

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

#### ARTÍCULO CIENTÍFICO

##### TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL MOLDEADO DE CARNE MOLIDA PARA LA PREPARACIÓN DE HAMBURGUESAS**

##### AUTOR:

Jefferson Vladimir Andrade Villarreal

Ibarra – Ecuador

Febrero 2015

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL MOLDEADO DE CARNE MOLIDA PARA LA PREPARACIÓN DE HAMBURGUESAS

*Jefferson Vladimir Andrade Villarreal  
Carrera de Ingeniería en Mecatrónica,  
Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura  
jefferson\_chefo10@hotmail.com*

**Resumen-** El presente proyecto se contempla el diseño y construcción de una máquina semiautomática para el moldeado de carne molida para la preparación de hamburguesas, para obtener las siguientes dimensiones de las porciones de carne: 12,5 [cm] de diámetro y un espesor máximo de 4 [mm].

En el local de comida rápida, el moldeado de la carne molida para la preparación de hamburguesas resulta muy agobiante y poco eficiente para una tarea manual, limitando así la posibilidad de aumentar la capacidad de producción.

Paralelamente es importante resaltar que en Ecuador no existen empresas destinadas a la construcción de este tipo de máquinas semiautomáticas y su importación trae consigo inconvenientes en las tareas de mantenimiento, reparación y adquisición de repuestos en el mercado nacional. Este proyecto pretende resolver estos problemas.

En el desarrollo del trabajo se presenta un estudio de las alternativas de diseño de sistemas que permiten realizar este proceso en una máquina, seguido de la selección de la alternativa más viable de acuerdo a ciertos parámetros establecidos.

El diseño de la máquina contempla el dimensionamiento de piezas y elementos mecánicos, así como también la selección de elementos eléctricos normalizados.

Cabe indicar que con la máquina semiautomática se puede moldear mínimo 150 porciones de carne molida en una hora para la preparación de hamburguesas.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Desde hace muchos años atrás las hamburguesas se han venido convirtiendo en una de las comidas rápidas preferidas de la ciudadanía, en especial de la juventud. En la hamburguesa una de sus partes principales es la carne, que está elaborada de carne molida condimentada, pero para que coincida en un pan para hamburguesa, antes hay que aplastarla y moldearla con el fin de que tome su forma ideal.

Hoy en día los locales de comida rápida han aumentado en gran cantidad, con uno de sus productos principales en ventas como son las hamburguesas, pero para llegar al

final de la elaboración de una hamburguesa, uno de los procesos que más lleva tiempo es el moldeado de la carne molida, que resulta muy agobiante y poco eficiente para una tarea manual, limitando así la cantidad de hamburguesas que saldrán a la venta.

En la actualidad, se puede elaborar una maquina prototipo que permita elaborar con menor esfuerzo, disminuir los tiempos y costos de producción de la porción de carne molida para la preparación de hamburguesas.

Con la máquina semiautomática se obtendrá una mayor cantidad de porciones de carne molida para hamburguesas en menor tiempo, que reemplacen la elaboración manual y lenta de una persona.

### 1.2 LA HAMBURGUESA

La hamburguesa que se prepara en el local de comida rápida HOTBURGUER consta de un pan cortado por la mitad, entre los dos pedazos de pan se ubican las salsas (de tomate, mayonesa, verde), los vegetales (tomate y lechuga), porción de queso, porción de mortadela, papas desmenuzadas pre cocidas y la porción de carne molida frita a la plancha; esta es el ingrediente principal de la hamburguesa por lo que se la moldea con anterioridad antes de ser frita a la plancha.

### 1.3 INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE LA CARNE PARA HAMBURGUESA

Los ingredientes que se utilizan en el proceso de elaboración de la carne de hamburguesa en el local de comida rápida HOT BURGUER son los siguientes:

- Carne Molida
- Apanadura
- Huevos
- Condimentos

### 1.4 PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA CARNE PARA HAMBURGUESAS

El proceso convencional de preparación de la carne para hamburguesas está compuesto de varias actividades que se describen a continuación:

- Mezcla y Batido
- Tiempo de reposo
- División
- Boleado
- Moldeado

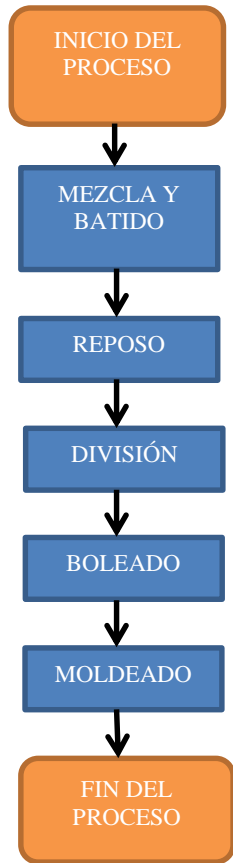


Figura 1 Flujograma del proceso de moldeado de la carne molida

## 2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La mejor alternativa para el diseño y construcción de la máquina se determina considerando los aspectos claves de cada criterio de selección.

### 2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CRITERIO	PROPONE		REQUERIMIENTOS
	CLIEN-TE	DISE-ÑADOR	
FUNCIÓN	X		Elaborar mínimo 150 porciones de carne/hora (depende del usuario).

	X	X	Incorporar un mesón para acumular las porciones de carne.
MATERIALES	X	X	Contacto con Alimentos: Acero Inoxidable y/o Duralon Molde: Duralon Estructura: Acero Inoxidable
DIMENSIONES	X		Dimensiones de las porciones de carne: 12,5 [cm] de diámetro y un espesor máximo de 4 [mm].
	X	X	El espacio total ocupado por la máquina debe ser el mínimo posible no mayor a: 0,50m <sup>2</sup> .
FABRICACIÓN		X	Construcción con materia prima disponible en el mercado.
	X	X	El presupuesto máximo asignado para la construcción es de 3000 [USD].
MANTENIMIENTO		X	Accesibilidad a todos los dispositivos.
		X	Las partes en contacto con la carne deben ser desmontables para su fácil limpieza.
ESTÉTICA Y ERGONOMÍA		X	Diseño atractivo. Fácil operación: no necesita personal capacitado. Tamaño y peso adecuados.

Tabla 1 Especificaciones técnicas

### 2.2 PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

La presentación de alternativas se realiza en base a las especificaciones técnicas requeridas para el diseño y

construcción del prototipo, propuestas por el cliente y el diseñador.

### 2.2.1 ALTERNATIVA A: SISTEMA DE MOLDEADO NEUMÁTICO

Este sistema consta de un compresor, que a través de una manguera transmite aire comprimido al cilindro neumático, para que este desplace el embolo de manera vertical dentro de un recipiente cilíndrico y a la vez presionar la masa de carne molida por un tubo conducto hasta llenar el molde.

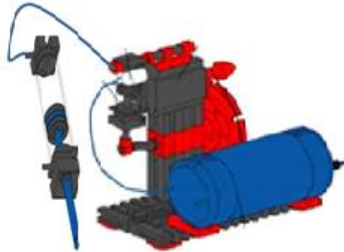


Figura 2 Sistema neumático

#### Ventajas

- El aire es de fácil captación.
- Los sistemas neumáticos son muy seguros. Dado que la mayoría de estos sistemas utilizan aire, una fuga no produce contaminación
- El aire es ilimitado.
- El aire es almacenado y comprimido en acumuladores o tanques, puede ser transportado y utilizado donde y cuando se precise.
- El aire es fiable, incluso a temperaturas extremas.

#### Desventajas

- El costo de operación a largo plazo de estos sistemas puede ser alto porque se necesita una gran cantidad de energía para comprimir el suficiente gas para permitir que el sistema ejerza una cantidad adecuada de presión.
- Poca precisión en la cantidad de carne molida que debe llenar el molde.
- Para la preparación del aire comprimido es necesario la eliminación de impurezas y humedades previas a su utilización.
- El aire que escapa a la atmosfera produce ruidos bastante molestos.
- Debido a su gran compresibilidad, no se obtienen velocidades uniformes en, los elementos de trabajo.

### 2.2.2 ALTERNATIVA B: SISTEMA DE MOLDEADO MECÁNICO

Este sistema consta de un motorreductor, donde su eje esta acoplado a un piñón que al girar desplaza verticalmente una cremallera que funciona como embolo

dentro de un recipiente cilíndrico, para presionar la masa de carne molida hacia un molde a través de un tubo conducto.



Figura 3 Sistema mecánico

#### Ventajas

- Mayor precisión en la cantidad de carne molida que debe llenar el molde.
- No existen problemas de desplazamiento, por lo que es un sistema muy eficiente para transmitir movimiento entre dos ejes de una máquina.
- Relación de transmisión constante e independiente de la carga.
- Seguridad de funcionamiento y larga duración, soportando sobrecargas y no precisando más que una escasa vigilancia.
- Dimensiones reducidas de sus componentes y elevado rendimiento.

#### Desventajas

- No pueden transmitir potencia entre distancias grandes entre centros, para estos casos se utiliza poleas o cadenas.
- Sus componentes son relativamente costosos.
- Ruido durante el funcionamiento.
- Requieren mantenimiento: control y lubricación.

### 2.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Se toman en cuenta nueve criterios de selección: funcionalidad, operación, manufactura, mantenimiento, costo, montaje, tamaño, peso y estética.

#### Funcionalidad

La máquina debe garantizar la formación de la porción de carne molida en el diámetro y espesor especificados 12,5 y 0,4 [cm] respectivamente.

#### Operación

La máquina debe operar sin necesidad de personal especializado donde la velocidad del proceso de producción depende del usuario.

## Manufactura

Para la fabricación de la máquina debe tomarse en cuenta la maquinabilidad y disponibilidad de los materiales en el mercado nacional.

## Mantenimiento

La máquina deberá permitir:

- Facilidad de limpieza de los elementos en contacto con la carne molida.
- Accesibilidad a los diferentes mecanismos y elementos mecánicos.
- Realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

## Costo

El costo es un factor determinante ya que involucra no solo el costo de la máquina (materiales, accesorios y manufactura) sino también los costos de operación y mantenimiento. La máquina a diseñarse debe tener un costo accesible.

## Montaje

Facilidad de montaje y desmontaje de los elementos en contacto con la carne molida (recipiente contenedor, tubo conducto y molde) con el fin de facilitar las tareas de llenado de la carne molida y limpieza de los elementos.

## Tamaño

La máquina debe tener un tamaño que permita posicionarse fácilmente en el local de comida rápida HOT BURGUER, además el tamaño de los elementos de la máquina que van a ser desmontados frecuentemente (recipiente contenedor, tubo conducto y molde) deben tener un tamaño adecuado para ser transportados y manipulados por una persona.

## Peso

Los elementos de la máquina que van a ser desmontados frecuentemente (recipiente contenedor, tubo conducto y molde) deben tener un bajo peso para ser transportados y manipulados por una persona.

## Estética

La máquina debe tener un diseño atractivo a la vista del cliente tomando en cuenta las exigencias del mercado.

## 2.4 RESULTADOS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En la tabla de resultados se puede observar que las dos alternativas cumplen con las especificaciones requeridas, pero la sumatoria de los criterios de selección de la alternativa B es mayor.

Criterio	Funcionalidad	Montaje	Mantenimiento	Operación	Manufactura	Costo	Tamaño	Peso	Estética	$\Sigma$	Ponderación
A 1	0,0 66	0,0 89	0,0 78	0,0 44	0, 05	0,0 33	0,0 28	0,0 28	0,0 11	0,4 27	2
A 2	0,1 33	0,0 89	0,0 78	0,0 88	0, 05	0,0 66	0,0 28	0,0 28	0,0 11	0,5 71	1

Tabla 2 Resultados de selección de alternativas

## 3. DISEÑO DE LA MÁQUINA

Se detalla el diseño de las partes a fabricarse y la selección de elementos y dispositivos de la máquina para el moldeado de la carne molida para la preparación de hamburguesas, considerando las características que deben reunir cada uno de ellos, en lo referente a materiales y dimensiones, para satisfacer de mejor manera las especificaciones técnicas. También se diseña el circuito eléctrico de control y se detallan sus componentes seleccionados y normalizados.

### 3.1 DISEÑO MECÁNICO

Los parámetros considerados para el diseño mecánico se obtienen en base a las características que tiene la porción de carne molida elaborada en forma manual y las propiedades de la carne molida para la preparación de hamburguesas. Los parámetros sirven de condiciones para el diseño de las diferentes partes de la máquina.

- Producción: mínimo 150 [porciones de carne/hora].
- Diámetro de porción de carne molida: 12,5 [cm].
- Espesor de porción de carne molida: máximo 4 [mm].
- Capacidad: máximo 10 [lb] de carne molida.
- Área ocupada por la máquina: 0,50 [m<sup>2</sup>]

En la figura 4 se indican las partes principales de la máquina, y que servirán de guía para el diseño y selección de las diferentes piezas y elementos.

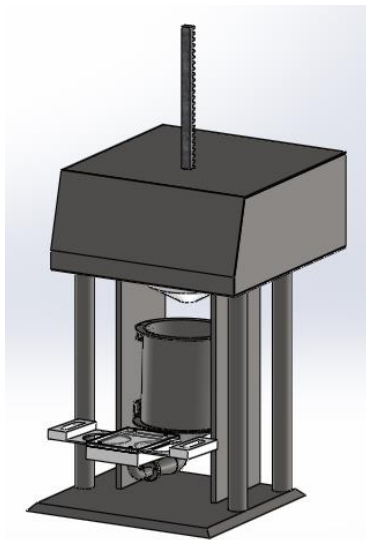


Figura 4 Máquina semiautomática para el moldeado de carne molida

### 3.1.1 RECIPIENTE CONTENEDOR

Para la construcción del recipiente contenedor se considera el volumen aproximado de 0,010 [m<sup>3</sup>] que abarca las 10 [libras] de carne de hamburguesa y la presión necesaria para que la carne molida recorra el volumen de una porción de carne en un tiempo adecuado dentro del cilindro.

De la masa total salen aproximadamente 300 porciones de carne, además que la porción de carne elaborada en forma manual tiene una masa promedio de 0,030[kg] y un volumen aproximado a 50 [cm<sup>3</sup>].

La tabla 3 muestra los resultados de las pruebas realizadas a la carne molida de 10 a 20 [lb].

N o.	Masa Aplicada [Kg]	Tiempo [s]	Volumen de Carne [cm <sup>3</sup> ]	Masa de Carne [Kg]
1	60	58	6	0,0036
2	63	50	8	0,0048
3	66	43	12	0,0072
4	69	35	20	0,012
5	72	30	29	0,0174
6	75	28	34	0,0204
7	78	24	39	0,0234
8	81	22	42	0,0252
9	84	18	45	0,027
10	87	14	50	0,03
11	90	12	50	0,03

Tabla 3 Resultados de las pruebas realizadas a la carne molida

Según la tabla 3 se necesita aplicar una masa igual a 90 [Kg] para que cumpla con los parámetros de diseño establecidos.

La fuerza necesaria para comprimir y desplazar la carne se calcula con la ecuación:

$$F = m \cdot a \quad \text{[Ecuación 1]}$$

En este caso la aceleración es igual a la gravedad:

$$a = g$$

$$F = 90(9.81)$$

$$F = 882.9 \text{ [N]}$$

### Capacidad de producción

Según los parámetros establecidos en la sección 3.2 se necesita una producción mínima de 150 porciones de carne/hora, es decir el tiempo máximo en el moldeado de cada porción de carne molida es de 24 [s].

Con la ayuda de estos valores a continuación se calcula la capacidad de producción:

$$Q_p = \frac{1 \text{ porción de carne}}{24 \text{ segundos}} \times \frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{0.003 \text{ Kg}}{1 \text{ porción de carne}}$$

$$Q_p = 0.45 \text{ [Kg/ hora]}$$

Tomando en cuenta los siguientes criterios determinantes:

- El espacio total ocupado por la máquina de acuerdo a la tabla 2.1 de especificaciones técnicas debe ser el mínimo posible no mayor a 0,50m<sup>2</sup>.
- El valor de la diferencia de la fuerza aplicada a una masa de 20 [lb] de carne molida y a una masa de 10 [lb] de carne molida para que se desplace es mínimo.
- Los elementos desmontables de la máquina, especialmente el recipiente contenedor no deben ser grandes y pesados, ya que van a ser manipulados por una persona.

Se reduce la capacidad del volumen del recipiente contenedor a la mitad, en donde abarcan 10 [lb] de carne molida:

$$V = \frac{0.020}{2}$$

$$V = 0.010 \text{ [m}^3\text{]}$$

Cabe aclarar que las 10 [lb] de masa de carne molida sobrantes cumplirán el moldeado seguidamente en un nuevo proceso de llenado que se hará al recipiente contenedor. El tiempo de llenado del recipiente contenedor se sustituirá con el tiempo ganado en la capacidad de producción.

Se diseña un envase cilíndrico de volumen igual a 0.010 m<sup>3</sup>, las dimensiones que debe tener para que la cantidad de lámina de material empleada sea mínima.

La figura 5 muestra los elementos del recipiente contenedor.

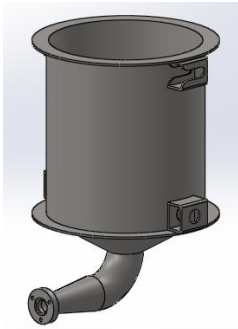


Figura 5 Recipiente contenedor

### 3.1.2 EMBOLO

El embolo se diseña tomando como material al duralon, ya que gracias a sus propiedades lo convierten en el material ideal para el maquinado de piezas que se utilizan en la industria cárnica, por ejemplo: en planchas de corte y procesamientos de carne.

El embolo adopta la forma del cono truncado del recipiente contenedor, permitiendo expulsar toda la carne molida del recipiente contenedor.

El embolo está expuesto a esfuerzo de compresión y se calcula:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

$$\sigma = \frac{882.9}{0.038}$$

$$\sigma = 23234.21 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

El duralon tiene una resistencia a la fluencia igual a 10.78 [MPa], con la ayuda de este dato se calcula el factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

$$n = \frac{10 \times 10^6}{23234.21}$$

$$n = 430.4$$

El valor obtenido del factor de seguridad nos indica que el material está sobredimensionado para el uso que se le va a dar.

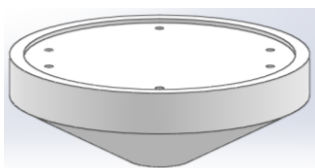


Figura 6 Embolo

### 3.1.3 POTENCIA REQUERIDA

El torque se calcula del producto de la fuerza necesaria para desplazar la carne molida y el radio del piñón:

$$Tr = F \times r \quad \text{[Ecuación 4]}$$

$$Tr = 882.9\text{N} \times 0.05\text{m}$$

$$Tr = 44,145 \text{ [N.m]}$$

Una vez obtenido el torque se calcula la potencia teórica que se consume en el sistema. La experiencia ha demostrado que la velocidad adecuada para presionar la carne molida esta entre 10 [rpm] y 35 [rpm].

$$Pt = Tr \cdot \omega \quad \text{[Ecuación 5]}$$

$$Pt = (44,145) (10\text{rpm}) \left(\frac{1\text{min}}{60\text{s}}\right) \left(\frac{1\text{hp}}{746\text{W}}\right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1\text{rev}}\right)$$

$$Pt = 0,1 \text{ [hp]}$$

Calculado el valor teórico, se puede calcular la potencia real del motor ya que solo se ha considerado la potencia requerida por el sistema, pero no las pérdidas ocasionadas en la transmisión y la eficiencia del motor.

La eficiencia del sistema mediante piñón – cremallera es 98%, la eficiencia del motor se establece en un 90% y la eficiencia del motor reductor para este caso se asume el valor del 98%.

$$Pr = \frac{P}{(n_{motor} \times n_{motoreductor} \times n_{sistema})} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

$$Pr = \frac{0,22[\text{hp}]}{(0,90 \times 0,98 \times 0,98)}$$

$$Pr = 0,12 \text{ [hp]}$$

### 3.1.4 PIÑÓN – CREMALLERA

De acuerdo al funcionamiento de la máquina se requiere de la construcción de piñón y cremallera.

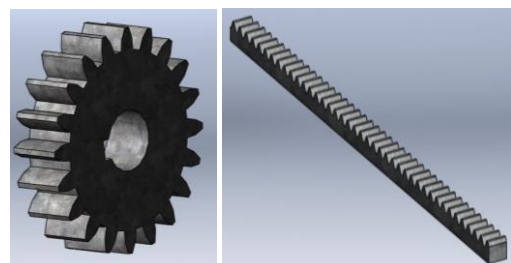


Figura 7 Piñón – cremallera

Se establecen los siguientes parámetros de construcción de piñón – cremallera:

PARÁMETRO	UNIDAD	PIÑÓN	CREMALLERA
Diámetro primitivo	[mm]	100	
Longitud	[mm]		640
Módulo	[mm]	5	5
Número de dientes		20	40
Ancho de cara	[pulg]	1	1

**Tabla 4** Parámetros de construcción de piñón – cremallera

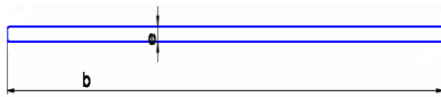
### 3.1.5 MOLDE

De acuerdo a la forma que se le da a la porción de carne molida se requiere de un molde circular que contenga un volumen aproximado a 50 [cm<sup>3</sup>] y un diámetro igual a 12,5 [cm].

Para el diseño del molde se selecciona como material el duralon debido a que tiene las siguientes características requeridas:

- Es de alta resistencia a la fricción.
- Es de alta resistencia química.
- Aislante eléctrico.
- Apto para contacto con alimentos.

El área transversal de la porción de carne es igual:



**Figura 8** Área transversal de la porción de carne

$$A = b \times e \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$$A = 12.5 \times 0.4$$

$$A = 5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A = 0.5 \text{ [m}^2\text{]}$$

Las partes en contacto con la carne deben ser desmontables para su fácil limpieza, por lo que el molde se divide en 3 partes principales: base, contenedor y tapa.

#### Base

La base se diseña para sostener las demás partes del molde y permitir conectar el tubo conducto con el molde para que la carne molida llegue hasta el contenedor para ser moldeada. Se usa como material al duralon.

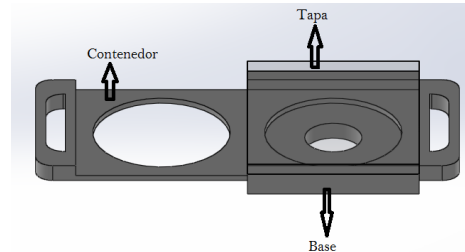
#### Contenedor

El contenedor del molde deberá tener dos orificios con las dimensiones de la carne molida establecidas en los

parámetros de diseño, para permitir moldear una porción de carne molida, mientras se extrae la otra porción. Se usa como material acero inoxidable 304 y duralon.

#### Tapa

La tapa se diseña con la finalidad de cerrar la parte superior del contenedor para comprimir la carne molida y se usa como material plástico transparente, además será transparente para permitir visualizar el llenado de la carne molida en el contenedor del molde.



**Figura 9** Molde

### 3.1.6 ESTRUCTURA

La estructura que sirve de soporte para todos los elementos que conforman la máquina, tienen las siguientes características:

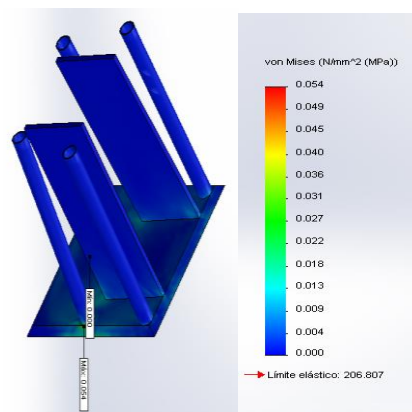
Fuerza para presionar la carne molida = 882,9 [N]

Peso total del gabinete y sus elementos. = m.g  
(20kg) (9,81m/s<sup>2</sup>) = 196,2 [N]

Fuerza total = 196,2 + 882,9 = 1079,1 [N]

#### Análisis de la estructura

Se utiliza el Asistente para análisis Simulation Express del software CAD Solidworks para ayudar a predecir el comportamiento de la estructura de la máquina bajo los efectos de la carga total a la que va a ser sometida y a detectar posibles problemas en las etapas iniciales del diseño.



**Figura 1** Análisis de la estructura



Para la simulación se aplica una fuerza total de 1079,1 N en acero AISI 304 dividida uniformemente en seis puntos de apoyo, cuatro tubos de  $\varnothing=2$ " ubicados a los extremos de donde va a ser ubicado el gabinete y las dos láminas ubicadas casi en la mitad de la estructura, además se aplica la sujeción en la base de la estructura.

Los resultados del software CAD Solidworks se dan en base a la teoría de Von Mises y son los siguientes:

RESULTADO	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Tensión de Von Mises</b>	5.78616e-008 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	0.0536005 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
<b>Desplazamiento Resultante</b>	0 mm	0.000752147 mm

**Tabla 5** Resultados mínimos y máximos de la simulación de la estructura

Se analiza los resultados y se detecta desplazamiento de menos de un milímetro en la parte superior de los dos tubos delanteros de la estructura, pero en estos puntos los tubos serán fijados al gabinete eléctrico mediante soldadura por lo que no ocasionara ningún problema en la construcción total de la máquina.

El factor de seguridad mínimo es 3858,31 por lo que la estructura está sobredimensionada, por lo que es adecuada para la construcción.

### 3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL Y POTENCIA

En el diseño del circuito eléctrico se describen y seleccionan los elementos utilizados, se dimensionan las protecciones y se detalla el funcionamiento del circuito de control y fuerza.

#### 3.2.1 RELÉ ELÉCTRICO ENCAPSULADO

El relé encapsulado MY4 es un interruptor accionado por un electroimán, que activará y desactivará los contactos normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC), según las conexiones necesarias en el circuito de control.



**Figura 11** Relé eléctrico encapsulado MY4

#### 3.2.2 CONTACTORES

Los contactores van a activar y desactivar el motor por lo que se los elige en base al voltaje nominal = 110 v y la potencia nominal = 0,5 hp. Se selecciona el contactor LS MC-9b.



**Figura 12** Contactor LS MC-9b

#### 3.2.3 SENSORES

En la implementación de la máquina se utilizan dos tipos de sensores, el primero es el sensor magnético, que actúa como interruptor para activar y desactivar el control del circuito de la posición del embolo dentro del cilindro (recipiente-contenedor).

El segundo sensor es el final de carrera que se utilizará para confirmar la posición correcta del molde para activar o desactivar el motor.

Como la alimentación del motorreductor es 110v se escoge sensores que funcionen a igual alimentación para evitar el uso de una fuente externa o un transformador de voltaje.

##### Sensor magnético

El sensor magnético sirve para la detección de posición por proximidad, es decir, funciona sin contacto directo a una distancia de detección más amplia con una forma más reducida. El campo magnético puede pasar a través del acero inoxidable para cerrar el circuito.

El sensor magnético consta de dos partes, una fija y una móvil, en este caso para la detección de posición del embolo, se utilizó dos unidades fijas y una móvil. Las dos partes fijas se colocan en el límite superior e inferior del desplazamiento del embolo, y la parte móvil se empotra a un lado del embolo que sube y baja por el recipiente contenedor de acero inoxidable. La señal se activa cuando existe un contacto magnético entre las dos partes, por lo tanto se activará cualquiera de las dos señales (límite superior o inferior) para que el motor se detenga.



**Figura 13** Sensor magnético

##### Sensor final de carrera

El sensor final de carrera o sensor de límite es un interruptor que muestra una señal eléctrica ante un accionamiento mecánico por contacto físico con otro

objeto para modificar el estado de un circuito. Este dispositivo está compuesto por dos partes: un cuerpo que contiene los contactos y un actuador.

Se usa un final de carrera KW8-XILIE sin palanca para detectar la posición correcta del contenedor del molde en su movimiento rectilíneo de izquierda a derecha y viceversa. Tiene dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo.

En el modo positivo, el sensor cierra el circuito para que el motor se ponga en marcha cuando el actuador entra en un pequeño orificio existente en el contenedor del molde.

En el modo negativo, el sensor abre el circuito para que el motor se pare cuando el actuador sale del pequeño orificio del contenedor del molde.

Este sensor es ocupado para esta aplicación debido a sus ventajas mecánicas: operación sencilla y visible, carcasa durable, cierres herméticos y alta repetitividad; y a sus ventajas eléctricas: inmunidad a la interferencia de ruido eléctrico, ausencia de corriente de fuga, caídas de voltaje mínimas y capacidad de conmutar cargas más elevadas que otras.



Figura 14 Sensor final de carrera KW8-XILIE

### 3.2.4 HMI (INTERFAZ MÁQUINA HUMANO)

La interfaz máquina humano se diseña de manera simétrica, espaciada y simple para la fácil comprensión del usuario con un área total de 0.13 [m<sup>2</sup>]. Además tiene un grado de inclinación para mejor visualización del operario y está ubicado en la parte superior frontal de la máquina.

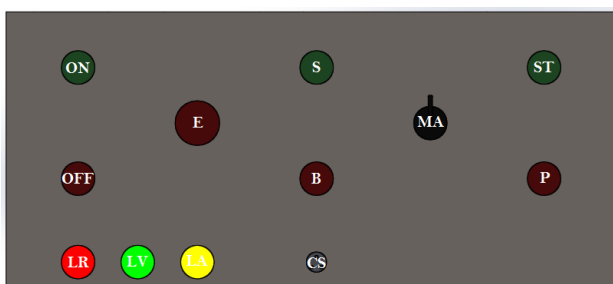


Figura 15 HMI (Interfaz Máquina Humano)

Donde:

ON: Pulsador Encendido

OFF: Pulsador Apagado

E: Pulsador Pare de Emergencia

MA: Selector de Modo Manual o Automático

S: Pulsador de Subida en Modo Manual

B: Pulsador de Bajada en Modo Manual

ST: Pulsador Inicio en Modo Automático

P: Pulsador Pause en Modo Automático

LR: Luz Roja

LV: Luz Verde

LA: Luz Amarilla

CS: Conector Cable del Molde

La luz roja se enciende al momento que se prende la máquina, la luz verde se enciende al activar el motor y la luz amarilla encendida me indica que está activado el modo automático.

### 3.2.5 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y POTENCIA

El circuito de control es la parte más delicada ya que se encuentra de controlar las entradas y salidas.

El circuito de potencia se realiza en base al funcionamiento del motor.

#### Funcionamiento del circuito de control

El modo manual se selecciona para tareas de mantenimiento o posicionamiento del embolo según lo requiera el usuario.

El modo automático se selecciona para el moldeado de la carne molida para la preparación de hamburguesas.

Estado de funcionamiento inicial del circuito:

El circuito en su estado de funcionamiento inicial se encuentra alimentado y conectado con los elementos de mando anteriormente detallados.



- Amoladora
- Mototool

#### 4.1.2 MATERIA PRIMA

- Plancha Acero Inoxidable AISI 304, e=4 [mm]
- Tubo Acero Inoxidable AISI 304  $\phi=8"$ , e=3 [mm]
- Plancha Duralon 35x180x460 [mm]
- Plancha Duralon 35x170x230 [mm]
- Barra Duralon 225x110 [mm]
- Plancha Plástico Transparente 215x155x10 [mm]
- Barra Acero AISI 8620 25,4x60 [mm]
- Barra Cuadrada Acero AISI 8620 25,4x25,4 [mm]

#### 4.1.3 ELEMENTOS UTILIZADOS

- Reducción Copa Concéntrica 2"x1" AISI 304
- Codo 90° AISI 304  $\phi=1"$
- Codo 2" TP304 E2221 IR
- Relé Encapsulado MY4/110V y Base
- Contactor LS MC-9b 110V-0,5 HP
- Sensor final de carrera KW8-XILIE
- Sensor Magnético
- Pulsadores 22 [mm]
- Pulsador Hongo retenido 22 [mm]
- Interruptor Selector 22 [mm]
- Disyuntor LS C10
- Relé térmico R2-D1310 4-6ª
- Terminales Puntera
- Terminales Pin
- Terminales Ojo
- Cable Eléctrico flexible No. 10 AWG
- Cable Eléctrico flexible No. 18 AWG
- Cable Concéntrico 4x10AWG
- Cable Concéntrico 3x10AWG
- Luz Piloto 110V
- Borneras
- Motor
- Caja Reductora
- Riel Din
- Canaleta Plástica Ranurada
- Cable de Micrófono y Conectores
- Cauchos

## 4.2 MONTAJE DE LA MÁQUINA

El montaje se lo realiza dentro y fuera del compartimento superior de la máquina.

Dentro del compartimento superior de la máquina se ubica el mecanismo de transmisión de movimiento y el tablero de control y potencia con sus dispositivos de protección. Fuera del compartimento superior de la máquina se ensambla el recipiente contenedor con sus seguros mecánicos, el embolo y el molde.

### 4.2.1 MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

El montaje del sistema de transmisión de movimiento se lo realiza en el siguiente orden:

- Comprobar la presencia de pernos, tuercas y arandelas que serán empleados en el montaje del mecanismo.
- Fijación de piñón al eje del motorreductor.
- Ubicación y fijación del motorreductor.
- Acople preciso de la cremallera con el piñón.



*Figura 18 Montaje del motorreductor, piñón y cremallera*

### 4.2.2 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL Y POTENCIA

El montaje del tablero de control y potencia se lo realiza en el siguiente orden:

- Comprobar la presencia de pernos, tuercas y arandelas que serán empleados en el montaje del tablero.
- Ubicación y fijación del tablero de control y potencia.
- Ubicación y fijación del extractor de calor.
- Ubicación y fijación de los sensores magnéticos.
- Ubicación y soporte de los cables mediante canaleta plástica ranurada dentro del compartimento superior de la máquina.



*Figura 19 Montaje del tablero de control*

### 4.3 PRUEBAS DE CAMPO

Después de la construcción y el montaje de la máquina semiautomática, es conveniente realizar las pruebas de campo que tienen como objetivo verificar las condiciones de diseño y el correcto funcionamiento del sistema mecánico y el circuito eléctrico de control y potencia.

#### 4.3.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Se verifica la capacidad de producción para la que fue diseñada la máquina, realizando pruebas de moldeado de la carne molida con tres usuarios diferentes en un tiempo de una hora.

USUARIO	TIEMPO	CANTIDAD	EVALUACIÓN	
			CUM- PLE	NO CUM- PLE
Usuario 1	1 [hora]	158	X	
Usuario 2	1 [hora]	147		X
Usuario 3	1 [hora]	181	X	

**Tabla 6** Capacidad de producción de la máquina

#### 4.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PORCIÓN DE CARNE MOLIDA

Se verifica que al moldear cada porción de carne molida tenga las dimensiones adecuadas.

CRITERIO	DIMENSIÓN	EVALUACIÓN	
		CUMPLE	NO CUMPLE
Diámetro de la porción de carne.	12,5 [cm]	X	
Espesor de la porción de carne.	4 [mm]	X	
Consistencia de la porción de carne.		X	

**Tabla 7** Características de la porción de carne molida

#### 4.3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de campo, se observa que los diferentes elementos y partes que conforman la máquina del sistema mecánico y del circuito eléctrico de control y potencia funcionan correctamente sin carga y de igual forma al estar con carga, el prototipo trabaja sin ningún problema en el moldeado de la carne molida.

Las dimensiones generales de la máquina coinciden con las dimensiones previamente establecidas en el diseño del prototipo.

Es muy importante mencionar que los resultados obtenidos en las dimensiones de la porción de carne molida son apropiados, pero la consistencia de cada porción depende específicamente de las propiedades de la masa cárnica.

Finalmente se puede observar que la capacidad para la que fue diseñada la máquina es la apropiada, ya que producción promedio de tres usuarios de la máquina es de 162 porciones de carne molida en una hora.

## 5. ANÁLISIS DE COSTOS

Se realiza un análisis de costos tomando en cuenta el diseño, construcción y montaje de la máquina semiautomática para el moldeado de carne molida para la preparación de hamburguesas.

### 5.1 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL [USD]
Costos de materia prima	699,90
Costos de elementos utilizados	701,74
Costos de maquinado	626,00
Costos de montaje	30,00
Costos no recuperables	49,00
Costos de materiales consumibles	266,80
Costos de ingeniería	620,00
Costos de imprevistos	90,00
<b>Total</b>	<b>3083,44</b>

**Tabla 8** Costo total de la máquina

En la tabla 8 el valor total de la máquina semiautomática para el moldeado de carne molida para la preparación de hamburguesas es 3083,44 [USD]. Una cantidad mínima sobrepasa al valor esperado inicialmente, pero es aceptable.

### 5.2 COSTO/BENEFICIO

$$\text{CON MÁQUINA} - \text{SIN MÁQUINA} = 787.5 - 225 = \mathbf{562.5}$$

Es posible recuperar la inversión del costo total de la máquina en SEIS meses aproximadamente; cabe recalcar que la hora de trabajo es cancelada en 5 dólares americanos y el valor de cada porción de carne molida para la preparación de hamburguesas se estima en 0.40 centavos de dólar.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} > 1 = \text{BUENO}$$

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} < 1 = \text{MALO}$$

Se estima el beneficio en un mes en 562.5 [USD], en seis meses será igual a 3375 [USD] y el costo total de la máquina es igual a 3083.44 [USD].

$$\frac{3375}{3083.44} > 1 = \text{BUENO}$$

$$1.1 > 1 = \text{BUENO}$$

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Con la máquina se logra duplicar la capacidad de producción de las porciones de carne molida para la preparación de hamburguesas en la mitad del tiempo, ya que se pasa de un moldeado manual a un semiautomático.
- En el diseño de los componentes de la máquina, tiene un factor de seguridad de mayor a dos, de esta forma son sometidos a un esfuerzo equivalente mínimo a la mitad del que están diseñados, con esta característica se reduce el desgaste por fatiga de material.
- El diseño del sistema de transmisión acoplado a la caja reductora disminuye en cantidades considerables la velocidad, aumenta el torque y mantiene la potencia, siendo más económico el motor, debido que proporciona un menor consumo de energía y el costo de mantenimiento es relativamente bajo comparado con embudidoras que usan sistemas hidráulicos o neumáticos.
- El motor y los elementos de la máquina están diseñados de tal forma que a futuro puedan utilizarse con otros tipos de carne que presenten mayor resistencia para ser comprimidos y moldeados a un diámetro de 12,5 [cm] y 4 [mm] de espesor; debido a que los materiales con que están construidos cumplen con los requerimientos necesarios para que la máquina este sobredimensionada.
- La máquina semiautomática realiza un proceso lento y no necesita una variación exagerada de velocidad ni de corriente, por tal motivo se usó relés de estado sólido para la inversión del giro. Se consideró un amperaje igual al triple del motor para los relés evitando así que estos se dañen por los picos de voltaje generados en el arranque del motor.
- Los sensores magnéticos y el final de carrera brindan mayor seguridad para los usuarios, debido a que están ubicados en sitios estratégicos de la máquina semiautomática y permiten detener la marcha del motor evitando así accidentes.

### 6.2 RECOMENDACIONES

- La capacidad de producción satisface actualmente las necesidades del local de comida

rápida, si se desea aumentarla se recomienda añadir un mesón que permita apilar con mayor rapidez y facilidad las porciones de carne molida.

- En caso de daño de los elementos en contacto directo con la carne molida: recipiente contenedor, tubo conducto, molde, embolo se recomienda utilizar los mismos materiales con los que fueron construidos: acero inoxidable AISI 304 y duralon ya que estos tienen las características alimenticias y mecánicas adecuadas para procesar a la carne molida y resistir a los esfuerzos a los que están sometidos. En caso de soldadura se recomienda usar la varilla de soldar ER308, ya que es un metal de aporte que puede producir una soldadura de composición semejante al acero inoxidable AISI 304.
- Los materiales escogidos para los puntos más críticos como es el caso de la estructura, piñón, cremallera y del recipiente contenedor son aceros especiales que permiten reducir el tamaño y soportar una mayor carga, en el caso del piñón y la cremallera se recomienda construirlos totalmente en acero inoxidable 304 para aumentar la confiabilidad del procesamiento de la carne molida.
- Se recomienda aumentar nuevos moldes acoplables al tubo conducto de la máquina que me permitan variar las dimensiones y formas de diferentes tipos de carne. El uso de materiales existentes en el mercado permite reducir el costo de fabricación y a su vez disminuir el tiempo para la construcción de la máquina semiautomática.
- Es importante el correcto dimensionamiento de los componentes del circuito de potencia, tomar en cuenta los picos de corriente cuando el motor arranca, al usar contactores para el paso de corriente al motor, se recomienda usar los elementos de protección eléctrica que se describen en el manual técnico ya que estos están previamente seleccionados de acuerdo al funcionamiento de la máquina.
- El uso de componentes robustos y su mantenimiento en diseño de máquinas garantiza mayor durabilidad para los sensores y los componentes del HMI, por lo que se recomienda al terminar el proceso de moldeado inmediatamente lavar la máquina a vapor, para evitar que se adhiera la carne molida a las paredes y puntos difíciles de acceder de los elementos.

## REFERENCIAS

- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2007). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. México: Litográfica Ingramex, S.A. de C.V.
- Appold, H., Feiler, K., Reinhard, A., & Schmidt, P. (1995). *Tecnología de los metales*. Barcelona: Reverté, S.A.



Aula Eléctrica. (s/a). *Automatismos Industriales*. Obtenido de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.r ele.termico.pdf>

Boylestad, R. L. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGRAW-HILL.

Caldinox. (s/a). *Aceros Inoxidables*. Obtenido de [http://www.caldinox.com.ar/productos\\_y\\_servicio s/productos/tuberias\\_y\\_accesorios\\_con\\_uniones \\_a\\_clamp\\_y\\_uniones\\_dobles\\_danesas](http://www.caldinox.com.ar/productos_y_servicio s/productos/tuberias_y_accesorios_con_uniones _a_clamp_y_uniones_dobles_danesas)

Condimensa. (s/a). *Apanadura*. Recuperado el Enero de 2014, de <http://www.condimensa.com.ec/materias2.html>

Electricos Generales. (2012). *Relay Encapsulado*. Obtenido de <http://www.electricosgenerales.com.pe/shop/rela y-encapsulado/>

Galvanizados Lacunza, S.A. (s/a). *Galvanizado*. Obtenido de <http://www.galvanizadoslacunza.com/Galvaniza doyBeneficios.htm>

Geoka. (s/a). *Cono Truncado*. Obtenido de [http://www.geoka.net/poliedros/cono\\_truncado.h tml](http://www.geoka.net/poliedros/cono_truncado.h tml)

Gepowercontrols. (s/a). *Relés térmicos*. Obtenido de [www.gepowercontrols.com/es/.../Electronic\\_Ove rload\\_Relay.html](http://www.gepowercontrols.com/es/.../Electronic_Ove rload_Relay.html)

Grupo Carrion Alvarez. (s/a). HOJA DE DATOS - Características y aplicaciones del duralon.

Hamrock, B. J., Jacobson, B. O., & Schmid, S. R. (2000). *Elementos de Máquinas*. México: McGRAW-HILL.

Hoffman Enclosures Inc. (2009). *NORMAS GLOBALES PARA GABINETES ELÉCTRICOS*. Obtenido de [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_documen t.aspx?rRID=245286&pRID=245285](http://www.hoffmanonline.com/stream_documen t.aspx?rRID=245286&pRID=245285)

Horwitz, H. (2002). *Soldadura: Aplicaciones y Práctica*. México: Alfaomega.

Ingeniería Teleinformática. (s/a). *Física General II*. Obtenido de [www.es.scribd.com/doc/38513543](http://www.es.scribd.com/doc/38513543)

Leon Vega, A. L. (1992). *Diseño, cálculo y construcción de una roladora manual - Informe Técnico*. Guayaquil: ESCUELA POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Mercado en línea - China. (2011). *Sensores*. Obtenido de <http://spanish.dooraccesscontroller.com/>

Molina, P. (s/a). *Protección de los Circuitos Eléctricos*. Obtenido de [http://www.profesormolina.com.ar/electromec/pr ot\\_circ\\_elect.htm](http://www.profesormolina.com.ar/electromec/pr ot_circ_elect.htm)

Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Obtesol. (s/a). *Aceros Inoxidables*. Obtenido de [http://www.obtesol.es/index.php?option=com\\_co ntent&task=category&sectionid=4&id=34&Itemid =30](http://www.obtesol.es/index.php?option=com_co ntent&task=category&sectionid=4&id=34&Itemid =30)

Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: EDICIONES UPC.

Rivas Arias, J. M. (2009). *Soldadura eléctrica y sistemas T.I.G. y M.A.G*. Madrid: Paraninfo.

SOLTER. (s/a). *Soldadura TIG*. Obtenido de <http://www.solter.com/es/procesos-soldadura/tig>

SOLYSOL. (2012). *Soldadura GTAW - TIG*. Obtenido de <http://www.solysol.com.es/productos-y-servicios/procesos-soldadura/soldadura-gtaw-tig/>

SUMELEC. (2014). *Automatización Eléctrica Industrial*. Obtenido de <http://www.sumelec.net/cat%C3%A1logo.html>

## SOBRE EL AUTOR



Jefferson V. Andrade V., nació en Ibarra – Ecuador el 8 de Julio de 1989. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio “Sánchez y Cifuentes”. Culmino sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014.

Áreas de interés: Automatización y Control de Procesos Industriales, Robótica, Microelectrónica, Energías Renovables.

Contacto: jefferson\_chefo10@hotmail.com.