

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE LINEAL, TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS CON UNA INTERFACE DE MONITOREO HMI EN LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.

Diego Bustillos Moreno, Edgar Ortiz Bautista

*Departamento de Energía y Mecánica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión  
Latacunga*

dibuster.alejomore@gmail.com  
edgar.alejandro\_ortiz@hotmail.com

**Abstract**— This project aims at the design and implementation of a system of linear cutting, transport and packaging of plastic containers, which will obtain a serial blow extrusion line production at NS INDUSTRIAS in Latacunga city.

The project is composed by cutting, transport and packaging steps. The first stage consists of an adjustable linear cutting system for containers of different size, the same which will increase the number of elements to be cut. The second stage consists of a conveyor belt that joins the cutting and packaging stages, this conveyor will possess mechanical adjustable design to different sizes of containers, and a set of sensors capable of controlling the transport of the product. The packaging step comprises a pneumatic system that operates according to the number of containers arriving at the end of the conveyor; previously established in the control algorithm.

Stages are integrated by controlling developed by an INTELLIGENT RELAY, the same as according to its control algorithm determines times and actions to be performed as required by the process, also an interface HMI monitoring is implemented to obtain data from each of stages. Thus a process is obtained in modern self series.

**Resumen**— El presente proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos, lo que permitirá obtener una producción en serie, de la línea de extrusión y soplado en la empresa NS INDUSTRIAS de la ciudad de Latacunga.

El proyecto se encuentra integrado por las etapas de corte, transporte y empaquetado. La primera etapa consta de un sistema de corte lineal regulable para envases de diferente tamaño, el mismo que permitirá incrementar el número de elementos a ser cortados. La segunda etapa está conformada por una banda transportadora que une las etapas de corte y empaquetado, esta banda poseerá un diseño mecánico ajustable a los diferentes tamaños de

envases, además de un conjunto de sensores que permitan el control del transporte del producto. La etapa de empaquetado consta de un sistema neumático que actúa de acuerdo al número de envases que llegan al final de la banda; previamente establecido en el algoritmo de control.

Las etapas están integradas mediante el control desarrollado en un RELÉ INTELIGENTE, el mismo que de acuerdo con su algoritmo de control determina tiempos y acciones a ser realizadas según lo requiera el proceso, además se implementará una Interface de monitoreo HMI para conocer datos de cada una de las etapas. De esta manera se obtendrá un proceso en serie autónomo y moderno.

**Palabras Claves**— Interface Hombre Máquina (HMI)/ Corte Lineal-Envases Plásticos/ Transporte-Envases Plásticos/ Empaquetado Envases Plásticos.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la continua evolución y en busca de mejores alternativas para satisfacer una necesidad, el hombre ha ido desarrollando diversas aplicaciones que desde tiempos remotos se las consideraba inimaginables, éste es el caso de NS Industrias, empresa dedicada al proceso de inyección y extrusión de plástico, la misma que ha ido incorporando talento humano e implementando maquinaria con la finalidad de incrementar su productividad garantizando su calidad.

Debido a que todos los procesos que conforman la producción de envases plásticos son en serie, esta empresa requiere que su línea de producción sea automatizada con el fin de disminuir tiempos de producción y garantizar la eficiencia de sus procesos, es así que el presente proyecto integrará el proceso de extrusión, corte y empaquetado mediante el transporte del producto.

## II. OBJETIVOS

### A. *Objetivo General*

- Diseñar e Implementar un sistema automático de corte lineal, transporte y empaquetado de envases plásticos con una interface de monitoreo HMI en la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga.

### B. *Objetivos Específicos*

- Diseñar un sistema automático de corte lineal para envases plásticos.
- Implementar una banda transportadora como enlace entre las etapas de corte y empaquetado.
- Implementar el sistema mecánico y neumático de la etapa de empaquetado.
- Desarrollar el algoritmo de control que integra las etapas de corte, transporte y empaquetado.
- Integrar una interface gráfica HMI para el monitoreo del proceso de producción de envases plásticos.

## III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. *Sistema de corte de envases plásticos*

El sistema de corte de envases plásticos es de especial utilidad para líneas de fabricación de lácteos y sus derivados en botellas de polietileno (PE, HDPE), si bien es cierto, también puede ser integrada en líneas de soplado de todo tipo de envases (bebidas, salsas, mayonesas, detergentes, cosméticos, químico, etc.), es así que, la adaptación de la etapa de corte satisface a las necesidades para una línea de alta producción.

Una cortadora de envases plásticos está conformada por un sistema de sujeción del envase, así como una cuchilla para el corte de la cúpula sobrante, algunos diseños ofrecen la posibilidad de un mecanismo que permite retirar el envase en caso de agarrotamiento y un resistencia térmica que garantice la eficiencia del corte. La figura 1. Muestra una cortadora lineal de envases plásticos.



**Figura 1.** Cortadora de cúpula sobrante de envases plásticos.  
**Fuente:** <http://www.maer.es/en/cortadoras-de-botellas-sb330/>

### B. *Sistema de transporte de envases plásticos.*

En la actualidad, el procesamiento de un producto industrial, está sujeto a diferentes movimientos, ya sean en sentido vertical, horizontal e inclinado. Un transportador de productos viene desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esto se debe a varias razones entre las que destacamos; las grandes distancias en las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de transporte entre otras. Las aplicaciones más frecuentes de un sistema de transporte para envases plásticos son: transporte de envases entre extrusores y silos de almacenaje o transporte de rebabas y cúpulas sobrantes hasta el granulador de recobro de producto, de esta manera se evita el contacto directo entre el operador y el producto y se permite la automatización de los procesos, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Banda transportadora para envases plásticos.  
**Fuente:** <http://www.emplayadoras.com/03.htm>

### C. *Sistema de empaquetado de envases plásticos.*

Un sistema de empaquetado es aquel que produce el envoltorio o empaquetado de diversos productos. El material de empaque puede ser un polímero, cartón, papel, etc. Para realizar el empaque de envases existen diferentes tipos de máquinas, diseñadas en distintas configuraciones de tal forma que los envases de tal manera que los envases sean alimentados hacia un dispositivo envoltorio y sellado, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Empacadora de envases plásticos.  
**Fuente:** <http://www.astimec.net/empacadora-termoencogible.html>

#### IV. DISEÑO Y SELECCION DE ELEMENTOS

##### A. Diseño mecánico sistema de corte

El diseño del sistema de corte se lo realizo de acuerdo a los datos de los envases que la empresa produce ya que las campanas de estos son estandarizadas, para de esta manera facilitar el proceso ya que actualmente se usan operarios que lo hacen, lo cual no es beneficioso puesto que no cumplen con normas de calidad, de esta manera se mejora la producción y ayuda a disminuir los tiempos en los cuales se producen las botellas plásticas.

En la Figura 4 se muestra el diseño del cortador lineal el cual tiene regulaciones y fue diseñado de acuerdo a ciertos parámetros propios de los envases producidos.

En el cortador lineal se utilizó una niquelina de 15.6Ω, la cual sirve para calentar la cuchilla que corta las rebabas de las botellas plásticas.

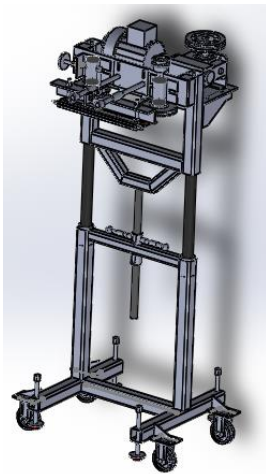


Figura 4. Diseño de cortador.

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

##### Tornillo de potencia

Un elemento importante de análisis es el tornillo el cual va a soportar la carga que está sobre él, de esta manera se puede asegurar la regulación sin tener problemas de fallas al momento de su utilización.

Para el cálculo de la fuerza requerida por el mismo se emplea la Ecuación 1.

$$P = \frac{F(\sin \lambda + f \cos \lambda)}{\cos \lambda - f \sin \lambda} \quad (1)$$

Dónde:

$P$  = fuerza de levantamiento [N]

$F$  = fuerza aplicada [N]

$f$  = fricción

$\lambda$  = ángulo de rosca

Los datos de la rosca son los siguientes:

$m = 12Kg$

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ F &= 12Kg \times (9.81 m/s^2) \\ F &= 117.72 N \end{aligned}$$

$$f = 0.08$$

$$\lambda = 14^\circ$$

$$P = \frac{117.72N(\sin 14^\circ + (0.08) \cos 14^\circ)}{\cos 14^\circ - (0.08) \sin 14^\circ}$$

$$P = 48 N$$

La fuerza requerida del tornillo de potencia para levantar el peso que tiene sobre él es de 48 N lo que satisface el diseño.

##### Selección de banda

Para seleccionar la banda a ser utilizada en la cortadora se toma en cuenta varios datos como se muestran a continuación:

- Potencia del motor  $P = 0.55KW$
- Velocidad angular del reductor  $n = 77 rpm$

Una vez conocidos los datos se procede a calcular el torque producido por el motor a las poleas utilizando la Ecuación 2.

$$P = \frac{T(n)}{9550} \quad (2)$$

$$T = \frac{P(9550)}{n}$$

$$T = \frac{(0.55KW)(9550)}{77rpm}$$

$$T = 68 Nm$$

De acuerdo al diseño y requerimiento de los envases y diseño de la cortadora con unas poleas de 12 cm de diámetro se selecciona una banda en V tipo B, lo cual se toma de tablas referenciadas como se muestra en la Figura 5.

Belt Section	Width a, in	Thickness b, in	Minimum Sheave Diameter, in	hp Range, One or More Belts
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ -10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 and up

Figura 5. Secciones de bandas en V estándar

Fuente: Shigley's Mechanical Engineering Design

La longitud de la banda seleccionada se la realiza empelando la Ecuación 3.

$$L = 2C + 1.57(D + d) \quad (3)$$

Dónde:

$L$  = longitud de la banda [m]

$C$  = distancia entre centros [m]

$D$  = diametro mayor de la polea [m]

$d$  = diametro menor de la polea [m]

Como datos se tiene:

$$C = 0.296 m$$

$$D = d$$

$$D = 0.0115 m$$

$$L = 2(0.296m) + 1.57(0.0115m + 0.0115m)$$

$$L = 0.59 m$$

La longitud de la banda calculada es de 0.59 m, lo que satisface el diseño de la cortadora de rebabas de botellas plásticas.

### B. Diseño mecánico sistema de empaquetado

Para el diseño del sistema de empaquetado es necesario tomar varios aspectos para evitar fallas al momento de su funcionamiento, es decir analizar correctamente las dimensiones, cargas, torques y demás parámetros que van a ser parte de toda la estructura para asegurar el trabajo que debe cumplir en los tiempos correctos.

#### Acoplamiento de embrague

Los datos que se tiene del acoplamiento de embrague son los siguientes:

- Potencia del motor  $P = 0.25 \text{ KW}$
- Velocidad angular de la rueda motriz  $n = 16 \text{ rpm}$

Para el cálculo del torque proporcionado por el motor se lo realiza con la Ecuación 4.

$$T = \frac{P \times 9550}{n} \quad (4)$$

Dónde:

$T = \text{torque [Nm]}$   
 $P = \text{potencia [KW]}$   
 $n = \text{velocidad angular [rpm]}$

$$T = \frac{(0.25 \text{ KW}) \times 9550}{16}$$

$$T = 149.2 \text{ Nm}$$

El torque al que está sometido el acople de embrague es de 149.2 Nm.

#### Sistema de empuje

Para el análisis del sistema de empuje se tienen los siguientes datos:

- Potencia del motor  $P = 0.25 \text{ KW}$
- Velocidad angular  $n = 16 \text{ rpm}$

A partir de los datos obtenidos se procede a calcular el torque producido por el motor para el empuje de las botellas, con el uso de la Ecuación. 4

$$T = \frac{P \times 9550}{n}$$

$$T = \frac{(0.25 \text{ KW}) \times 9550}{16}$$

$$T = 149.2 \text{ Nm}$$

Con los datos obtenidos de los cálculos se procede a calcular la fuerza de empuje que va requerir el eje del sistema, para lo

que se realiza el diagrama de cuerpo libre del mismo, como se muestra en la Figura 6.

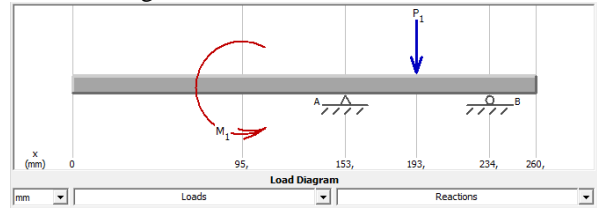


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre

Elaborado por: Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Para determinar la fuerza aplicada en el punto A se aplica la Ecuación 5

$$T = F \times d \quad (5)$$

Dónde:

$T = \text{torque [Nm]}$   
 $F = \text{fuerza disco [N]}$   
 $d = \text{distancia [m]}$

$$F_A = \frac{T}{r}$$

$$F_A = \frac{149.2 \text{ Nm}}{0.050m}$$

$$F_A = 2984 \text{ N}$$

La fuerza aplicada en el punto B es la requerida para el empuje de las botellas y el carro, lo cual se determina a continuación con la Ecuación 6.

$$F_B = F_e + F_c \quad (6)$$

Dónde:

$F_B = \text{fuerza en el punto B [N]}$   
 $F_e = \text{fuerza de empuje de botellas [N]}$   
 $F_c = \text{fuerza del carro [N]}$

El sistema de empaquetado sirve para diversos tipos de botellas, por lo cual el peso total de las mismas se estimará un valor máximo de 5Kg de acuerdo al envase más grande que se produce en la empresa.

$$F_e = m_T \times g \quad (7)$$

$$F_e = 5 \text{ Kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_e = 49.05 \text{ N}$$

Para calcular la masa del carro de empuje de las botellas se toma del diseño realizado en Solid Works la cual es de 22Kg.

$$F_c = m \times g \quad (8)$$

$$F_c = 22 \text{ Kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_c = 215.82 \text{ N}$$

Se reemplaza en la ecuación principal para encontrar el valor de la fuerza en el punto B.

$$F_B = 49.05 \text{ N} + 215.82 \text{ N}$$

$$F_B = 264.87 \text{ N}$$

Una vez calculadas las fuerzas aplicadas en los puntos A y B se procede a calcular las reacciones en los puntos de sujeción.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B - R_A - R_B = 0$$

$$R_A = F_B - R_B$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-149.2Nm + 0.04m F_B - 0.081m R_B = 0$$

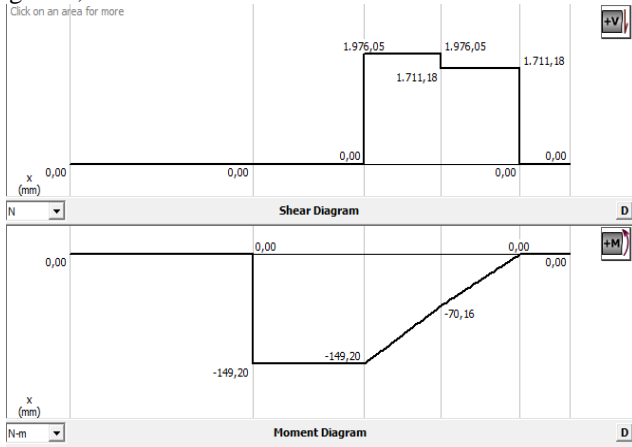
$$0.081m R_B = -149.2Nm + 0.04m(264.87 N)$$

$$R_D = -1.71KN$$

$$R_A = 264.87N - (-1710N)$$

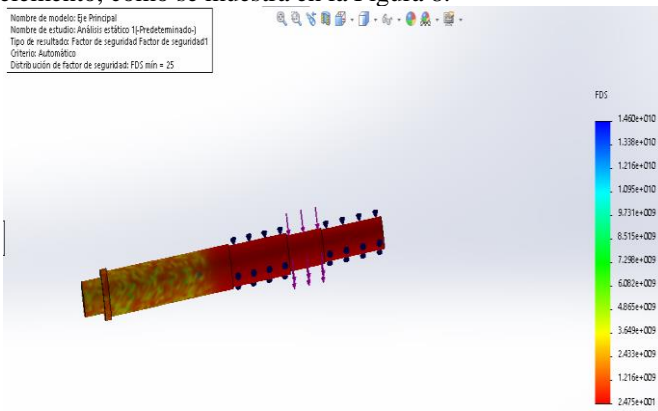
$$R_A = 1.97 KN$$

El análisis respectivo del momento flector se muestra en la Figura 7, lo cual fue realizado en el simulador MDSolid.



**Figura 7.** Diagrama de momentos  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

A continuación se procede a realizar el análisis estático del eje con el uso del software SolidWorks, en el cual se puede visualizar el factor máximo al cual está diseñado dicho elemento, como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Análisis en el eje  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Como se puede observar el eje tiene un factor de seguridad alto lo que asegura el trabajo que va a realizar y la carga que va a soportar durante su funcionamiento.

## Análisis estructural

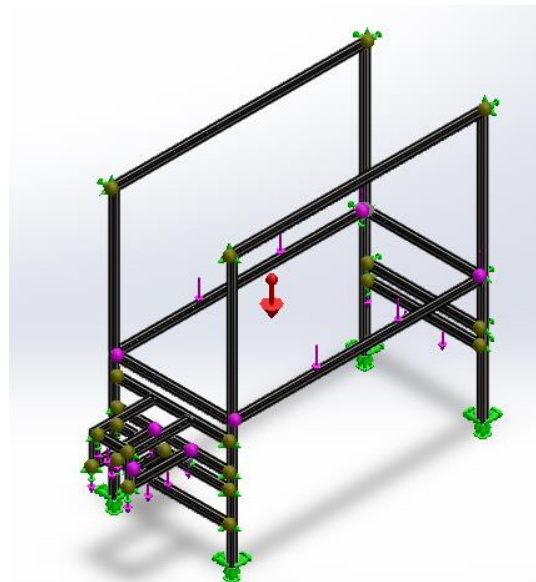
Para el diseño estructural de la máquina se utilizó el software SolidWorks en el que se detallaron características propias de los componentes que forman parte de la etapa de empaquetado y corte, como se muestra en la Figura 9.



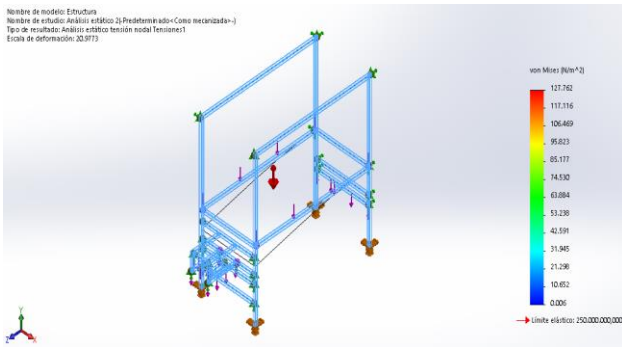
**Figura 9.** Empacadora  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Para el análisis de la estructura de la máquina empaquetadora es necesario conocer cada una de las fuerzas presentes en la misma, para de esta manera obtener un resultado correcto de los esfuerzos presentes a más del factor de seguridad que es de suma importancia para el diseño.

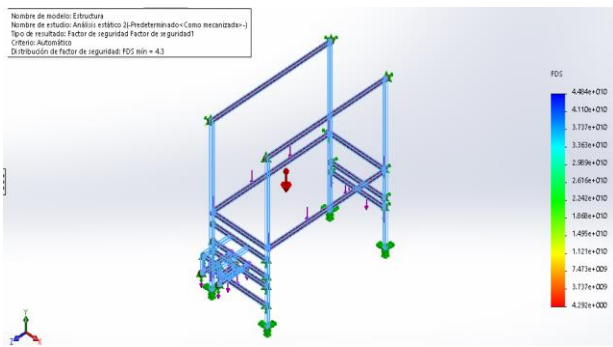
A continuación se muestra en: Figura 10. fuerzas aplicadas en la estructura, Figura 11. Tensión de Von Mises y Figura 12. Factor de seguridad respectivamente comprobando de esta manera que la estructura soporta la carga que actúa directamente en la misma.



**Figura 10.** Fuerzas aplicadas en la estructura  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.



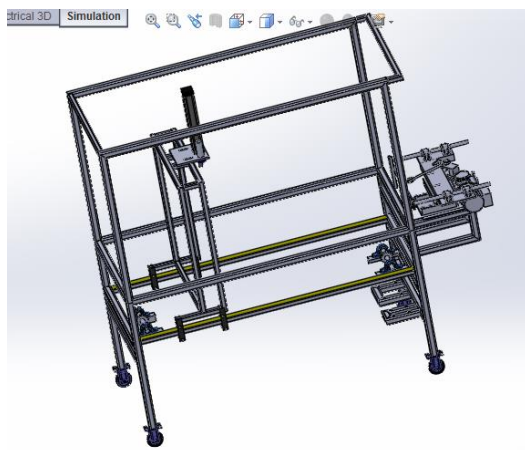
**Figura 11.** Tensión de Von Mises  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.



**Figura 12.** Factor de seguridad y Análisis estático de la estructura.  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Como se puede observar el factor de seguridad mínimo de la estructura es de 4.3, por lo que satisface el diseño de la misma, de esta manera se asegura el soporte y correcto funcionamiento.

Después de haber realizado un análisis estático y mecánico de cada uno de los componentes de la máquina empacadora se llega a la conclusión que satisface las necesidades de la empresa, el diseño final de la máquina se muestra en la Figura 13.



**Figura 13.** Ensamblaje total  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

### C. Diseño eléctrico

#### Sistema de control

El sistema de control cuenta con diversos aspectos que deben tomarse en cuenta de acuerdo a lo que se desee monitorear, en este caso se analiza y selecciona los elementos a ser tomados en cuenta para un correcto sistema de control.

#### Selección del RELÉ INTELIGENTE

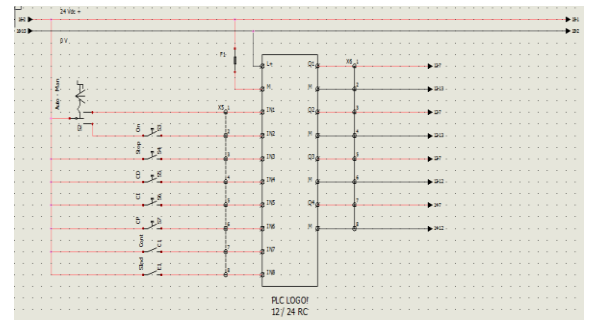
Las entradas y salidas que se necesitan controlar con las que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** I/O requeridas

Entradas	Salidas
12	7

**Elaborado por:** Diego Bustillos y Edgar Ortiz.

Debido a los requerimientos de entradas y salidas se escoge el RELÉ INTELIGENTE LOGO Siemens el cual posee 8 entradas y 4 salidas, a más de esto se usa un módulo de expansión de 4 entradas y 4 salidas, con lo cual es suficiente para el trabajo que va a realizar, su diagrama se muestra en la Figura 14 y 15 respectivamente.

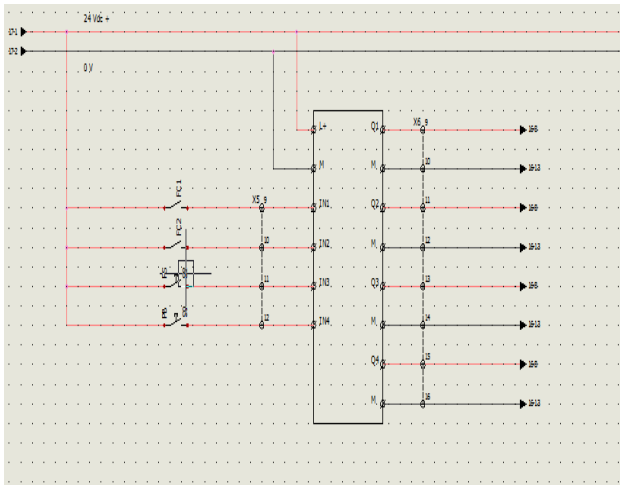


**Figura 14.** Diagrama RELÉ INTELIGENTE LOGO  
**Elaborado por:** Diego Bustillos y Edgar Ortiz.

**Tabla 2.** Entradas y Salidas Digitales del Relé inteligente LOGO!

ENTRADAS	
I1	Selector modo manual
I2	Selector automático más pulsador ON.
I3	Stop
I4	Sensor inductivo (entrada de conteo rápido)
I5	Sensor reflectivo (entrada de conteo rápido)
I6	Pulsador carro posicionador
SALIDAS	
Q1	Motor carro principal derecha
Q2	Motor carro principal izquierda
Q3	Motor carro posicionador
Q4	Motor bandas

**Elaborado por:** Diego Bustillos y Edgar Ortiz.



**Figura 15.** Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

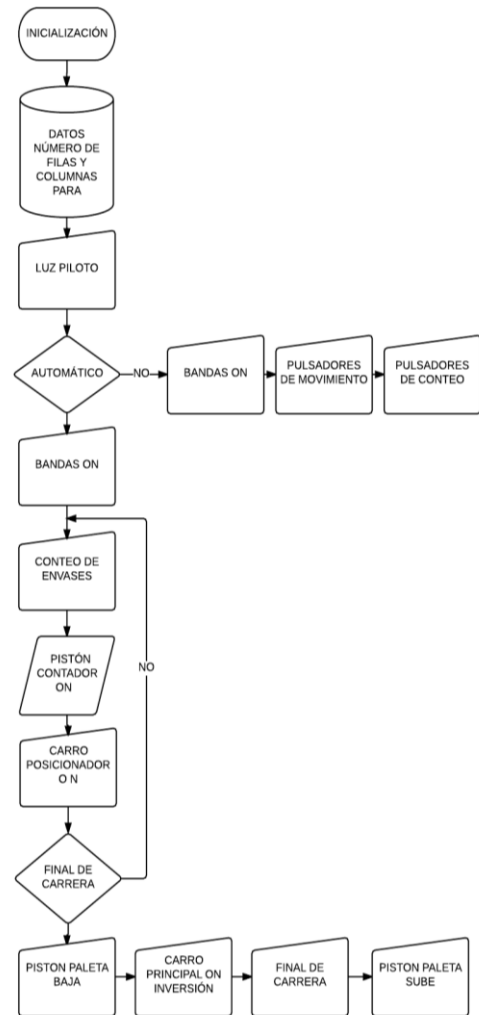
**Tabla 1.** Entradas y Salidas Digitales Módulo de expansión I/O digitales LOGO! DM812/24R

ENTRADAS	
I1	Final de carrera 1
I2	Final de carrera 2
I3	Pistón paleta sube
I4	Pistón paleta baja
SALIDAS	
Q1	Pistón conteo
Q2:	Relé ON/OFF
Q3	Pistón paleta

**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

## V. ALGORITMO DE CONTROL DEL SISTEMA AUTOMÁTICO

Para explicar de mejor manera el sistema automático de empaquetado se realiza un flujo grama que expresa de mejor manera el proceso, el cual se puede observar en la Figura 16.



**Figura 16.** Flujo grama del proceso completo  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

## VI. CONTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN

De acuerdo al análisis realizado y con los resultados obtenidos se procede a realizar la construcción de la empacadora y el cortador lineal basándose en el diseño antes realizado con la ayuda del software SolidWorks, tomando en cuenta que cada una de las medidas sean correctas para encajar correctamente los elementos que van a formar parte de las mismas.

### A. Construcción de la máquina empacadora

#### Estructura

Con el uso de tubos estructurales de forma cuadra 4x4x2 de un material ASTM A36 se comienza a construir la base de la estructura de la máquina empacadora, como se muestra en la Figura 17.



**Figura 17.** Base de estructura  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

De acuerdo al diseño previo realizado se continúa con la construcción de la empacadora y soldar los perfiles para dar la forma requerida, Figura 18.



**Figura 18.** Estructura  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Para finalizar se sueldan los soportes de la máquina faltantes para el empacado sobre la estructura base, como se puede observar en la Figura 19.



**Figura 19.** Soldar bases faltantes  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

La estructura final se muestra en la Figura 20.



**Figura 20.** Estructura final  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

### B. Construcción del cortador lineal

#### Base elevador

Se utiliza en acero ASTM A36 para la construcción de la base del elevador y se cortan en partes para el soporte, como se muestra en la Figura 21.



**Figura 21.** Soporte  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Se sueldan los ejes que van sobre la placa del cortador de la cuchilla, Figura 22.



**Figura 22.** Ejes cortador.  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.



Se implementa el motor del cortador en la estructura como se muestra en la figura 23.



**Figura 23.** Montaje de motor  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

La estructura del cortador final se muestra en la Figura 24.



**Figura 24.** Cortador final  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

### *C. Implementación de las bandas*

#### **Base**

Se coloca la banda y su soporte en la máquina de producción de envases plásticos como se muestra en la Figura 25.



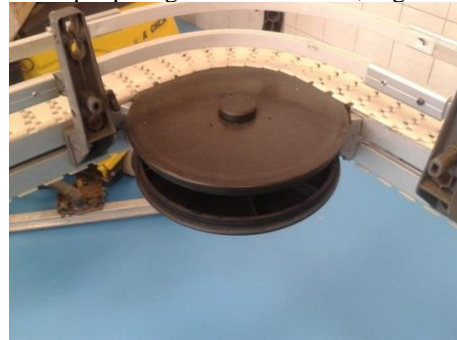
**Figura 25.** Banda en máquina sopladora.  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Se arma la base de toda la banda como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26.** Base bandas  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Se coloca el acople para giro en las bandas, Figura 27.



**Figura 27.** Acople para giro  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

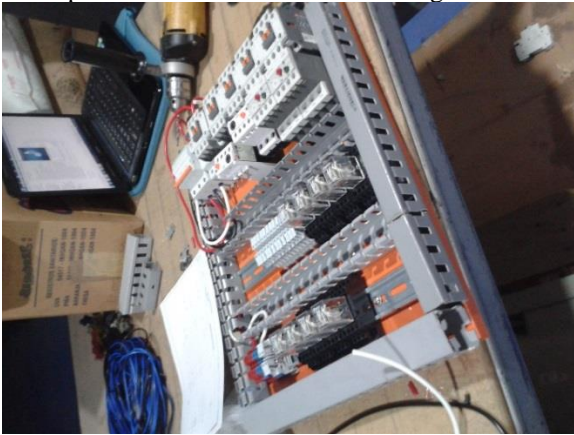
Se coloca todos los componentes de la estructura y tenemos la banda transportadora como se muestra en la Figura 28.



**Figura 28.** Regleta principal  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

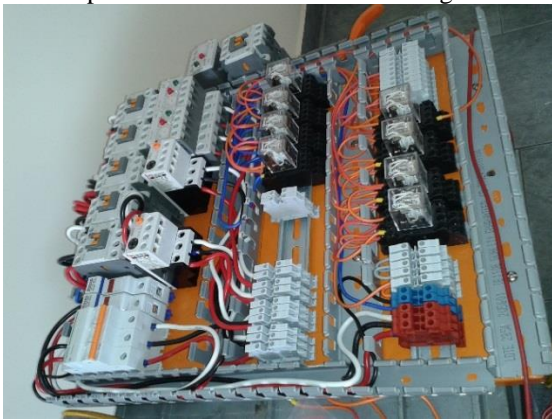
#### D. Construcción y montaje del tablero de potencia

Una vez adquirido el gabinete se procede a construir el tablero de potencia como se muestra en la Figura 29.



**Figura 29.** Circuito potencia  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

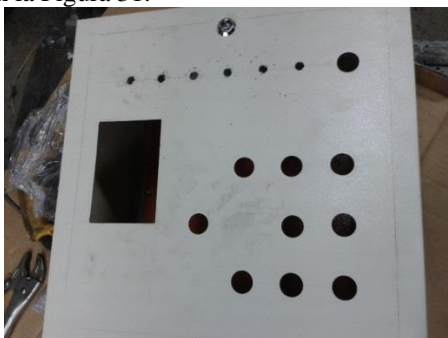
El tablero de potencia final se muestra en la Figura 30



**Figura 30.** Tablero de potencia final  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

#### E. Construcción y montaje del tablero de control

Con la adquisición del gabinete se empieza a perforar para la pantalla y cada uno de los elementos eléctricos, como se muestra en la Figura 31.



**Figura 31.** Perforación de gabinete del tablero  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Se colocan los elementos electrónicos en la parte delantera del gabinete del tablero de control como muestra la Figura 32.



**Figura 32.** Elementos colocados  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

Como punto final se procede a montarlo en la máquina empacadora como se muestra en la Figura 33.



**Figura 33.** Montaje tablero  
**Elaborado por:** Bustillos, Diego y Ortiz, Edgar.

## VII. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema automático de corte lineal para envases plásticos.
- Se implementó una banda transportadora como enlace entre las etapas de corte y empaquetado.
- Se implementó el sistema mecánico y neumático de la etapa de empaquetado.
- Se desarrolló el algoritmo de control que integra las etapas de corte, transporte y empaquetado.
- Se logró integrar una interface gráfica HMI para el monitoreo del proceso de producción de envases plásticos.
- Los cálculos realizados fueron semejantes a las simulaciones realizadas con la ayuda de diferentes softwares.
- Es importante diseñar correctamente los elementos mecánicos que van a ser parte del proceso puesto que de estos dependen el correcto funcionamiento de la máquina.
- El uso de un relé inteligente de tecnología actual en el control eléctrico de la máquina ha producido gran satisfacción ya que su manejo y programación resulta sencilla, además permitió incrementar más funciones en la máquina.
- Es de suma importancia calibrar los sensores a usar para evitar colusiones de las botellas o fallos inesperados en la empacadora.
- Las pruebas de funcionamiento fueron determinantes para analizar el tiempo de empaquetado correcto con respecto al tiempo que se lo realizaba a mano, reduciendo considerablemente el tiempo empleado antes de implementar la máquina empacadora de botellas.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Aguirre, J. (2008). Actuadores eléctricos y mecánicos. Actuadores eléctricos y mecánicos. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Jalisco, Puerto Vallarta, Venezuela.
- [2] Askeland, D. R. (s.f.). Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Thomson.
- [3] Flores, H. &. (2011). Tecnología de los materiales en la construcción. El Acero. Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo", Chiclayo.
- [4] Freescale Semiconductor. (4 de abril de 2008). sparkfun. Recuperado el 11 de noviembre de 2013, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/MMA7361L.pdf>

- [5] Gerling. (1996). Alrededor de las Máquinas - Herramientas. Mexico D. F.: Reverté Ediciones.
- [6] Gil, H. (2002). Sistemas de inyección diesel. barcelona: Ediciones CEAC.
- [7] Gilardi, J. (1978). sistema de enfiamiento. En J. Gilardi, Motores de combustión interna (pág. 7). san jose costa rica: IICA.
- [8] Gordón, N. (2013). Diseño e implementación de torno fresador de control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga. Escuela politécnica del Ejercito, Latacunga.
- [9] KRAR. (2008). Tegnologia de las Máquinas Herramienta. Alfaomega.
- [10] Mena, A. (2013). Ingeniería Mecatrónica. CONVERSIÓN DE UN TORNO
- [11] Santander, J. r. (2005). sistemas de inyeccion. guayaquil: colombia.
- [12] Shigley. (s.f.). DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA. Mc Graw Hill.
- [13] Sierra, J. G. (1998 ). circuitos hidraulicos (direccion hidraulica). En J. G. Sierra, Elementos hidráulicos en los tractores y máquinas agrícolas (págs. 139-152). barcelona: Mundi-Prensa Libros s. a.
- [14] unitronics. (13 de noviembre de 2006). unitronics. Recuperado el 10 de diciembre de 2013, de [www.unitronics.com](http://www.unitronics.com)



**Diego Alejandro Bustillos Moreno.** Es graduado de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el año 2014. Áreas de Interés: Generación y Petróleo, Robótica, Domótica, Automatización de procesos, Software CAD/CAM.



**Edgar Alejandro Ortiz Bautista.** Es graduado de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el año 2014. Áreas de Interés: Robótica, Instrumentación, Automatización de procesos, Software CAD/CAM.