



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SELLADORA  
SEMIAUTOMÁTICA DE VASOS PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
ENVASADO DE YOGUR.**

**INFORME TÉCNICO**

**AUTORA: KARINA JOHANNA VILLAVICENCIO CHICO**

**DIRECTOR: ING. ZAMIR MERA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2016**

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SELLADORA SEMIAUTOMÁTICA DE VASOS PARA MEJORAR EL PROCESO DE ENVASADO DE YOGUR.

*Karina Johanna Villavicencio Chico*  
*Carrera de Ingeniería en Mecatrónica*  
*Universidad Técnica del Norte*  
*Ibarra, Imbabura*  
*johanna\_6282@hotmail.es*

**Resumen.** El presente trabajo está enfocado principalmente al sector artesanal que se dedica a la elaboración y comercialización de derivados de la leche como el yogur. Este proyecto contribuye a mejorar el proceso de envasado de yogur por lo que se va a aumentar la producción y competitividad de las pequeñas empresas.

El objetivo principal de este proyecto se basa en el diseño y construcción de una máquina selladora semiautomática de vasos de yogur que permitirá optimizar tanto el proceso productivo como las condiciones a las que se encuentra sometido el trabajador. Además de reducir los desperdicios de láminas de aluminio, envases y contenido.

## 1. INTRODUCCIÓN

El yogur desde su aparición en el mercado ecuatoriano hace 30 años ha tenido una amplia aceptación y un crecimiento acelerado; actualmente se le encuentra en una gran variedad de presentaciones, tamaños, texturas, sabores, colores y marcas comerciales.

En Cayambe existen varias empresas artesanales que se dedican a la elaboración y comercialización de derivados de la leche como el yogur, estas empresas tienen la necesidad de aumentar su productividad y competitividad mediante la innovación de sus procesos productivos.

En la actualidad la mayoría de estas empresas artesanales cuentan con una línea de envasado y sellado de yogur que se lo realiza de forma manual ocasionando pérdidas de producto, tiempo en la producción, sellado defectuoso y molestias tanto físicas como ergonómicas; además el trabajador está expuesto a constantes quemaduras.

Es por esto que se ha visto la necesidad de realizar la implementación de una máquina selladora semiautomática para vasos de yogur que permitirá mejorar tanto el proceso productivo como las condiciones de trabajo a las que se encuentra sometido el trabajador por las tareas repetitivas que este realiza; además de reducir los desperdicios de láminas de aluminio, envases y contenido.

## 2. CONTENIDO

### 2.1 DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA

**Diseño del plato giratorio.** El plato rotativo es uno de los elementos más importantes. Tiene como objetivo pasar por cuatro etapas para cumplir con todo el proceso de sellado del envase.

Los requerimientos de diseño para el plato son los siguientes:

- El plato consta de cuatro cavidades en las que van a ser alojados los envases como esta en contacto directo con el alimento debe ser construido en Acero Inoxidable AISI-304.

- Además de trasladar los envase hacia las diferentes estaciones, tiene como función soportar la fuerza ejercida por el pisador durante la etapa de sellado.

Se realiza un análisis del plato con diferentes espesores para determinar la deformación que se produce al ejercer la fuerza de sellado y del envase lleno. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al criterio de Von Mises

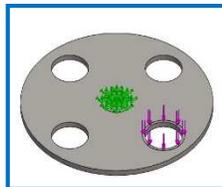
**Tabla 1: Resultado análisis de espesores**

Espesor	Factor de seguridad	Deformación
6	5,40	0,0000966
8	9,49	0,0000575

**Fuente:** Software Simulation SolidWorks 2012

Se elige el espesor de 8mm ya que se tiene un máximo desplazamiento de 0,1.

Para el análisis estático del plato giratorio se utiliza SolidWorks. La carga que ejerce el sistema de sellado y el envase lleno está distribuida en un solo punto como se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 1:** Carga aplicada en un punto del plato giratorio

En la siguiente tabla se observa los resultados del factor de seguridad con relación a la tensión de Von Mises siendo un valor mínimo de 9, este criterio suele utilizarse para comprobar fallos de límite elástico de materiales dúctiles.

**Tabla 2: Resultado del Factor de seguridad**

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
<b>Factor de seguridad 1</b>	Tensión de von Mises máximo.	9.48784	99321.3

**Fuente:** Software Simulation SolidWorks 2012

En la tabla 2 se muestra el resultado de la tensión mínima y máxima aplicada al plato giratorio.

**Tabla 3: Resultado de la distribución de tensiones**

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
<b>Tensiones 1</b>	Tensión de Von Mises	2082.2 N/m <sup>2</sup>	2.17971e+007 N/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Software Simulation SolidWorks 2012

En la figura 2 se observa claramente que la tensión máxima que experimenta el plato es de 2.17971e+007 N/m<sup>2</sup> y es menor a su límite elástico razón por la cual el elemento no presentará una deformación considerable durante su etapa de trabajo.

Los desplazamientos del material producidos en el plato se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 4: Resultado de la distribución de desplazamientos**

Nombre	Mínimo	Máximo
<b>Desplazamientos</b>	0 mm	0.100136 mm

**Fuente:** Software Simulation SolidWorks 2012

Las deformaciones producidas en el plato giratorio:

**Tabla 5: Resultado de la deformación**

Nombre	Mínimo	Máximo
<b>Deformaciones unitarias1</b>	3.27115e-008	5.75172e-005

**Fuente:** Software Simulation SolidWorks 2012

Con el análisis de convergencia realizado en el software SolidWork, se llega a la conclusión que mientras la malla se va haciendo más fina el esfuerzo de tensión de Von Mises va aumentando a un valor máximo de 54360160 N/m<sup>2</sup> como se muestra en siguiente figura.

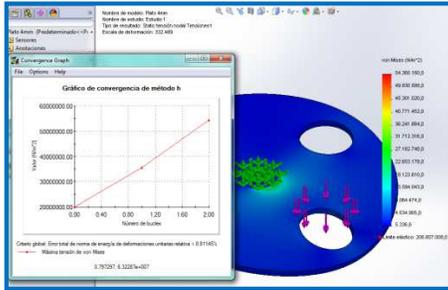


Figura 2: *Análisis de convergencia del plato giratorio*

Se emplea la siguiente ecuación para determinar el factor de seguridad del elemento:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$n = 5,7$$

**Diseño del eje.** El eje de la máquina selladora tiene como objetivo mover al plato. A través del eje se transmite directamente la potencia del servomotor hacia el plato giratorio.

- El eje será construido en Acero Inoxidable AISI 304.
- El eje está sometido a una carga de compresión y torsión.

Para realizar el diseño estático del eje se realiza el diagrama de cuerpo libre.

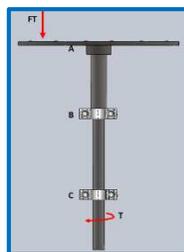


Figura 3: *Diagrama de fuerzas del eje*

En la figura se observa el diagrama de cuerpo libre de las fuerzas y reacciones que se producen en el eje.

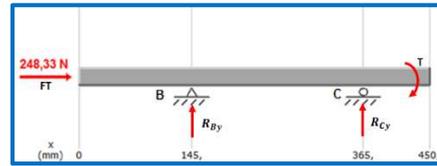


Figura 4: *Diagrama de cuerpo libre*

En la siguiente figura se observa el diagrama en el eje x de la fuerza axial.

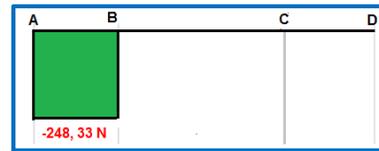


Figura 5: *Diagrama de fuerza axial*

En la siguiente figura se muestra el diagrama de fuerza cortante en el eje y.

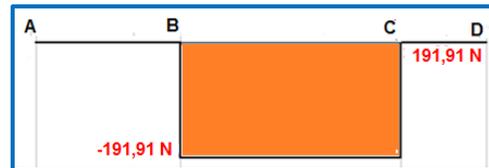


Figura 6: *Diagrama de fuerza cortante en y*

Se observa en la figura el diagrama de momento flector máximo que se produce en el eje.

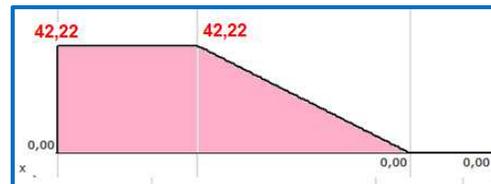


Figura 7: *Diagrama de momento flector xy*

En la figura se muestra el diagrama de momento torsor.



Figura 8: *Diagrama de momento torsor*

Como la sección más cargada se encuentra en el punto B. Para el diseño del eje interviene la fuerza axial, momento flector y torque se utiliza la ecuación de Von Mises para el análisis estático con la que se puede determinar el diámetro.

$$\left(\frac{S_y \pi}{4N}\right)^2 d^6 - (F^2)d^2 - (16MF)d - (64M^2 + 48T^2) = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$d = 16,2 \text{ mm}$$

Se selecciona el diámetro de 1[in] es decir 25,4 [mm] por la facilidad de adquisición en el mercado.

**Diseño del soporte de la ventosa.** Este sistema tiene como objetivo desplazar a la ventosa de forma que succione en la parte superior las láminas de aluminio y las coloque en el envase lleno.

- El tubo va girar 90° siendo la encargada de trasladar a la ventosa de arriba hacia abajo.

La forma de la pieza se muestra en la siguiente figura.



Figura 9: *Forma del soporte de la ventosa*

**Diseño pisadores para el sellado.** Los pisadores para el sellado son dependientes de la forma del envase que se va a sellar por lo que se debe tomar en cuenta sus dimensiones. Tiene como objetivo principal sellar la lámina con el envase y obtener un sello hermético.

- Se toma en cuenta el diámetro de la cavidad del envase siendo igual a 74mm.
- Las resistencias que se emplean para el calentamiento de los pisadores son de tipo tubular.

La forma del pisador de sellado se muestra en la siguiente figura.

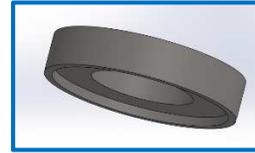


Figura 10: *Forma del pisador de sellado*

**Tiempo, fuerza y temperatura de sellado.** El tiempo, fuerza y temperatura son factores decisivos en la etapa de sellado ya que de estos parámetros depende obtener un sello hermético y de buena calidad.

- A mayor fuerza aplicada se requiere menos tiempo de contacto entre el pisador de sellado y el envase de plástico, la temperatura se mantiene constante. Es decir si uno de los tres parámetros varía necesariamente debe cambiar el otro. En conclusión los factores son dependientes uno del otro por lo que si se quiere llegar a un buen sello se debe analizarlos en conjunto.

Los valores óptimos y que generan los mejores resultados son:

$$F_s = 245 \text{ [N]}$$

$$t_s = 4 \text{ [s]}$$

Con un rango de temperatura de sellado de 135°C a 150°C.

**Cálculo de la potencia eléctrica.** En el sistema es necesario un elemento que controle el suministro de energía hacia el pisador de sellado. Para obtener un buen sello se toma en cuenta todas las variables que intervienen y como estas se relacionan.

- Energía de entrada (suministrada).
- Temperatura de sellado.
- Temperatura del ambiente en el cual va a trabajar la máquina.
- Tiempo de calentamiento del pisador.

- Temperatura en los pisadores en cada instante de tiempo.

Para el análisis se utiliza la ecuación de la conservación de la energía, tomando al pisador de sellado como un volumen de control.

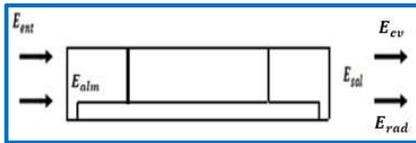


Figura 11: **Volumen de Control. Pisador de sellado**

Entonces:

$$E_{ent} + E_g - E_{sal} = E_{alm} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$E_{ent} = E_{alm} + E_{cv} + E_{rad} \quad \text{Ecuación 4}$$

Realizando todos los cálculos se tiene:

$$t = \frac{0,040 \ln \frac{T_s - T_\infty}{T_i - T_\infty}}{\left(\frac{E_{ent}}{T_s - T_\infty} - 0,107\right)}$$

Para reemplazar valores en la anterior ecuación se toma en cuenta la temperatura máxima de sellado  $T_s = 140^\circ\text{C}$ , la temperatura ambiente de trabajo  $T_\infty = 20^\circ\text{C}$  y la diferencia inicial de temperatura entre el ambiente y el pisador de sellado  $T_i - T_\infty = 1^\circ\text{C}$ .

Tabla 6: **Energía suministrada al pisador y tiempo de calentamiento**

$E_{ent}$ [vatios]	$\theta$ (h)	$\theta$ (min)
200	0,122	7,32
300	0,080	4,80
400	0,059	3,54

Considerando un tiempo de calentamiento razonable de 1 a 5 min y la cantidad de consumo de energía, se toma un valor de energía de entrada de 300 vatios con un tiempo de calentamiento según la tabla mostrada 4,8 minutos.

**Diseño del porta envase de expulsión.** Es el encargado de empujar el envase hacia arriba del plato giratorio para luego ser desplazado fuera de la máquina selladora por un actuador neumático.

- Este elemento tiene la función de soportar la fuerza ejercida por el peso del envase lleno que es aproximadamente de 1,96 N.

Analizando los criterios antes mencionados, la forma del elemento se muestra en la siguiente figura.



Figura 12: **Forma de porta envase**

No se hace otro análisis debido a que la carga que el elemento soporta durante la etapa de expulsión es baja y no está afectado por otro tipo de cargas.

**Diseño de la estructura de la máquina.** Para la construcción de la estructura uno de los factores más importantes es la selección del material que se va a utilizar ya que es en donde se sujetarán todos los componentes de la máquina selladora de vasos de yogur.

Para calcular el espesor del tubo que se utilizará para la construcción de la máquina se toma en cuenta las vigas más comprometidas eslabones AB y CD como se observa en la figura 16. Se analizan las vigas como perfectamente empotradas.



Figura 13: **Estructura de la máquina selladora de vasos**

$$F = m \times g \quad \text{Ecuación 5}$$

$$F = 50 \times 9,81 = 490,5 \text{ N}$$

Para este análisis se utiliza el software MDSolid en el que ubica la fuerza estática de 490,5 N como una carga puntual en el centro de la viga y se obtiene el siguiente diagrama de fuerzas:

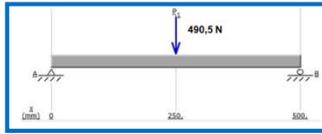


Figura 14: **Diagrama de fuerzas de la viga.**

Para calcular el momento flector máximo se utiliza:

Tabla 7: **Vigas perfectamente empotradas**

SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APÓYOS
	$M_A = \frac{FL}{8}$ $M_B = \frac{FL}{8}$	$R_A = \frac{F}{2}$ $R_B = \frac{F}{2}$

**Fuente:** Formulario de vigas.

<http://www.slideshare.net/marggot696/formulario-de-vigas>

$$M_{max} = \frac{F \times L}{8} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$M_{max} = \frac{490,5 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}}{8} = 30,66 \text{ N.m}$$

Para calcular el espesor se toma en cuenta el esfuerzo máximo de flexión que soporta la viga y se emplea la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{M}{R} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$Z = 0,0000000495 \text{ m}^3 = 0,0495 \text{ cm}^3$$

Se escoge un tubo estructural cuadrado AISI 304 de una pulgada por ser el más común en el mercado

Tabla 8: **Especificaciones generales tubo cuadrado AISI 304**

in	A[cm <sup>2</sup> ]	I[cm <sup>4</sup> ]	Sy[MPa]	Su[MPa]
1	1,35	1,21	310	620

**Fuente:** DIPAC Manta S.A. (2012). Catálogo de productos DIPAC.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

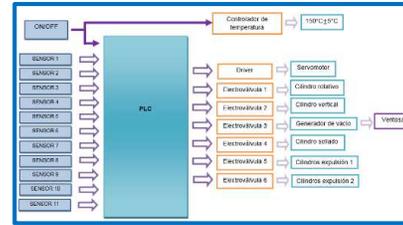


Figura 15: **Proceso de la máquina selladora**

Para el control del sistema de desplazamiento del plato giratorio, sistema de colocación de las láminas de aluminio, sistema de sellado y sistema de expulsión se utiliza un PLC mediante el cual se controla los sensores y actuadores que intervienen en el proceso de la máquina selladora de vasos.

**Controlador lógico programable simens s7-200.** El SIMATIC S7-200 es ciertamente un micro PLC al máximo nivel: es compacto y potente, particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real. (SIEMENS, SIMATIC S7-200. Tecnología de control al máximo nivel).

**Servomotor y driver.** El servomotor es el encargado de hacer girar al plato y posicionarlo en cada estación de trabajo.

Para encontrar el servomotor adecuado, éste debe vencer la cantidad de inercia producida por el eje, el plato giratorio y los envases llenos de yogur.

$$\Sigma M = \Sigma I \times \alpha \quad \text{Ecuación 8}$$

$$M = 0,0881 \times 10,47$$

$$M = 0,92 \text{ N.m}$$

Debido a cargas externas ya sean voluntarias o involuntarias y amigable con el medio ambiente se reutiliza el servomotor que se detalla a continuación:

Tabla 9: **Datos técnicos servomotor**

Tipo		Características
Tensión		220 VAC
Rango de potencia		750 W
Corriente		3,9 A
Rango de velocidad		3000 rpm
Torque	Nominal	2,39 Nm

Fuente: Manual de usuario servo (KINCO, 2013)

**Sensor de proximidad magnéticos.** Algunos sensores magnéticos tienen en su interior interruptores de lámina o llamados red switch.

Se utiliza estos sensores en el cilindro sellador, cilindro de expulsión y cilindros de posicionamiento de la ventosa ya que son procesos de suma importancia para el buen funcionamiento de la máquina selladora.

Tabla 10: Característica técnicas sensor

Voltaje de operación	10 a 30 VDC
Tiempo de conexión	$\leq 1$ ms
Tiempo de desconexión	$\leq 1$ ms
Grado de protección	IP 68

Fuente: Características técnicas del sensor de proximidad magnético (SICK, Sensor MZT8)

**Sensor de proximidad inductivo.** Los sensores de proximidad, son sensores que detectan la presencia sin contacto de metales ferrosos convirtiendo una señal de movimiento o presencia de un objeto en una señal eléctrica.

Tabla 11: Característica técnicas sensor de proximidad

Voltaje de operación	12 a 24 VDC
Distancia nominal de	10mm

operación	
Retardo de respuesta	0,3 ms
Grado de protección	IP 69

Fuente: Características técnicas XS1 N18PA349D. (Schneider Electric)

**Sensor fotoeléctrico de proximidad.** Se utiliza este tipo de sensor para la detección del envase plástico e iniciar el proceso de colocación de las láminas de aluminio y sellado.

Tabla 12: Característica técnicas sensor

Voltaje de operación	10 a 30 VDC
Distancia nominal de operación	45mm
Retardo de respuesta	$\leq 2$ ms
Grado de protección	IP 67

Fuente: Características técnicas sensor V18. (SICK, Catalogo sensores SICK, 2006)

**Controlador de temperatura.** Es el encargado de mantener una temperatura estable en el pisador. Este controlador se detalla a continuación.

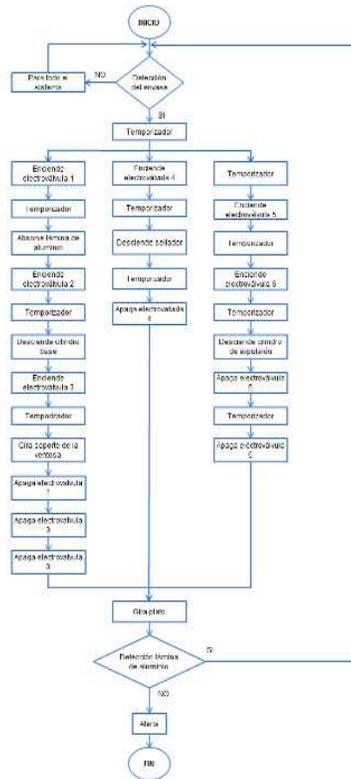
Tabla 13: Característica técnicas controlador de temperatura

Voltaje de operación	85/264 VAC
Tipo de control	ON/OFF
Exactitud de medición	$\pm 0.1\%$

Fuente: Manual de usuario (WATLOW)

Debido a que el rango de trabajo es de 140 y 150 se utiliza un control ON-OFF ya que es un sistema confiable, fácil de controlar. Además de ser comúnmente utilizado en las industrias.

## 2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL



## 2.4 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS

### Sistema de colocación de las láminas de aluminio.

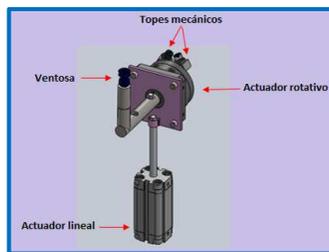


Figura 16: Sistema de colocación de las láminas

Se utiliza un actuador rotativo de las siguientes características:

Tabla 14: Datos técnicos actuador rotativo DMS

Ángulo de giro	270°
Presión de funcionamiento	1,8-10 bar

Torque a 6 bar

2,5 Nm

Fuente: Actuadores Rotatorios DSM (FESTO, 2015)

**Generador de vacío.** El diámetro de la ventosa es un factor fundamental ya que de este depende la fuerza de retención de la misma. Además del número de ventosas que intervengan en el sistema y las propiedades del objeto a desplazar.

Con la siguiente ecuación se puede calcular el diámetro requerido para la ventosa: (SCHMALZ, 2014)

$$d = 1,12 \times \sqrt{\frac{m \times S}{P_u \times n \times \mu}} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$d = 1,12 \times \sqrt{\frac{0,0012 \text{ Kg} \times 2}{0,6 \text{ bar} \times 1 \times 0,5}}$$

$$d = 1,12 \times \sqrt{0,008} = 0,10 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Se elige un elemento que sea ideal para láminas finas y papel, además que no produzca arrugas al aspirar. La ventosa SGPN reúnen las especificaciones mencionadas y su diámetro mínimo existente en el mercado es de 20 mm, sus características se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15: Características técnicas ventosas plana SGPN

Modelo	Fuerza de aspiración [N]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]
SGPN 20	8,5	0,31

Fuente: (SCHMALZ, 2014, p. 218)

Para definir el generador de vacío que se va a utilizar se debe determinar la capacidad de aspiración del mismo y va de acuerdo al diámetro de la ventosa.

Tabla 16: Capacidad de aspiración de un generador de vacío

Ø ventosa	Capacidad de aspiración $V_s$
-----------	-------------------------------

Hasta 20 [mm]	0,17 [m <sup>3</sup> /h]	2,83 [l/min]
---------------	--------------------------	--------------

**Fuente:** (Acosta Jaramillo, 2014, p. 76)

Con éste valor se calcula la capacidad de aspiración que debe tener el generador de vacío. (SCHMALZ, 2014)

$$V = n \times V_s \quad \text{Ecuación 10}$$

$$V = 1 \times 2,83 = 2,83 \frac{l}{min}$$

De acuerdo al resultado de la capacidad de aspiración y la presión a la que funciona el sistema 7 bares. Se selecciona el generador de vacío VAD-M5 FESTO.

*Tabla 17: Características del generador de vacío*

<b>Tipo</b>	VAD
<b>Diámetro nominal de la tobera</b>	0,5 mm
<b>Presión de funcionamiento</b>	1,5-10 bar

**Fuente:** Catálogo Generadores de vacío VAD/VAK (FESTO, 2014, p. 6)

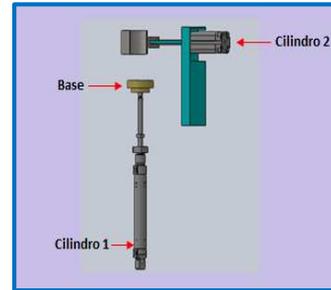
**Sistema de sellado.** El pisador de sellado se traslada por la acción de un cilindro neumático colocado en la estructura de este sistema. La fuerza aproximada para que se realice un sellado hermético es de 245 N. Se emplea el siguiente cilindro neumático:

*Tabla 18: Características técnicas cilindro*

<b>Diámetro del embolo</b>	32 mm
<b>Presión de funcionamiento</b>	1-10 bar
<b>Fuerza teórica con 6 bar en avance</b>	483 N

**Fuente:** (FESTO, 2015)

**Sistema de expulsión.** Se encarga de expulsar en envase fuera del plato giratorio.



*Figura 17: Sistema de expulsión*

Se utiliza el siguiente cilindro neumático.

*Tabla 19: Características técnicas cilindro*

<b>Diámetro del embolo</b>	10 mm
<b>Presión de funcionamiento</b>	1-10 bar
<b>Fuerza teórica con 6 bar en avance</b>	47 N

**Fuente:** (FESTO, 2015)

### 3. CONCLUSIONES

- La máquina selladora semiautomática de envases de yogur se construyó con elementos existentes en el mercado local y nacional de esta manera se facilitará su mantenimiento y reemplazo de componentes en caso de sufrir algún deterioro o daño.
- Para determinar las dimensiones y los materiales que conforman la máquina selladora de vasos de yogur se realizó previamente el diseño y selección de elementos como sensores, actuadores teniendo en cuenta la función que cada componente va a cumplir.

- En las pruebas realizadas en el sistema de sellado se tiene que a mayor presión aplicada al cilindro sellador 7 bares se debe reducir el tiempo de contacto entre el envase y el pisador siendo 4 segundos, la temperatura se mantiene en un rango de 145 °C a 155 °C. Con estos valores se obtuvo los resultados esperados es decir el sello del envase es completamente hermético.
- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento de la máquina realizadas se estableció que la presión del generador de vacío sea de 7 bares y una regulación del 100% para que la ventosa absorban solamente una lámina. Además no cause daños a la superficie delicada de la misma; al aumentar el valor de la presión la depresión es mayor ocasionando varios problemas como: absorbe mayor cantidad de láminas, daña la superficie por ende se va a producir un sello defectuoso y pérdidas en el producto.

#### 4. RECOMENDACIONES

- Se debería implementar un dispensador de envases y un sistema de dosificado de yogur para que la máquina pueda funcionar automáticamente sin necesidad de la intervención del operador en el proceso de envasado de yogur.
- Si se reemplaza cualquiera de los elementos que conforman cada uno de los sistemas realizarlo por uno de iguales o similares características para evitar que la máquina sufra alguna alteración en su funcionamiento.
- Verificar que la cantidad de aire suministrada del compresor este de acuerdo a las especificaciones de funcionamiento del equipo.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Jaramillo, C. A. (2014). Diseño y construcción de una máquina automática sembradora de semillas de tomate y pimiento en bandejas de 50x28.2 cm en el proceso de producción de plántulaS. Ibarra.

Alimentariaonline. (Marzo de 2007). Obtenido de [http://alimentariaonline.com/media/MA017\\_LLENA2SELLA\\_F.pdf](http://alimentariaonline.com/media/MA017_LLENA2SELLA_F.pdf)

Budinas R., N. J. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (Octava ed.).

Calapaqui, G., & Durán, B. (Noviembre de 2012). Dimensionamiento y construcción de una máquina para el dosificado y sellado de envases de yogurt semi industrial con el uso de un mini plc para la empresa INFAIME. Quito, Pichincha, Ecuador.

Cruz, J., & Villamarín, E. (Julio de 2011). Diseño y construcción de un sistema para corte y sellado de envases plásticos de hasta 500cc para la empresa Chemequil industrias CIA.LTDA. Quito, Pichincha, Ecuador.

Incropera, F. (s.f.). Fundamentos de Transferencia de Calor (Cuarta ed.). Prentice Hall.

INEN. (1996). ELABORACIÓN DE YOGURT NORMA 710. Quito, Ecuador.

#### 6. REFERENCIAS DEL AUTOR



Karina Villavicencio Johanna Chico. Nacida el 26 de mayo de 1990 en el cantón Cayambe. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Nelson Torres obteniendo el título de bachiller en la especialidad Físico

Matemático.

Actualmente es egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte.

Área de interés: Diseño mecánico, automatización de procesos industriales, robótica y control.