza resultante que ejercen los servomotores para poder halar el material es de 23.08 kg-f, la cual dividida en dos servos quedaría repartida en 11.54kg-f por cada uno de ellos.
- El torque a la salida de los servomotores es de 3500kg-cm lo que significaría 1750kg-f por servo.
- El esfuerzo torsor a la cual están sometidos los rodillos es de 7,27 kg – f /cm<sup>3</sup>
- La potencia de diseño para cada uno de los servomotores se calculó en 6hp, que comparada con el diseño anterior representaría el 50%por abajo, puesto que el servo anterior necesitaba una potencia de diseño de 12hp.

## **CONCLUSIONES**

- Se estima que el incremento en la producción de bolsas plásticas publicitarias con este diseño es del 80%.
- La disminución de costos del proceso con este diseño se calcula en 40% de costos semivARIABLES respecto a los costos de producción de la máquina actual.
- El espacio ocupado por otra máquina igual a la anterior para aumentar la producción en un 80% sería de 24 m cuadrados incluyendo el área de trabajo, el valor de 1 metro cuadrado en una zona industrial es de \$ 12000 pesos, lo que nos arroja valor total de \$288.000 mensuales, gracias al nuevo diseño, este espacio significaría un ahorro económico importante, puesto que este diseño ocuparía la mitad del área.

## BIBLIOGRAFIA

Revista de rodamientos skf

Revista de variadores sew

<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pe/polietileno%20de%20alta%20densidad.htm>  
<http://dumont.ci/default.asp??1d=10&mnu>