

MÁQUINA RETORCEDORA DE SALCHICHAS

PARA

MICRO EMPRESAS DE EMBUTIDOS.

Córdova Reina Felipe Nicolás.
felip_89@hotmail.com
Universidad Técnica del Norte.

Resumen— Los resultados del estudio de factibilidad económica con respecto a la elaboración de alimentos y embutidos determinan la rentabilidad para implementar una máquina adecuada para el desarrollo industrial y la independencia de tecnología extranjera.

El presente proyecto tiene por objetivo diseñar y construir una máquina retorcedora de salchichas en la industria de embutidos, para mejorar las condiciones de trabajo de los medianos y pequeños productores de este sector. La máquina está orientada en el proceso de formado continuo, para optimizar el tiempo de desarrollo y elaboración de salchichas. Obteniendo así una máquina eficiente, eficaz y de trabajo productivo. La cual permite una fácil trasportación, fácil conexión, fácil control del proceso y mejorar la calidad del producto final. Diseñada de acuerdo a las condiciones de trabajo y constituida con materiales adecuados para la manipulación de alimentos. Su funcionamiento a través de un panel de control (HMI-PLC-Logo) donde el operador manipula de acuerdo al tipo de calibre (grosor) deseado, esta interfaz envía información al PLC el cual da respuesta en tiempo real para el encendido del mecanismo de movimiento giratorio y obtener como resultado un mejor proceso continuo con uniformidad del producto.

INTRODUCCIÓN.

Actualmente en el Ecuador existen empresas de producción de embutidos formales, las cuales manejan procesos y tecnología adecuada que garantizan un producto apto para el consumo humano, estas empresas cuentan con los permisos legales y registro sanitario que exige esta

actividad. La maquinaria es de un costo elevado por lo que no es de fácil acceso para las familias de recursos económicos medios y bajos.

Las tres empresas más grandes en el Ecuador son Procesadora Nacional de Alimentos Pronaca, Embutidos Plumrose y Embutidos Don Diego, cuya fuerza laboral es de 25000 personas de forma directa.

Se debe considerar que según un estudio publicado por el diario el comercio (COMERCIO, 2007) que solo el 50% del mercado es abastecido por empresas legalmente constituidas con tecnología para que abastezcan a consumidores de un nivel económico medio alto y alto, y el resto corre por cuenta de las micro empresas, que abastecen a consumidores de un nivel económico medio y bajo.

En el país la fabricación de embutidos tiene más de 85 años, existen granjas para el cuidado y tratamiento de cerdos, reses y aves que se usan como materia prima para la fabricación de embutidos.

Actualmente las micro empresas no cuentan con una productividad mayor en el área de formado ya que su trabajo es de forma manual, en comparación con las grandes fábricas industriales desarrolladas que cuentan con máquinas diseñadas para este tipo de área, dejándolas marginadas y sin competitividad en el mercado

CAPITULO I

1. ELABORACIÓN DE SALCHICHAS EN UNA MICRO EMPRESA LOCAL.

En general la salchicha se prepara a partir de carne de cerdo, aunque también se produce con carne vacuna o de ternera y con el correr del tiempo algunas empresas

aumentan o disminuyen los ingredientes para el agrado y la salud de los consumidores, sin embargo el proceso de elaboración es el mismo sin importar la materia prima.

En la tabla 1.1 se muestra los materiales e insumos y equipos utilizados para la elaboración de la salchicha. (Hinojosa, 2012).

Tabla 1.1 Elaboración de la salchicha.

MATERIALES	INSUMOS	EQUIPOS
Bandejas. Termómetros Cuchillos Tabla de picar. Mesa de trabajo. Recipientes.	Carne. Proteína de soya. Sal Grasa. Almidón poli fosfato para masa. Saborizantes Colorantes. Especias.	Recepción de materia prima. Picadora de carne (Cúter). Moledora de carne. Embutidora. Atado o torsión. Cocción. Enfriado Almacenado

Fuente .Autor

FLUJO GRAMA DE ELABORACIÓN DE SALCHICHAS EN UNA MICRO EMPRESA LOCAL.

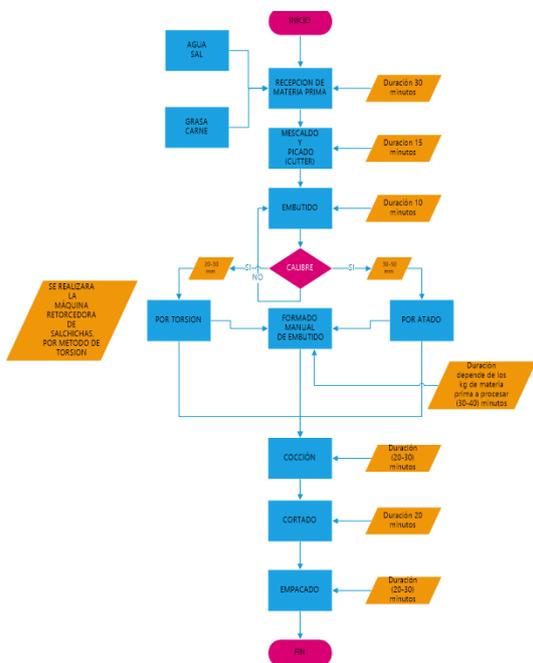


Figura 1.1. Proceso de torsión manual. Fuente. Autor.

MÉTODOS DEL FORMADO DEL EMBUTIDO PARA SALCHICHA.

La salchicha depende de la masa cárnica que se embute en tripas, que además de

determinar el tamaño y la forma del producto, condicionan aspectos tecnológicos y el desarrollo de determinados procesos físico- químicos que tienen lugar en estos productos, por lo que propiedades como uniformidad de llenado, resistencia a la contracción o expansión, permeabilidad, etc., son muy importantes.

Descripción del proceso de formado.

El proceso manual es la más utilizada en el mundo, pero no la más utilizada en industrias especializadas en el formado de este producto para su procesamiento. Sus dos formas de operación son muy simples, sin embargo no es nada fácil de hacer. Los principales inconvenientes tanto para la empresa o para el trabajador cuando pretende realizar este tipo de proceso es la uniformidad del producto y el tiempo en que lo realiza. El método manual resulta ser muy práctico cuando se pretende atar o torcer pequeñas cantidades de masa del producto, pero cuando se trata de hacer gran cantidad de masa es ahí donde se dificulta y ocasiona molestias en el trabajador y pérdidas económicas para la empresa.

Tabla 1.2. Elaboración de salchichas en el área local.

Elaboración de salchichas en el área local.	
Métodos manuales	Características
Atado manual	Mayor tiempo en el proceso de trabajo. Fatiga en el trabajador.
Torsión manual.	100% contacto con las manos del operador. Baja producción Desigualdad en el producto. Baja competitividad en el mercado local.

Fuente. Autor.

Método de Atado manual.



Figura 1.2. Metodo de atado manual. Fuente. (CITALSA, 2014)

Universidad Técnica del Norte.

Fue la primera costumbre artesanal y la manera que surgió para formar cada salchicha, este método consta, de esperar que la embutidora embuta toda la masa cárnica dentro de toda una tira de tripa natural o sintética de cierta longitud para luego empezar a amarrar, atar con hilo cada cierta distancia para la formación del embutido. Utilizados más para calibres desde 40mm(chorizo)

Método de Torsión manual.



Figura 1.3. Proceso de torsión manual.
Fuente. (Cardenal., 2015).

Al igual que el método de atado también es una de las primeras costumbres artesanales en la que los trabajadores comenzaron a realizar este proceso. La cual consta de embutir toda la masa dentro de las tiras de tripa sintética de cierta longitud y luego comenzar a la torsión manual para la formación de cada salchicha, como se muestra en la 2 .calibres estandarizados de (20-28)mm.

Características de cada método.

- Método de Atado: De 10 a 15 salchichas por minuto, de acuerdo a la agilidad del operario.
- Método de torsión: De 10 a 15 salchichas por minuto, de acuerdo a la agilidad del operario.

ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE FORMADO.

A): METODO DE TORSION.

Este tipo de modelos se caracterizan por su alta producción, excelente calidad de dosificado, facilidad de limpieza y mínimo mantenimiento. En estas el producto es alimentado por una tolva que lo lleva hasta un juego de paletas que gira y pasa al tubo dosificador para dar forma del embutido, es un sistema continuo ya que es programable mediante PC y accionadas por servomotores con altísima precisión.

Ofrecen trabajar al vacío, sin calentamiento ni embarrado incluso en masas delicadas y aseguran una excelente presentación, colores vivos y ausencia de bolsas de aire.



Figura 1.4 Máquina automática continua con brazo adicional que reemplaza la función del operario. VF 608

Fuente. (HANDTMAN A. , 2014)

Ventajas.

- Manejo práctico y seguro a distintas velocidades.
- No existen problemas de enredamientos
- Precisión
- Fácil adaptación
- Dimensiones reducidas de sus componentes y elevado rendimiento.
- Fácil mantenimiento.
- Máquina muy fácil de utilizar.

Desventajas.

- El costo de operación es alto dependiendo del uso de la capacidad de la máquina.
- Sus componentes no se encuentran fácilmente.

B): MÉTODO DE ATADO

Las máquinas atadoras ofrecen un atado artesanal similar al efectuado manualmente. Estrangulando totalmente el embutido se consigue la presión correcta en cada porción y todo ello tratándolo con la máxima delicadeza, evitando así las roturas.

Es un sistema mecánico en el cual internamente tiene un motor conectado a una manivela con un sujetador para la cuerda y también con un controlador para controlar el giro de amarrado para cada salchicha dependiendo del usuario.



Figura 1.5. Máquina semiautomática. (T-70)

Fuente. (GASER, 2014)

Ventajas.

- Manejable a altas velocidades.
- Precisión.
- Dimensiones reducidas de sus componentes y elevado rendimiento.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas.

- El costo de operación es alto dependiendo del uso de la capacidad de la máquina.
- Sus componentes no se encuentran fácilmente.
- Posibles problemas de enredamientos.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Criterios de selección.

En la siguiente tabla 1.3 de resultados se muestra el puntaje de cada criterio y la ponderación para elegir la alternativa correspondiente.

Tabla 1.3. Resultados.

CRITERIO	Funcionalidad	Tiempo	Mantenimiento	Mecanismo operación	manufatura	costo	Σ	ponderación
Alternativa A	0.19	0.12	0.095	0.091	0.035	0.035	0.566	1
Alternativa B	0.09	0.12	0.095	0.046	0.035	0.035	0.313	2

Fuente. Autor

CAPITULO II

2. PARÁMETROS DEL PROCESO DE FORMADO MANUAL DE UNA SALCHICHA.

Tabla 2.1. Resultados de pruebas en forma manual elaboración de salchicha.

Nro. De pruebas	Diámetro de la salchicha (mm)	Longitud de cada salchicha(cm)	Peso de la salchicha [Kg]	Número de vueltas por salchicha.(nv)	Tiempo (t) de giro(segundo)
1	28	16	0,0040	3	0.87
2	28	18	0,0048	3	0.90
3	28	18	0,0050	4	0.93
4	28	14	0,0058	4	0.98
5	28	14	0,0060	4	1

Fuente. Autor.

Para determinar el proceso de formado los factores necesarios para elaborar una salchicha de forma artesanal se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- 1) Diámetro.
- 2) Longitud.
- 3) Tiempo de giro de torsión.
- 4) Número de vueltas de torsión de una salchicha

Fuerza necesaria para retorcer una salchicha por el proceso manual.

Para encontrar la fuerza de empuje que necesita una salchicha al girar se encuentra por la denominada formula de fuerza aplicando la segunda ley de newton (Zambrano., 2011), donde los datos a considerar son la masa y la trayectoria que tiene el cuerpo al ser moldeada para el proceso de torsión.

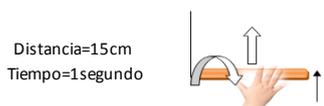


Figura 2.1. Diagrama de fuerza

Fuente. Autor.

Entonces:

$$F = m * a \quad \text{Ecuación 0-1}$$

$$a = \frac{0.15m/s}{1s}$$

$$a = 0.15m/s^2$$

Universidad Técnica del Norte.

$$F = 0.55g * 0.15m/s^2$$

$$F = 0.0000825 N$$

Velocidad angular necesaria para retorcer una salchicha.

Se parte de las pruebas de ensayo para elaborar de forma manual una salchicha que da como resultado a 3 giros en un segundo (rev/s).

Transformando los 3rps a rpm.

$$w = \frac{3rev}{s} * \frac{60s}{1min}$$

$$w = \frac{180rev}{min}$$

PARÁMETROS DE DISEÑO

La Figura 2.2 Esquema de flujo del proceso de diseño para el formado de salchichas

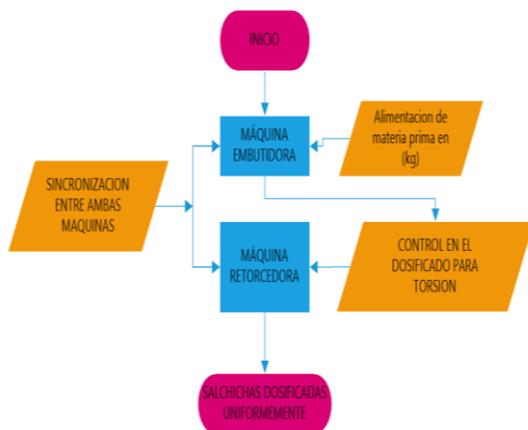


Figura 2.2. Diagrama de flujo del proceso.
Fuente. Autor.

DISEÑO DE LA MÁQUINA A CONSTRUIR.

El diseño de la máquina a construir será de acuerdo al espacio físico de trabajo, a la unión entre la máquina embutidora, a la toma de energía de alimentación y a un mecanismo que será adecuado, para que funcione tomando en cuenta las características que el trabajador realiza manualmente, pero esta con mayor continuidad, rapidez en este proceso.



Figura 2.3. Esbojo (diseño del mecanismo, estructura.)
Fuente. Autor.

MATERIALES A UTILIZAR.

Mediante la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) con resolución Nro. 042-2015 que dispone mediante la Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados, se trabajara con aceros inoxidables de la familia 300.(AISI 304)

• Estructura de la máquina

Tabla 0.1 Dimensiones de la estructura de soporte.

Parámetros	Longitud
Altura	960mm
Largo	600mm
Ancho	500mm

Fuente. Autor.

• Mecanismo de transmisión.

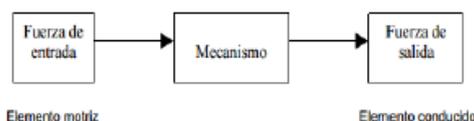


Figura 2.4. Diagrama de bloques de un mecanismo.
Fuente. (Myszka., 2013)

CAPITULO III

3. CALCULOS

Relación de velocidades por banda-polea.

La trasmisión de movimiento entre 2 ejes mediante poleas está en función de la diferencia de los diámetros de estos, cumpliéndose así en todo momento (Mott R. , 2008). Ver figura 3.1.

Universidad Técnica del Norte.

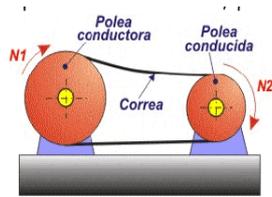


Figura 3.1. Sistema de transmisión banda patea.

Fuente. (Tecnología, 2007)

La ecuación queda de esta manera.

$$n1 * d1 = n2 * d2$$

Utilizando dos poleas una en el eje del motor y la otra en el eje retorcedor.

Donde:

$n1$ = velocidad polea conductora = 171.5rpm

$n2$ =velocidad polea conducida= 300.8rpm

$d1$ =diámetro polea conductora = 177.8mm

$d2$ =diámetro polea conducida = 101.6mm

Cálculo de la velocidad de la banda.

$$Vb = \frac{\pi(d1)(n1)}{60000} \quad \text{Ecuación 0-1}$$

Dónde:

$d1$ =177.8mm

$n1$ = 171.5

Vb = velocidad de la banda.

$$Vb = 1.6m/s$$

Cálculo de la longitud de la banda.

$$C = 0.889m$$

DISEÑO DEL EJE.

Para el diseño del eje se toma en cuenta las cargas, ya que son el resultado de distintos componentes que intervienen en el diseño de la máquina retorcedora, el eje principal se acopla a la polea conducida y este por medio de dos chumaceras de piso brindan estabilidad, fijación y auto alineamiento para el movimiento de giro tal cual como se indica en la siguiente figura 3.2.

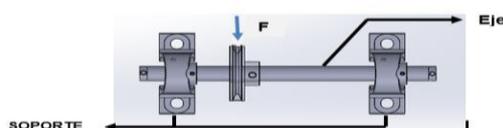


Figura 3.2. Eje con chumaceras.

Fuente. Autor.

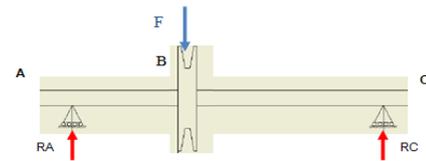


Figura 3.3. Diagrama de cuerpo libre

Fuente. Autor.

$$TB = 9550 \frac{*Pd}{n} \quad \text{Ecuación 0-2.}$$

Dónde:

Pd = potencia de diseño.

n = velocidad de la polea conductora.

TB = Par torsional.

$$TB = 15.3Nm$$

Cálculo de la fuerza flexionante sobre el eje.

Mediante la ecuación siguiente se determinar la fuerza de flexión sometido al eje por bandas en V. (Mott R. , 2008).

$$Fb = 1.5FN = 1.5 * \frac{TB}{\frac{d2}{2}} \quad \text{Ecuación 0-3}$$

Dónde:

Fb = fuerza flexionante sobre el eje.

TB = par torsional.=15.3Nm

$d2$ = diámetro de la polea conducida.

1.5 = valor constante para transmisiones por bandas en V.

Entonces:

$$Fb = 451.8N$$

En la figura 3.4 se muestra los diagramas fuerza cortante y momento flexionante con sus correspondientes reacciones que concuerdan con los cálculos realizados. Con una fuerza total sobre el eje de:

La suma total de los elementos

$$FT = Fb + Felementos$$

$$FT = 451.8 + 2.36N$$

$$FT = 454.16N$$

Universidad Técnica del Norte.

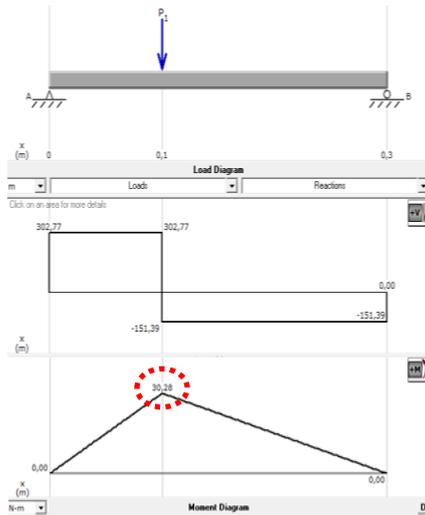


Figura 3.4. Fuerza cortante, momento flector (Mdsolid.)
Fuente: Autor.

Esfuerzo normal máximo.

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad \text{Ecuación 0-4.}$$

Dónde:

σ =esfuerzo normal máximo.

I= momento de inercia.

M= momento máximo flector.

c= radio del diámetro exterior del eje.

Si para un eje hueco, primero se encuentra el momento de inercia (I) y después se reemplaza en la ecuación 3-4. Si las medidas del eje hueco son.

Datos.

$$D=1.5\text{in}.0.0381\text{m}$$

$$d= 1.44\text{in}=0.0366\text{m}$$

Si:

$$I = \frac{\pi}{64} * (D^4 - d^4) \quad \text{Ecuación 0-5}$$

Dónde:

I= momento de inercia.

D= diámetro exterior del eje.

d= diámetro interno del eje.

Entonces:

$$I = (1.53 \times 10)^{-8} m^4$$

$$\sigma = 37701565.6 \text{ Pa} = 37.7 \text{ Mpa}$$

Cálculo del esfuerzo por torsión.

$$\tau = \frac{TB * c}{J} \quad \text{Ecuación 0-6}$$

Dónde:

τ =Esfuerzo cortante máximo.

TB= par torsional.

c= radio del diámetro exterior del eje.

J= momento de polar de inercia.

Donde J se encuentra por fórmula para ejes huecos.

Datos.

$$D=1.5\text{in}.0.0381\text{m}$$

$$d= 1.44\text{in}=0.0366\text{m}$$

$$J = \frac{\pi}{32} * (D^4 - d^4)$$

Dónde:

J= momento de polar de inercia

D= diámetro exterior del eje.

d= diámetro interno del eje.

$$\tau = \frac{15.3 \text{ Nm} * 0.01905 [m]}{(3.07 \times 10)^{-8} m^4}$$

$$\tau = 9525000 \text{ Pa} = 9.5 \text{ Mpa.}$$

Calculo de esfuerzos principales por el Círculo de Mohr.

Datos para realizar el círculo de Mohr:

$$\sigma_x = 37.7 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 9.5 \text{ Mpa.}$$

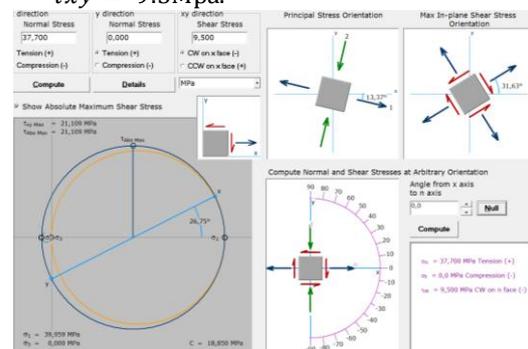


Figura 3.5. Círculo de Mohr (Mdsolid.)
Fuente: Autor.

En base a los resultados realizados se encuentra fácilmente los esfuerzos principales y el esfuerzo cortante máximo. (Mott R. , 2008)

Universidad Técnica del Norte.

$$T_{max} = R = 21.10\text{MPa}$$

$$n = 5.2$$

Se concluye que para el eje de 1.5 pulgadas de diámetro se puede trabajar sin mayor dificultad ya que presenta un factor de seguridad confiable.

Análisis de la estructura.

Para la construcción de la estructura se usó tubo cuadrado AISI 304 de 1.5mm de espesor

La carga total (PT) que soporta la viga A-B queda de la siguiente manera como se muestra en la figura 3.6.

$$PT = 20\text{N} + 342.2\text{N}$$

$$PT = 362.2\text{N}$$

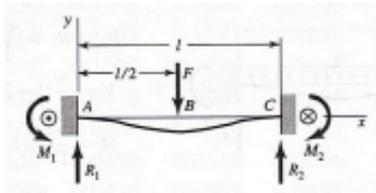


Figura 3.6 Viga A-B (Modelo de apoyos fijos con carga central.)
Fuente: Autor.

A continuación se realiza los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante figura

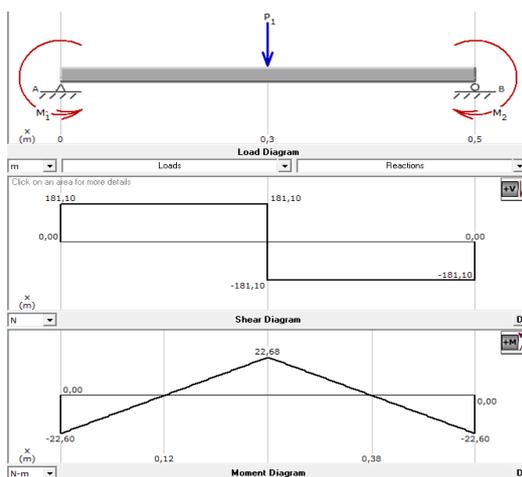


Figura 3.7. Fuerza cortante, momento flector (Mdsolid.)
Fuente: Autor.

Esfuerzos en la viga A-B sometido a flexión.

Esfuerzo normal máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{M * c}{I}$$

Dónde:

σ_{max} =esfuerzo normal máximo.

I= momento de inercia del perfil cuadrado con respecto al eje neutro= 1.21 cm^4

M= momento máximo flector.= 22.6Nm

c= distancia del eje neutro de la viga a la fibra más alejada.= 12.5mm

Entonces.

$$\sigma_{max} = \frac{22.6\text{Nm} * 0.0125\text{m}}{(1.21 * 10^{-8}\text{m}^4)}$$

$$\sigma_{max} = 23.34\text{Mpa}.$$

Esfuerzo cortante máximo por flexión.

$$\tau_{max} = \frac{VQ}{It} \quad \text{Ecuación 0-7}$$

Dónde:

τ_{max} =esfuerzo cortante máximo.

V= Fuerza cortante máxima de la viga A-B= 181.1N

Q= Primer momento de inercia con respecto al eje centroidal del área de la sección transversal de esa parte, está en el lado opuesto del eje donde se calculara el esfuerzo cortante de 621.81mm^3

I= momento de inercia de la sección transversal de la viga = 1.21cm^4 .

t= Espesor del perfil en el lugar donde se va a calcular el esfuerzo cortante= 1.5mm

Esfuerzo de Von Mises (σ').de la viga A-B.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ecuación 3-8}$$

σ' = Esfuerzo combinado de Von Mises.

σ_x =Esfuerzo normal en el eje x.

τ_{xy} = Esfuerzo cortante en el eje xy

Entonces:

$$\sigma_x = \sigma_{max} = 23.34\text{Mpa}$$

$$\tau_{xy} = 0.$$

$$\sigma' = 23.34\text{Mpa}$$

$$n = 9.42$$

Análisis de la estructura mediante solidwork.

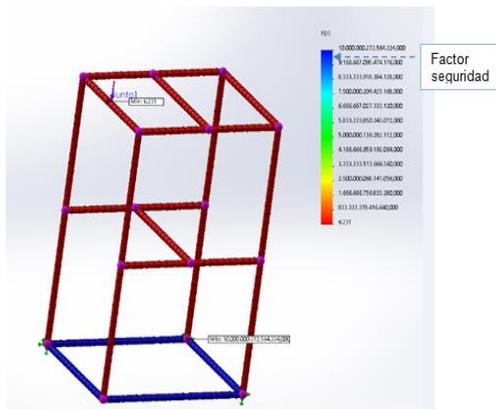


Figura 3.8. (Factor de seguridad)
Fuente. SOLIDWORKS.

Con los datos obtenidos en el análisis de la Viga A-B de la estructura y mediante la simulación realizada en el software se determina que la estructura soporta la carga a la que va hacer sometida, por ser segura y por tener un factor de seguridad confiable, se concluye la aprobación de la construcción estructural de la máquina con un perfil de tubo cuadrado de 25x25x1.5mm

MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA BANDA POLEA.

Modelado matemático que transmite energía desde el sistema .Los dispositivos de acoplamiento del sistema son empleados para lograr la máxima transferencia de energía, el sistema tiene como entrada una señal de torque de 20.6Nm, el cual sirve para el funcionamiento del sistema de transmisión compuesto por banda polea, se obtiene una salida de velocidad angular($\omega=300.8$ rpm) figura 3.10, que permite optimizar el proceso de formado considerando el número de vueltas que necesita retorcer una salchicha.

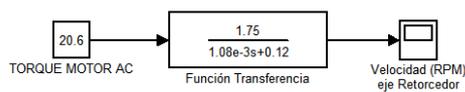


Figura 3.9. Función trasferencia (sistema banda polea).
Fuente. MATLAB

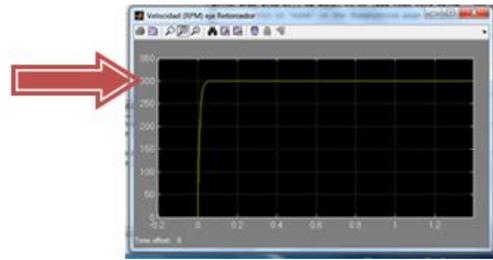


Figura 3.10. Velocidad angular (motor reductor)
Fuente. SIMULIKN (MATLAB)

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE CONTROL Y VISUALIZACION.

Para la selección del tipo de salchicha, el operario debe de colocar el tubo correspondiente al grosor de la salchicha (tamaño) que desean procesar, una vez que está listo, se continua al encendido de la máquina, por lo que contara con un pulsador de encendido general, enseguida la pantalla Logo TD se visualizará y el operario seguirá los pasos para la selección del tipo de salchicha a procesar (tipo1-2-3), después de esto se procede al llenado y formado de cada salchicha en función del **tiempo**, mediante el programa del PLC, figura 4.1 . También El panel de mandos tendrá su propio contador de salchichas y dos indicadores luminosos, una luz del paro de emergencia y una luz de trabajo.

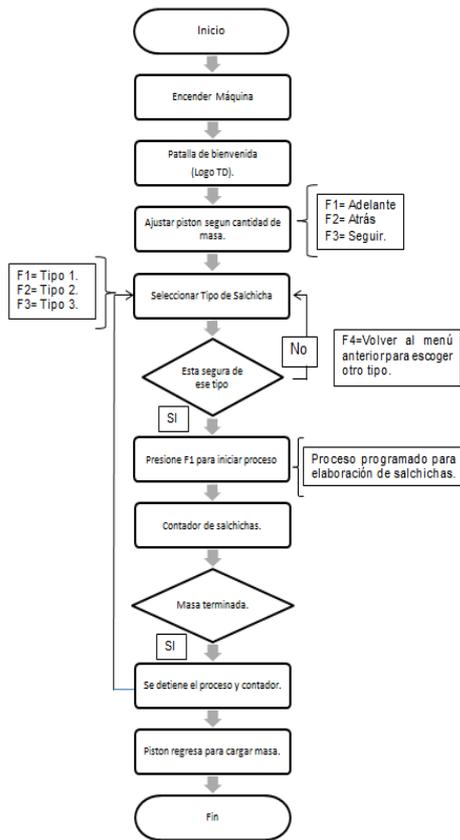


Figura 4.1. Flujograma Esquema de control.
Fuente. Autor

CAPITULO V

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

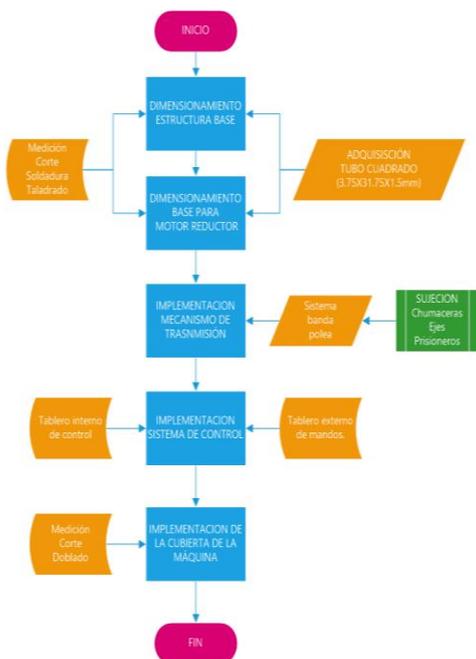


Figura 5.1 Flujograma (Construcción).
Fuente. Autor

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Tabla 5.1. Cuadro de respuesta máquina en vacío.

PRUEBA	OBSERVACIÓN	DETALLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE
1	Conexión eléctrica.	Lectura de alimentación de entrada y salida (220v).	X	
2	Sistema de control eléctrico.	Respuesta de mandos del control del PLC	X	
3	Pantalla de visualización.	Entrada y salida de señal de la pantalla.	X	
4	Indicadores luminosos.	Activación y desactivación de los Leds luminosos cuando la máquina este en desarrollo.	X	
5	Pulsador de paro de emergencia.	Detiene el proceso de formado por algún imprevisto inesperado.	X	
6	Sistema del mecanismo mecánico.	Marcha y paro del moto reductor mediante poleas.	X	
7	Sistema ergonómico de la máquina.	Adecuada forma de trabajo para el operador.	X	
8	Tipos de diámetro para cada salchicha.	Montaje y desmontaje para tipos de calibre.	X	

Fuente: Autor.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Pruebas de funcionamiento para determinar el tiempo y longitud del producto en sus diferentes tipos de calibre.

- A. Tipo 1 - calibre 21mm.
- B. Tipo 2 - calibre 23mm.
- C. Tipo 3 - calibre 28mm.

PROCESO DE PRUEBAS PARA CADA CALIBRE

Mediante el cálculo de la desviación media (DM), utilizando cada una de las longitudes de las 21 pruebas realizadas, donde:

$$DM = \frac{\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}|}{n} \quad \text{Ecuación 0-1}$$

Entonces se obtiene un rango mínimo y máximo de margen de error con respecto a la longitud de cada tipo de salchicha.

$$R = \bar{x} \pm DM \quad \text{Ecuación 0-2}$$

En las siguientes tablas y figuras se demuestra la longitud en función del tiempo para la elaboración en el proceso de cada salchicha.

Tabla 5.2 Datos en el proceso de elaborar una salchicha tipo 1

N salchichas	Longitud cm	Tiempo seg
1	15,2	2,7
2	15,4	5,4
3	15,6	8,1
4	15,8	10,8
5	15,5	13,5
6	15,4	16,2
7	15,5	18,9
8	15,4	21,6
9	15,6	24,3
10	15,7	27
11	15,5	29,7
12	15,9	32,4
13	15,5	35,1
14	15,6	37,8
15	15,8	40,5
16	15,8	43,2
17	15,8	45,9
18	16	48,6
19	15,6	51,3
20	16	54
21	15,6	56,7



Figura 5.3 Pruebas de salchicha tipo 1.
Fuente. Autor.

$$\bar{x} = 15.63cm$$

$$DM = 0.17cm$$

$$R = (15.46 - 15.8) cm$$

En la figura 5.3 se observa la curva característica en procesar el embutido de tipo 1 que entra en el rango de 15,46 cm a 15,8cm de largo.

Tabla 5.3 Datos en el proceso de elaborar una salchicha tipo 2

N salchichas	Longitud cm	Tiempo seg
1	18	3
2	18	6
3	18,3	9
4	18,5	12
5	18,3	15
6	18	18
7	18	21
8	18	24
9	18,2	27
10	17,9	30
11	17,9	33
12	17,9	36
13	17,7	39
14	17,9	42
15	18,4	45
16	18,3	48
17	18,2	51
18	17,6	54
19	17,5	57
20	18	60
21	18	63

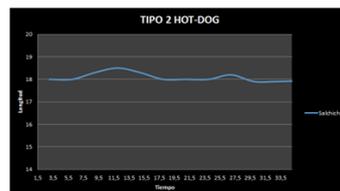


Figura 5.4 Prueba de salchicha tipo 2.
Fuente. Autor

$$\bar{x} = 18.02cm$$

$$DM = 0.19cm$$

$$R = (17.83 - 18.21) cm$$

En la figura 5.4 se observa la curva característica en procesar el embutido de tipo 2 que entra en el rango de 17.83cm a 18.21cm de largo.

Tabla 5.4 Datos en el proceso de elaborar una salchicha tipo 3

N salchichas	Longitud cm	Tiempo seg
1	14,3	2,8
2	14,5	5,6
3	14,6	8,4
4	14,8	11,2
5	14,6	14
6	14,4	16,8
7	14,5	19,6
8	14,4	22,4
9	14,6	25,2
10	14,7	28
11	14,5	30,8
12	14,7	33,6
13	14,5	36,4
14	14,6	39,2
15	14,7	42
16	14,6	44,8
17	14,5	47,6
18	14,4	50,4
19	14,6	53,2
20	14,8	56

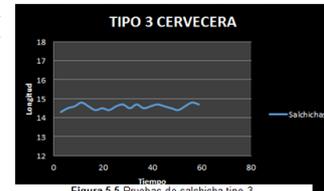


Figura 5.5 Pruebas de salchicha tipo 3.
Fuente. Autor.

$$\bar{x} = 14.57cm$$

$$DM = 0.10cm$$

$$R = (15.46 - 15.8) cm$$

En la figura 5.5 se observa la curva característica en procesar el embutido de tipo 3 que entra en el rango de 15.46cm a 15.8cm de largo.

La figura 5.6 es una muestra de la obtención del producto de cualquier calibre por medio de la máquina retorcedora.



Figura 5.6 Proceso de formado (Máquina retorcedora de salchichas.).
Fuente. Autor

La tabla 5.5 se muestran datos de como realizaban el proceso de formado de salchicha manual y con la implementación de la máquina retorcedora.

Tabla 5.5 Resultado en función del tiempo total para elaborar cada salchicha.

PARAMETROS				TIEMPO		
Tipo	Calibre (ϕ =mm)	Longitud (cm)	Cantidad de masa(Kg)	Antes (seg)	Después (seg)	Optimización (seg)
1	21	16	9	2.7	1.8	0.9
2	23	18	9	3	2	1
3	28	14	9	2.8	1.6	1.2

Fuente. Autor.

Como se puede observar en las Tablas 5.5 descritas anteriormente, se concluye que con la implementación de la máquina retorcedor, resulta favorable la elaboración de salchichas optimizando el tiempo en un 36.5% en el proceso de producción.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.

- ✓ Los parámetros principales de construcción mínimos, son la velocidad de avance de 3 vueltas, considerando la distancia de 15 cm para una salchicha estándar y con un tiempo promedio de 1 segundo los cuales ayudan en el diseño de la máquina para el funcionamiento del mecanismo de transmisión.
- ✓ Los elementos conformados por la máquina retorcedora fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades de trabajo, como la selección de material AISI 304 al tener excelentes propiedades corrosivas, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes, considerando que la masa de carne trabaja a temperaturas entre $8^{\circ}C - 10^{\circ}C$. La estructura está diseñada para soportar un esfuerzo máximo de acuerdo al criterio de Von Mises de $23.34Mpa$ y se obtiene un factor de seguridad mínimo de 9.42, Otro elemento que soporta carga es el eje rotativo, que soporta un esfuerzo flexionante de $454.16N$, que se ha diseñado con un factor de seguridad de 8.3, el cual se acopla a un sistema de transmisión por poleas en una relación 4:7 con banda tipo A en V.
- ✓ La implementación de una pantalla (HMI), permite una interfaz directa con el operador adecuado para el control

de la máquina retorcedora. Dicha pantalla se conecta con un PLC – logo 230 RC mediante comunicación serial (RS-485), para la ejecución del sistema mediante una programación por bloques(FUK), siendo este un lenguaje lógico que facilita y desarrolla operaciones de control mediante “Timmer”.

- ✓ El desarrollo del modelado matemático del mecanismo de la máquina retorcedora de salchichas se basa en la función transferencia para sistemas giratorios $T(s) = (Js + B)w(s)$, donde intervienen la velocidad angular ($w(s)$), la inercia (J), la viscosidad (B) y el par torsional ($T(s)$), La estructura de la máquina está focalizada bajo el criterio de Von Mises y el diseño del eje por medio del método de Goodman.
- ✓ En las pruebas de funcionamiento se analiza tres tipos de salchichas, como son vienesa, hot-dog y cervecera. En la primera se realiza 21 ensayos, obteniendo un rango entre 15,46 cm a 15,8 cm de longitud y un tiempo de salida de 1.8 segundos, con una optimización de 33%. En la segunda con un total de 21 ensayos, se obtiene un rango entre 17,83 cm a 18,21 cm de longitud y un tiempo de salida de 2 segundos, con una optimización de 33%. Y por último el tercer tipo con el mismo número de ensayos, se obtuvo un rango entre 14.47 cm a 14.67 cm de longitud y un tiempo de 1.6 segundos, con una optimización de 42%. Entonces el porcentaje de optimización de tiempo de producción es 36.5%.
- ✓ El manual de usuario permite entender de mejor manera el uso o funcionamiento apropiado de la máquina, explicando paso a paso el mantenimiento preventivo con una revisión mensual, la cual consta de lubricación de chumaceras, tensión de la banda y la correcta limpieza externa e interna de la máquina.

Universidad Técnica del Norte.

REFERENCIAS

- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica De shigley*.
- Mott, R. (2008). *Diseño de elementos de máquinas*. Mexico: Pearson educación.
- Kuo., B. C. (1996). *Sistemas de Control Automáticos*. Pretince - Hall.
- Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: EDICIONES UPC.
- CITALSA. (2014).). *INDUSTRIA CASTELLVAL*. Obtenido de| Sitio web: <http://www.citalsa.com/ciproducts/1/443#firstproduct>
- HANDTMAN, A. (2014). *Albert Handtmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG*. Sitio web: <http://www.handtmann.de/sistemas-de-embuticion-y-porcionado/productos/centro-de-maquinas-usadas-de-zittau/productos.html?L=3>

Autor.

FELIPE NICOLAS CORDOVA REINA

Nació en la ciudad de Ibarra-Imbabura-Ecuador, el 23 de Octubre de 1989.

Estudios Universitarios realizados en la Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Mecatrónica.