



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL  
ENFUNDADO DE YOGURT EN LA INDUSTRIA LÁCTEA YAZUNI**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**JORGE VINICIO JACOME VALVERDE**

**DIRECTOR: ALEX Y VINUEZA**

**Quito, mayo, 2015**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo **JORGE VINICIO JACOME VALVERDE**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**JORGE VINICIO JACOME VALVERDE**

C.I. 1717520611

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Diseño y construcción de una máquina para el enfundado de yogurt en la Industria Láctea Yazuni”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Mecatrónico** fue desarrollado por **Jorge Vinicio Jácome Valverde**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

ING. ALEXY VINUEZA LOZADA MSC.

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1714711056

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, brindarme la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar mi carrera, permitiéndome tener la satisfacción de haber cumplido una de mis metas más anheladas.

A mis padres, hermanas y a Estefanía por estar conmigo en todo momento, porque con su amor, paciencia, apoyo y comprensión supieron dirigirme por el camino correcto, haciéndome una persona de bien.

Jorge Jácome V

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica Equinoccial en cuyas aulas sentí la firmeza profesional que hoy ostento, a mis profesores que con constancia, lucha y confianza lograron llegar pacientemente con sus consejos para mi instrucción.

A mis padres por encaminar mi bienestar y haber formado en mí un buen ser humano. A mis hermanas y demás familiares por transmitirme ánimo, alegría y buenos deseos por verme triunfar.

Al Ingeniero Alexy Vinueza, Director de Tesis quien me ha brindado su ayuda incondicional, tiempo, paciencia, experiencia y recomendaciones acertadas, que han hecho posible culminar el presente trabajo.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 EL YOGUR .....	3
2.1.1 La historia del yogur .....	3
2.1.2 Composición del yogur .....	4
2.2 MÁQUINAS AUTOMÁTICAS.....	6
2.2.1 Máquina enfundadora .....	6
2.3 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN.....	6
2.3.1 Dosificador a pistón.....	7
2.3.2 Dosificador por gravedad .....	8
2.4 SELLADO .....	10
2.4.1 Técnicas de sellado plástico .....	10
2.5 MOTORES ELÉCTRICOS.....	12
2.5.1 Campos de aplicación de los motores eléctricos .....	14
2.5.2 Clasificación De Los Motores Eléctricos. ....	14
2.5.3 Motores monofásicos. ....	15
2.6 REDUCTORES DE VELOCIDAD.....	15
2.6.1 Factor de servicio .....	16
2.6.2 Selección de un reductor de velocidad.....	17
2.6.3 Clasificación de los reductores de velocidad.....	18
2.7 SISTEMAS DE CONTROL .....	21
2.7.1 Microcontrolador PIC.....	22
2.7.2 PLC .....	22
2.8 ACTUADORES NEUMATICOS .....	27
2.8.1 Clasificación de los actuadores neumáticos.....	28
2.8.2 Cálculo de cilindros neumáticos.....	30
2.8.3 Elementos básicos de un sistema neumático. ....	31

2.8.4	Elementos de regulación y control. ....	33
2.9	ESTRUCTURAS .....	34
2.9.1	Vigas. ....	35
2.9.2	Columnas. ....	35
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
3.1	METODOLOGIA MECATRÓNICA.....	41
3.1.1	Metodología de diseño. ....	41
3.2	REQUERIMIENTOS DE LA MÁQUINA .....	42
3.3	RESTRICCIONES DE LA MÁQUINA .....	43
3.3.1	Dimensiones. ....	43
3.3.2	Ubicación de la máquina. ....	44
3.3.3	Sistema de seguridad.....	44
3.3.4	Tablero eléctrico.....	44
3.4	OBJETIVOS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA .....	45
3.5	DESARROLLO DEL CONCEPTO DE LA MÁQUINA .....	45
3.5.1	Alternativas de diseño .....	46
3.5.2	Análisis de alternativas por criterios ponderados. ....	52
3.5.3	Materiales para la construcción.....	54
3.5.4	Actuadores. ....	54
3.5.5	Sistemas de control.....	56
3.5.6	Módulo lógico de control programable. ....	58
3.5.7	Logo! Softcomfort v7.0. ....	59
3.5.8	Selección del dosificador.....	59
3.5.9	Sistema neumático.....	60
<b>4.</b>	<b>DISEÑO .....</b>	<b>63</b>
4.1	CÁLCULO DE LA TOLVA.....	63
4.2	DETERMINACIÓN DEL ESPESOR CON EL ESTUDIO DEL PANDEO.. .....	64
4.3	DISEÑO DE LAS COLUMNAS .....	66
4.4	CÁLCULO DEL MOTORREDUCTOR .....	68
4.5	CALCULO DE LOS CILINDROS NEUMATICOS .....	70
4.6	DISEÑO Y SIMULACION DEL SISTEMA NEUMATICO .....	72



4.7	DISEÑO ELECTRICO Y DE CONTROL.....	74
4.7.1	Circuito para el control de corriente.....	74
4.7.2	Tablero de control. ....	76
4.7.3	Control de la máquina .....	78
4.7.4	Programación.....	79
4.8	INTEGRACION DE LOS SISTEMAS.....	81
4.8.1	Construcción de la estructura.....	81
4.8.2	Integración del sistema neumático.....	82
4.8.3	Instalación del panel de control.....	83
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
5.1	PRUEBAS ANTES DE LA INSTALACION.....	86
5.2	PRUEBAS DESPUES DE LA INSTALACIÓN. ....	87
5.2.1	Pruebas de las conexiones eléctricas.....	87
5.2.2	Pruebas de las válvulas y de los cilindros neumáticos.....	87
5.2.3	Pruebas del circuito de control de corriente y transformadores. ...	87
5.2.4	Datos obtenidos experimentalmente para la calibración del sellado. 88	
5.2.5	Pruebas de comportamiento en una producción.....	90
5.3	ANALISIS DE ERRORES OBTENIDO DE LA PRODUCCION. CONTINUA DE YOGUR.....	92
5.4	VENTAJAS DE LA MÁQUINA .....	92
5.4.1	Costos del proyecto.....	94
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	96
6.2	RECOMENDACIONES.....	97

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los motores eléctricos .....	15
<b>Tabla 2.</b> Tabla de factor de servicio (RAISA, 2011).....	16
<b>Tabla 3.</b> Factor de servicio (RAISA, 2011) .....	17
<b>Tabla 4.</b> Tipos de PLC.....	27
<b>Tabla 5.</b> Tipos de lenguajes de programación (Pérez, 2009) .....	27
<b>Tabla 6.</b> Especificaciones maquina dosificadora selladora. ....	47
<b>Tabla 7.</b> Especificaciones máquina enfundadora automática para líquidos .....	50
<b>Tabla 8.</b> Cuadro de comparación ponderada de requerimientos de ingeniería	52
<b>Tabla 9.</b> Tabla de selección de alternativas del proyecto .....	53
<b>Tabla 10.</b> Tabla Cuadro de selección de alternativa por criterios ponderados .	53
<b>Tabla 11.</b> Prueba N°1 calibración del sellado con una corriente de 15A .....	88
<b>Tabla 12.</b> Prueba N°2 calibración del sellado con una corriente de 18 A .....	88
<b>Tabla 13.</b> Prueba N°3 calibración del sellado con una corriente de 20 A .....	89
<b>Tabla 14.</b> Prueba N°1 para el sellado y corte horizontal.....	89
<b>Tabla 15.</b> Prueba N°2 para el sellado y corte horizontal.....	90
<b>Tabla 16.</b> Prueba N°3 para el sellado y corte horizontal.....	90
<b>Tabla 17.</b> Enfundado de yogur durante 5 minutos.....	91
<b>Tabla 18.</b> Tabla comparativa. ....	93
<b>Tabla 19.</b> Gastos de la parte eléctrica .....	94
<b>Tabla 20.</b> Gastos de la parte de neumática .....	95
<b>Tabla 21.</b> Gastos parte mecánica.....	95
<b>Tabla 22.</b> Gastos varios.....	95

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dosificador a pistón.....	8
<b>Figura 2.</b> Dosificador por gravedad .....	9
<b>Figura 3.</b> Sellado térmico .....	13
<b>Figura 4.</b> Sellado ultrasónico.....	13
<b>Figura 5.</b> Partes de un motor.....	14
<b>Figura 6.</b> Acoplamiento de un motor con reductor .....	18
<b>Figura 7.</b> Motorreductor sin fin-corona .....	19
<b>Figura 8.</b> Motorreductor con ejes paralelos .....	20
<b>Figura 9.</b> Motorreductor con ejes coaxiales .....	20
<b>Figura 10.</b> Motorreductor con ejes ortogonales.....	21
<b>Figura 11.</b> Microcontrolador Pic .....	22
<b>Figura 12.</b> Controlador lógico programable (PLC).....	23
<b>Figura 13.</b> Estructura básica de un PLC .....	25
<b>Figura 14.</b> Control de un cilindro de simple efecto .....	29
<b>Figura 15.</b> Control de un cilindro de doble efecto.....	30
<b>Figura 16.</b> Deformación de la viga aplicada una fuerza .....	35
<b>Figura 17.</b> Pandeo de una columna .....	36
<b>Figura 18.</b> Formas de restricción de una columna .....	37
<b>Figura 19.</b> Fases de metodología Mecatrónica de la maquina.....	42
<b>Figura 20.</b> Máquina dosificadora llenadora .....	48
<b>Figura 21.</b> Máquina enfundadora automática para líquidos .....	49
<b>Figura 22.</b> Dosificadora automática de líquidos horizontal con banda transportadora.....	51
<b>Figura 23.</b> Luces indicadoras Camsco .....	54
<b>Figura 24.</b> Disyuntor - K32A Multi 9 marca Merlin Gerin .....	56
<b>Figura 25.</b> Motorreductor Marca LEESON .....	56
<b>Figura 26.</b> Pulsador doble, pulsador tipo hongo.....	57
<b>Figura 27.</b> Switch de 2 posiciones.....	57
<b>Figura 28.</b> Temporizador Ah3 marca Camsco .....	58
<b>Figura 29.</b> LOGO! 230RC .....	59
<b>Figura 30.</b> Planchas acero inoxidable .....	60
<b>Figura 31.</b> Electrovalvula 5/2.....	61
<b>Figura 32.</b> Unidad de mantenimiento marca Festo .....	62
<b>Figura 33.</b> Tolla de alimentación de yogur .....	64
<b>Figura 34.</b> Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	70
<b>Figura 35.</b> Partes de un sistema neumático .....	73
<b>Figura 36.</b> Diseño neumático maquina enfundadora de yogur.....	73
<b>Figura 37.</b> Circuito para el control de corriente .....	74
<b>Figura 38.</b> Diseño del tablero de control .....	77
<b>Figura 39.</b> Control de la máquina. ....	78

<b>Figura 40.</b> Subprocesos de la máquina.....	79
<b>Figura 41.</b> Diagrama funcionamiento de la máquina.....	80
<b>Figura 42.</b> Programa de control.....	80
<b>Figura 43.</b> Estructura de la máquina .....	81
<b>Figura 44.</b> Construcción de la estructura .....	82
<b>Figura 45.</b> Cilindro neumático .....	82
<b>Figura 46.</b> Sistema de sellado vertical .....	83
<b>Figura 47.</b> Instalación del tablero de control .....	83
<b>Figura 48.</b> Cableado del tablero de control .....	84
<b>Figura 49.</b> Cableado elementos de control .....	84
<b>Figura 50.</b> Conexiones de los switch, pulsadores .....	85
<b>Figura 51.</b> Máquina enfundadora de yogur .....	85
<b>Figura 52.</b> Comportamiento enfundado de yogur durante 5 minutos .....	93

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Propiedades de las Áreas.....	100
<b>Anexo 2.</b> Tabla de los perfiles estructurales de IPAC .....	101
<b>Anexo 3.</b> Características de planchas.....	102
<b>Anexo 4.</b> Simulación sistema de control .....	103
<b>Anexo 5.</b> Propiedades aceros estructurales.....	104
<b>Anexo 6.</b> Datos técnico del Logo.....	105
<b>Anexo 7.</b> Símbolos neumáticos.....	107
<b>Anexo 8.</b> Planos tolva .....	108
<b>Anexo 9.</b> Plano perfil estructural tipo ángulo.....	109
<b>Anexo 10.</b> Modelado del perfil estructural tipo ángulo.....	110
<b>Anexo 11.</b> Modelado cilindro neumático .....	111
<b>Anexo 12.</b> Esquema de conexión motor trifásico. ....	112

## RESUMEN

Se desarrolló el diseño y construcción de una máquina para el enfundado de yogur en la industria láctea Yazuni. La máquina está dividida en varios subprocesos los cuales son: El de dosificación que es por gravedad, permite el control del volumen del líquido a través de un cilindro neumático, el sistema de conformado es realizado por medio de alas de moldeo que permite hacer los dobleces en el plástico para la obtención de la funda, el mecanismo de sellado vertical es accionado por un cilindro neumático de doble efecto que proporciona una presión y permite el sellado de la funda plástica. En el sistema de arrastre del plástico, el movimiento de los rodillos es accionado por un motorreductor y esta acoplado a una transmisión por cadena. El sistema de sellado y corte horizontal es accionado por un cilindro neumático de doble efecto que permite el sellado y corte de la funda. El control automático de la máquina enfundadora de yogur se realiza mediante un PLC. Todas las partes de la máquina son totalmente desmontables lo que facilita el proceso de mantenimiento y reparación en el caso que fuera necesario. Se presenta una breve introducción del proyecto, objetivos, alcance a desarrollarse, se describe las generalidades de los diferentes tipos de dosificadores, tipos de técnicas de sellado de plásticos, el sistema de control se muestra la descripción de los temporizadores, diferentes tipos de protecciones. Se muestra la metodología del proyecto a realizarse con los requerimientos, restricciones, alcance y objetivos de la máquina, estableciendo parámetros de ingeniería para la elección del prototipo correcto, en donde tenemos cálculos, diseños, simulaciones virtuales, y la determinación de materiales a utilizarse, todo esto realizado para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina enfundadora de yogur. Se realizó un análisis de resultados, pruebas realizadas antes y después de la instalación, datos obtenidos experimentalmente para la calibración de los sensores, por último la interpretación de resultados obtenidos en una producción continua en 5 minutos. Se describe las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo del presente proyecto.

## **ABSTRACT**

The design and construction of a machine for sleeving of yogurt in the dairy industry Yazuni developed. The machine is divided into multiple threads which are: The dosage is by gravity, allows control of the volume of liquid through a pneumatic cylinder, the system forming is performed by means of wings molding which allows us to the folds in the plastic for obtaining the sheath, the vertical sealing mechanism is actuated by a double acting pneumatic cylinder providing a pressure seal and allows the plastic sleeve. Drag on the plastic system, the movement of the rollers is driven by a motor and is coupled to a chain drive. The sealing system and horizontal cut is driven by a double acting pneumatic cylinder that allows the sealing and cutting of the sheath. The automatic control of the hooding machine yogurt is made using a PLC. All parts of the machine are fully removable which facilitates the process of maintenance and repair in case needed. A brief introduction of the project objectives, scope to develop, an overview of the different types of dispensers, types of plastic sealing techniques, the control system describing timers, different types of protections described shown is presented. The project methodology to be held with the requirements, restrictions, scope and objectives of the machine, setting engineering parameters for choosing the correct prototype, where we have calculations, designs, virtual simulations to determine materials used are shown and, all this done to ensure proper operation of the sleever yogurt. Analysis results, tests before and after installation, experimentally obtained data for calibration of the sensors; finally the interpretation of results obtained in continuous production in 5 minutes was performed. The conclusions and recommendations obtained during the development of this project is described.

## **1. INTRODUCCIÓN**



La industria alimenticia utiliza materias primas que pueden ser de origen vegetal, animal o mineral y para la fabricación de los productos utiliza un conjunto de actividades dirigidas al tratamiento, transformación, preparación, conservación y enfundado de productos alimenticios.

Con estos antecedentes los productores y consumidores se encuentran preocupados de la seguridad e higiene de los alimentos que consumimos, por este motivo se ve la necesidad de utilizar la tecnología moderna.

La industria alimentaria actualmente ha experimentado un proceso de automatización, se han creado procesos industriales altamente mecanizados con el fin de garantizar que los productos sean de calidad, disminuyendo el riesgo de contaminación, disminuyendo los tiempos de elaboración en los diferentes procesos, evitando el desperdicio del producto.

La industria láctea tiene un elevado índice de acción en fábricas que ofrecen productos de consumo masivo como: leche, yogurt, queso, entre otros, por lo que se debe analizar las condiciones higiénicas de su producción, controlar los procesos utilizando materiales adecuados para una automatización efectiva que cumpla las expectativas del producto y también del consumidor final.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una máquina para el enfundado de yogurt en la industria Láctea Yazuni mediante un control automático

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Diseñar la parte mecánica para el proceso de enfundado.
2. Diseñar la parte electrónica para el proceso del enfundado.
3. Diseñar la parte de control automático del proceso.

4. Ensamblar la parte mecánica, electrónica y del control automático.

5. Realizar pruebas.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo hace referencia a los materiales, elementos, métodos a utilizarse en los diferentes subprocesos para el desarrollo de la máquina enfundadora de yogur.

## **2.1 EL YOGUR**

Es un alimento líquido y espeso, que se obtiene mediante la fermentación bacteriana de la leche.

### **2.1.1 La historia del yogur**

Existen pruebas de la elaboración de productos lácteos en culturas que existieron hace 4500 años. Los primeros yogures fueron probablemente de fermentación espontánea, quizá por la acción de alguna bacteria del interior de las bolsas de piel de cabra usadas como recipientes de transporte.

Las bacterias *Lactobacilos bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, responsables de la fermentación de la leche, ya eran conocidas, hacia el 6000 o 7000 a. C., por los tracios que vivían en la actual Bulgaria. Fueron ellos quienes las utilizaron para inducir la fermentación de la leche de oveja y de esa forma obtener yogur, queso, etc. dichos productos son los primeros alimentos probióticos en el mundo.

El reconocido científico ruso, fundador de la ciencia de la inmunología y premio Nobel, Iliá Méchnikov, describe el yogur como un excelente agente antienvjecimiento. La bacteria que contiene éste, ataca, bloquea y neutraliza las toxinas, depurando el organismo. La bacteria causante de la fermentación láctica fue descubierta en 1903 por el doctor búlgaro Stamen Grigoroff, quien publicó y presentó su trabajo científico dedicado al yogur ante el Instituto Pasteur de París, Francia. En su honor, la nueva bacteria descubierta fue llamada inicialmente “*Bacterium bulgaricum Grigoroff*”, aunque después pasó a denominarse “*Lactobacillus bulgaricus*”.

La bacteria, como afirmaba el científico, bloquea la proliferación de otras que son patógenas, con lo que retrasa el proceso de envejecimiento del organismo

humano. Lo más sorprendente es que el “Lactobacillus bulgaricus” desarrolla las citadas cualidades y características sólo en el territorio de Bulgaria. Trasladada a otras latitudes, la bacteria se transforma y, aunque el yogur obtenido con esa misma bacteria tiene un sabor similar al búlgaro original, sus propiedades no son las mismas, perdiendo incluso su capacidad para retrasar el proceso de envejecimiento. Por consiguiente, se hace necesaria la adquisición del agente fermentador búlgaro original.

El descubridor de la bacteria, el doctor Stamen Grigoroff, trabajó en distintos países europeos antes de regresar a su país, donde comenzó a trabajar en la investigación del cólera. Combatió las enfermedades de sus pacientes, haciéndoles comer rebanadas de pan enmohecido cubiertas con el hongo de la penicilina. Sin embargo, no fue él quien descubrió la penicilina; lo hizo el británico Alexander Fleming no mucho después. Luego, el doctor Grigoroff trabajó en un hospital de Milán, Italia. Falleció en Bulgaria en 1945.

El yogur permaneció durante muchos años como comida propia de India, Asia Central, Sudeste Asiático, Europa Central y de Europa del Este y Turquía hasta los años 1900, cuando un biólogo ruso llamado Iliá Méchnikov expuso su teoría de que el gran consumo de yogur era el responsable de la alta esperanza de vida de los campesinos búlgaros. Considerando que los lactobacilos eran esenciales para una buena salud, Mechnikov trabajó para popularizar el yogur por toda Europa. Otros investigadores también realizaron estudios que contribuyeron a la extensión de su consumo.

(Stamen Grigoroff, 1925)

### **2.1.2 Composición del yogur**

El proceso de elaboración del yogur data de hace miles de años, sin embargo hasta el siglo XIX se conocían muy pocas fases del proceso productivo. El arte de producción era transmitido de generación en generación; en las últimas décadas, este proceso se ha racionalizado, principalmente por los

descubrimientos en diversas disciplinas, como la física e ingeniería química, la bioquímica y enzimología; y sobre todo la tecnología industrial.

La elaboración de yogur requiere la introducción de bacterias 'benignas' específicas en la leche bajo una temperatura y condiciones ambientales controladas (muy cuidadosamente en el entorno industrial). El yogur natural o de sabores de textura firme, requiere de una temperatura de envasado de aproximadamente 43 °C, y pasar por un proceso de fermentación en cámaras calientes a 43 °C para obtener el grado óptimo de acidez; este proceso puede llegar a durar aproximadamente cuatro horas. Una vez obtenida, debe enfriarse hasta los 5 grados para detener la fermentación. En los yogures batidos, los de textura cremosa, con o sin frutas, el proceso es diferente, en cuanto la fermentación se realiza en depósitos, previo al proceso de envasado, que se realiza en frío, por lo que no necesita de fermentación posterior. Las bacterias utilizan como fuente de energía la lactosa o azúcar de la leche, y liberan ácido láctico como producto de desecho; este provoca un incremento de la acidez que hace a su vez que las proteínas de la leche precipiten, formando un gel. La mayor acidez (pH 4-5) también evita la proliferación de otras bacterias potencialmente patógenas. El primer estudio bacteriológico acerca del yogur fue realizado por Grigoroff, quien detectó la presencia de tres distintos microorganismos, "diplostreptococcus".

Si el yogur no se calienta hasta matar a las bacterias después de la fermentación, se vende bajo la denominación de «cultivo activo vivo» (o simplemente «vivo» en algunos países), que algunos consideran nutricionalmente superior. En España, los productores de yogur se dividían entre los que querían reservar la denominación yogur para el yogur vivo y los que deseaban introducir el yogur pasteurizado bajo esa etiqueta.

La vida comercial del yogur estando en refrigeración es de 3 semanas, con la finalidad de mejorar la capacidad de conservación del mismo se crea el yogur pasteurizado o de larga duración, que tiene un periodo de conservación de meses y no necesita refrigeración. (Stamen Grigoroff, 1925)

## **2.2 MÁQUINAS AUTOMÁTICAS.**

Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado. (Astimec, 2008)

Máquina automática se entiende al conjunto de elementos móviles o fijos que realizan su proceso por si solo parcialmente o totalmente, sin la necesidad de que una persona este interviniendo en el proceso.

### **2.2.1 Máquina enfundadora**

Las máquinas enfundadoras se utilizan para el llenado de líquidos de baja o alta viscosidad tales como agua, leche, jugo, yogurt, vinagre y vino.

#### **Tipos de máquinas enfundadoras.**

Las máquinas enfundadoras también son conocidas como llenadoras y hay de diferentes tipos como: (Astimec S.A, 2008)

- Enfundadora o llenadora de tipo vertical
- Enfundadora o llenadora de tipo horizontal

## **2.3 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN**

“La dosificación o aplicación de sustancias se efectúa mediante los dosificadores o dispositivos que sean capaces de liberar cantidad prefijadas de productos en una unidad de tiempo” (Cubillo & Cerviño, 2008).

Los dosificadores pueden disponer de controles, los cuales permiten determinar qué cantidad de producto se va a suministrar. El dosificador es un aparato o mecanismo que forma parte integral en una línea de producción, la

función principal es fraccionar de forma precisa y autónoma el producto a enfundar.

Un dosificador es un mecanismo que suministra cantidades determinadas de algún producto líquido, sólido o gaseoso de una manera exacta y automática, con el fin de evitar desperdicios, aumentando la producción, disminuyendo los costos de elaboración del producto.

Las partes o elementos principales que componen una dosificadora dependen y se modifican de acuerdo al producto que se pretende envasar o enfundar, de manera general esta puede tener cilindros neumáticos, servomotores, motores eléctricos, electroimanes, etc.

De acuerdo a las investigaciones realizadas de los dosificadores, se las puede clasificar de acuerdo en qué estado se encuentra la sustancia a dosificar o suministrar: (Industrias Ailén S.R.L., 2009)

- De sólidos secos y sólidos en polvo
- De líquidos
- De gas.

De acuerdo al estudio realizado se toma en cuenta únicamente los dosificadores de líquidos, los que van a ser utilizados en el proyecto.

Los dosificadores que actualmente existen y que son usados para enfundar líquidos pueden ser de dos tipos: (Industrias Ailén S.R.L., 2009)

- Dosificador a pistón
- Dosificador por gravedad

### **2.3.1 Dosificador a pistón**

Este consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del recipiente y llevado hacia un pico que se ubica en el interior de la bolsa ya confeccionada por la



envasadora. (Industrias Ailén S.R.L. , 2009)

Este tipo de dosificadores es utilizado comúnmente para productos líquidos y semilíquidos.

Están diseñados para productos líquidos densos o viscosos tales como shampoo, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, dulce de membrillo, etc. También se puede utilizar para líquidos como agua, jugos, vinos, etc.

En la figura 1 se puede observar un dosificador a pistón.



**Figura 1.** Dosificador a pistón

(Industrias Ailén S.R.L., 2009).

### **2.3.2 Dosificador por gravedad**

Consiste en un tanque donde se ubica el líquido que normalmente es alimentado por un tanque principal mediante un flotador que tiene en el interior. En la parte inferior posee una llave de paso que es controlada por la envasadora, el cual, permite el paso del líquido en el momento preciso.

(Industrias Ailén S.R.L., 2009).

Este tipo de dosificador es utilizado únicamente para productos líquidos como agua, jugos, salmuera, vinos, etc. En la figura 2 se observa un dosificador por gravedad.

Para el cálculo de la capacidad de yogur en la tolva se tiene que:

$$V_t = V_{cilindro} + V_{cono} \quad \text{EC. 1}$$

$$V_t = \pi r^2 h + \frac{1\pi r^2 h}{3}$$

Dónde:  $V_t$ =capacidad total de la tolva

$r$ = radio

$h$ =altura

PESO DE LA TOLVA

EC. 2

Peso= volumen \* densidad



**Figura 2.** Dosificador por gravedad

(Industrias Ailén S.R.L., 2009).

## 2.4 SELLADO

El sellado es un proceso que permite transformar el plástico en fundas, estas pueden ser de diferente longitud dependiendo de las necesidades que se tenga de enfundar.

Existe el sellado con pegamentos, resinas o sustancias de tipo industrial, pero este tipo es totalmente desechado en fundas que se destinan a productos alimenticios o de consumo humano debido a la contaminación por los efectos de los pegamentos. (Hdripowersystem, 2010)

Existen varias técnicas de sellado tales como: sellado térmico y por ultrasonido, estas técnicas son usadas para almacenar todo tipo de productos las cuales son eficientes en el ahorro energético y en el sellado.

Hay que tomar muy en cuenta el tipo de sellado que se implementara, ya que con un buen sistema de sellado nos permitirá aumentar la eficiencia en el ciclo de producción, mejorando la calidad y disminuyendo los costos y tiempo de producción.

El sellado es un proceso fundamental para la realización de este proyecto por lo que investigaremos los diferentes tipos o técnicas de sellados que existen.

Para el sellado térmico se tiene que:

$$V_c = V_s (1 - e^{-t/RC}) \quad \text{EC. 3}$$

Dónde:  $V_c$ = Voltaje en el capacitor

$V_s$ = Voltaje en la fuente

$R$ = Resistencia

$C$ = Capacitor

$t$ = Tiempo de carga (1/f)

### 2.4.1 Técnicas de sellado plástico

Existen una infinidad de técnicas de sellado de materiales plásticos de uso industrial que se usan dependiendo de la aplicación que se le quiera dar.

## **Sellado térmico**

Consiste en unir dos porciones superpuestas de un material, mediante el uso de calor generado por niquelinas sobre barras calientes que unen las porciones del material, por lo que se requiere el uso permanente de alta cantidad de energía para mantener calientes las barras de sellado mediante las niquelinas.

Se puede utilizar este tipo de sellado para todo tipo de productos, ya que no se utiliza ningún tipo de sustancia pegante o resina los cuales pueden ser tóxicos o perjudicial para la salud.

El sellado térmico a pesar de ser poco eficiente en lo que es el uso de energía, es el método más sencillo de realizar el sellado de materiales plásticos, ya que no requiere el uso de equipos especiales, ni costosos, es de fácil manejo y se pueden conseguir repuestos a bajo costo.

En la figura 3 se muestra una funda sellada mediante la técnica de sellado térmico.

Las principales características son:( Hdrpowersystem, 2010)

- Sencillo al momento de manejar e implementar
- No requiere de maquinaria sofisticada para su implementación.
- No es de mucho costo su implementación
- Es de alto consumo de energía
- No utiliza solventes ni sustancias.
- Sellado confiable y resistente.
- Requiere tiempo de precalentamiento de las niquelinas y barras.
- Permite tiempos de procesos rápidos.

## **Sellado ultrasónico**

Su funcionamiento se basa en que las piezas a sellar no se calientan hasta el punto de fusión como en el sellado térmico, sino que se sueldan mediante la aplicación de presión y vibraciones mecánicas de alta frecuencia. Ver figura 4.

Los parámetros deben ser ajustados cada vez que se altera un espesor de pared de los materiales a fundir.

Un sellado por ultrasonido es una alternativa que ahorra energía, y que mejora la calidad del sellado térmico, lo que sirve para reducir los costos de producción.

Es ideal para alimentos, productos de confitería, y la industria farmacéutica en productos sensibles al calor son comunes, sellado por ultrasonido es un ahorro de energía, alternativa para mejorar la calidad de sellado térmico que sirve para reducir los costos de producción.

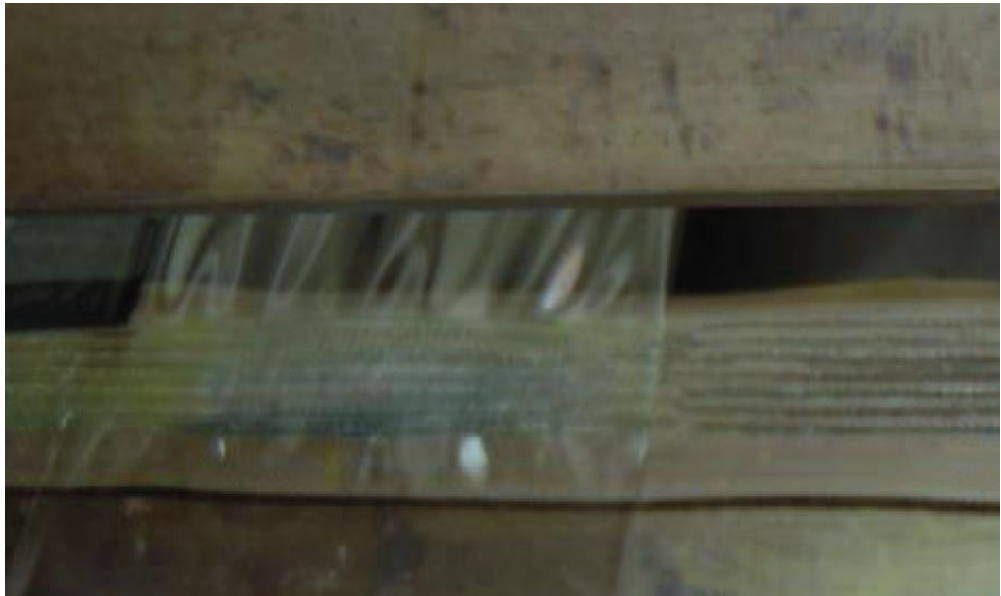
Del mismo modo que el sellado térmico estas poseen características importantes, como: (Hdripowersystem, 2010)

- Tiempos de procesos muy rápidos
- Alto control y monitoreo del estado del proceso
- Sellado confiable y resistente.
- Tecnología de bajo consumo de energía.
- No utiliza solventes ni sustancias de relleno para el sellado
- Empaques impermeables
- No requiere tiempo de precalentamiento de la máquina

## **2.5 MOTORES ELÉCTRICOS**

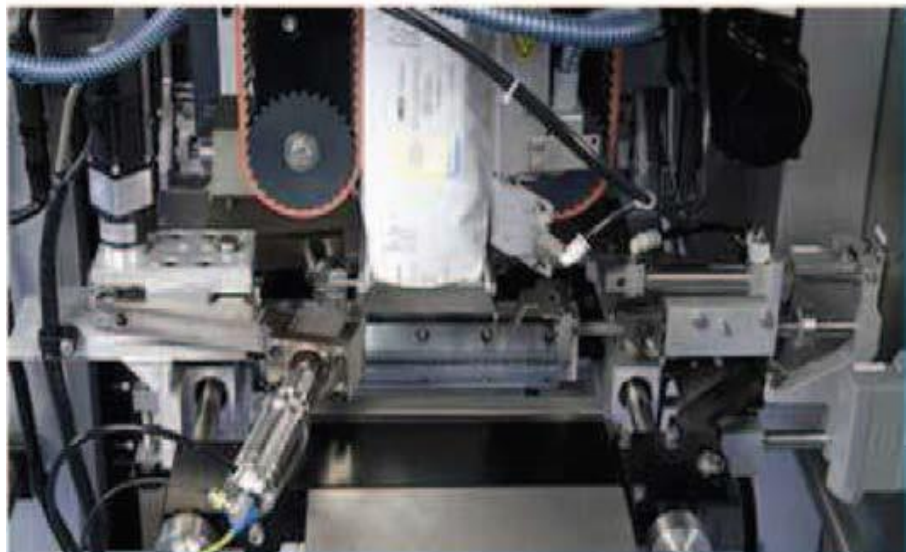
*“Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias. Transforman una energía eléctrica en energía mecánica. Tienen múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar” (Festo, 2009).*

Su funcionamiento se basa en dos fuerzas las cuales son: fuerzas de atracción y repulsión establecidas entre un imán y un hilo (bobina) por donde se hace circular una corriente eléctrica. Ver figura 5.



o

**Figura 3.** Sellado térmico  
(Hdrcpowersystem, 2010)



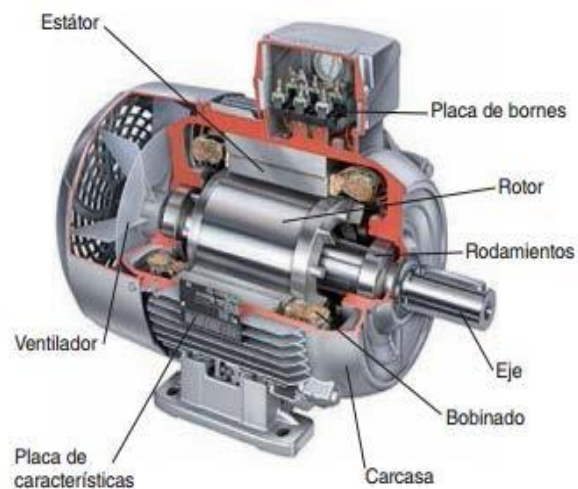
**Figura 4.** Sellado ultrasónico  
(Hdrcpowersystem, 2010)

## 2.5.1 Campos de aplicación de los motores eléctricos

Los motores eléctricos pueden ser utilizados en:

- Automóviles.
- Equipos de Tecnologías de la Información.
- Aplicaciones Industriales y Robots.
- Juguetes y Entretenimiento.
- Equipos Médicos.
- Procesos de manufactura.
- Electrodomésticos

Está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor),



**Figura 5.** Partes de un motor  
(Perz cruz, Pineda sanchez, M, 2006)

## 2.5.2 Clasificación De Los Motores Eléctricos.

A los motores eléctricos se los puede clasificar de acuerdo como muestra la tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de los motores eléctricos

CORRIENTE CONTINUA DC	Motores de excitación en serie Motores de excitación en paralelo Motores de excitación compuesta		
CORRIENTE ALTERNA AC	Por velocidad de giro	Asíncronos	
		Síncronos	Síncronos trifásicos Asíncronos sincronizados Con un rotor de imán permanente
	Por el tipo de rotor	Motores de anillos rozantes Motores con colector Motores de jaula de ardilla	
	Por número de fases de alimentación	Motores monofásicos Motores bifásicos Motores trifásicos Motores con arranque auxiliar bobinado Motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador	
MOTORES ESPECIALES	Motores paso a paso Motores de reluctancia Motores magneto hidrodinámicos Motor universal Motores de 400 Hz		

### 2.5.3 Motores monofásicos.

Este tipo de motor es muy utilizado, ya que puede funcionar con redes monofásicas, se pueden alimentar entre una fase y el neutro o entre dos fases.

Dependiendo del método empleado en el arranque, se puede clasificar en:

- Motor monofásico de inducción
- Motor de arranque por capacitor
- Motor monofásico de fase partida

### 2.6 REDUCTORES DE VELOCIDAD.

Los Reductores o Motorreductores son adecuados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.



Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre las otras formas de reducción.

Algunos de estos beneficios son: (RAISA, 2011)

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

### 2.6.1 Factor de servicio

El factor de servicio es, un número que indica el grado de protección con el que operará el reductor de velocidad y depende básicamente del tiempo de operación diaria y del tipo de servicio al que será sometido.

Para obtener el factor de servicio se debe tener en cuenta los datos de la tabla 2

**Tabla 2.** Tabla de factor de servicio (RAISA, 2011)

Duración del servicio Tiempo total de operación por día	Clasificación de carga Máquina movida								
	Con Motor Eléctrico			Con Motor Combustión (un cilindro)			Con Motor de combustión (multicilindro)		
	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado
Ocasionales ½ hr.	0.80	0.90	1.00	1.00	1.25	1.50	.90	1.00	1.25
Intermitente 2 hrs.	0.90	1.00	1.25	1.25	1.50	1.75	1.00	1.25	1.50
Hasta 10 hrs.	1.00	1.25	1.50	1.50	1.75	2.00	1.25	1.50	1.75
Hasta 24 hrs.	1.25	1.50	1.75	1.75	2.00	2.25	1.50	1.75	2.00

Para casos donde se tengan frecuentes paradas y arranques (10 arranques por hora), se debe usar la tabla 3

**Tabla 3.** Factor de servicio (RAISA, 2011)

	Con Motor Eléctrico		
Ocasionales ½ hr.	0.90	1.00	1.25
Intermitente 2 hrs.	1.00	1.25	1.50
Hasta 10 hrs.	1.25	1.50	1.75
Hasta 24 hrs.	1.50	1.75	2.00

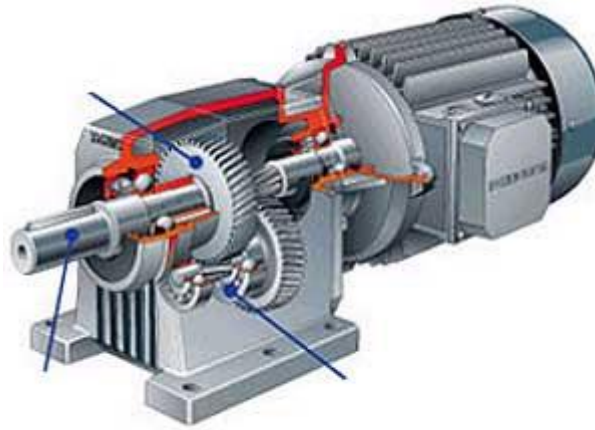
### 2.6.2 Selección de un reductor de velocidad.

Para la selección de reducto de velocidad debemos tomar en cuenta que clase de motor vamos a utilizar, la máquina que se va a mover, las horas diarias a operar, la velocidad de entrada al reductor, la velocidad de salida y el par de torsión requerido.

Las cifras indicadas en las tablas de capacidad de los reductores son considerados con factor de servicio= 1.0, lo cual significa que el trabajo del motorreductor será de 8-10 horas diarias, con movimiento uniforme sin choques ni arranques frecuentes. Cuando la unidad opere en otras condiciones, hay que aplicar el factor de servicio adecuado al trabajo, según las tablas respectivas.

1. Selección del factor de servicio adecuado
2. Aplicar el factor de servicio (multiplicar F.S. por los HP del motor) y obtener así la potencia requerida del reductor ( $pot = F.S \times HP$ )
3. Determinar apropiadamente la relación del reductor, con las velocidades de entrada y salida.
4. Seleccionar el tamaño del reductor requerido, en base a la potencia obtenida en el numeral (2), la relación deseada del numeral (3) y la velocidad de entrada al reductor. (RAISA, 2011)

En la figura 6 se muestra un acoplamiento de un motor con reductor.



**Figura 6.** Acoplamiento de un motor con reductor

(RAISA, 2011)

### 2.6.3 Clasificación de los reductores de velocidad.

Existen diferentes tipos de reductores de velocidad y así del mismo modo diferentes formas de clasificarlos: (RAISA, 2011)

- por el tipo de engranaje
- por disposición de los ejes
- por sistema de fijación.

La clasificación por el tipo de engranaje es: (RAISA, 2011)

- sin fin-corona
- ejes paralelos
- reductores planetarios
- ejes coaxiales
- ortogonales

#### **Sin fin-corona**

Estos reductores de velocidad de corona sin fin tienen 2 rodamientos a lo largo del eje de entrada para prevenir fugas y contribuir a la flexibilidad en el

montaje, ver figura 7. Estos motorreductores de corona sin fin no tienen la necesidad de tener un inserto de ventilación o respiradero. (RAISA, 2011)



**Figura 7.** Motorreductor sin fin-corona  
(RAISA, 2011)

### **Ejes paralelos**

Son una variación moderna de los reductores de ejes coaxiales. Sus reducidas dimensiones precisan mucho menos espacio que los motorreductores de ejes coaxiales. Otra diferencia es que los reductores de ejes paralelos están disponibles con eje hueco. Esto permite integrar el reductor de forma ideal en cualquier máquina. Con ellos se ahorran también componentes, como ruedas dentadas o catalinas para transmitir la fuerza a la máquina. Los reductores de ejes paralelos son los que más espacio y peso ahorran. Ver figura 8.

### **Ejes coaxiales**

Este reductor como su nombre indica, el eje del motor y el eje de salida del reductor están alineados. El eje de salida es siempre macizo. Por ello se requieren componentes como ruedas dentadas o catalinas para transmitir la fuerza a la máquina. (RAISA, 2011)

Sin embargo, las soluciones con reductores de ejes coaxiales permiten reducciones extremas, como se mira en la figura 9.



**Figura 8.** Motorreductor con ejes paralelos  
(RAISA, 2011)



**Figura 9.** Motorreductor con ejes coaxiales  
(RAISA, 2011)

### **Ejes ortogonales**

En este tipo de motorreductores el eje de salida del reductor está desplazado  $90^\circ$  respecto al eje del motor, están disponibles con un eje macizo o hueco y se utilizan cuando existe alta densidad de potencia y grandes torques de salida de forma permanente. Ver figura 10.

Para el cálculo del motorreductor se tiene que:

La velocidad angular se calcula mediante la fórmula:

$$W = \frac{V}{R}$$

EC. 4

Donde V: velocidad

R: radio del rodillo

Para calcular el torque del motorreductor se tiene que:

$$T = F * R$$

EC. 5

Dónde: T: torque

R: radio del rodillo

Para el cálculo de la potencia se tiene que:

$$P = W * T$$

EC. 6

Dónde: W: velocidad angular



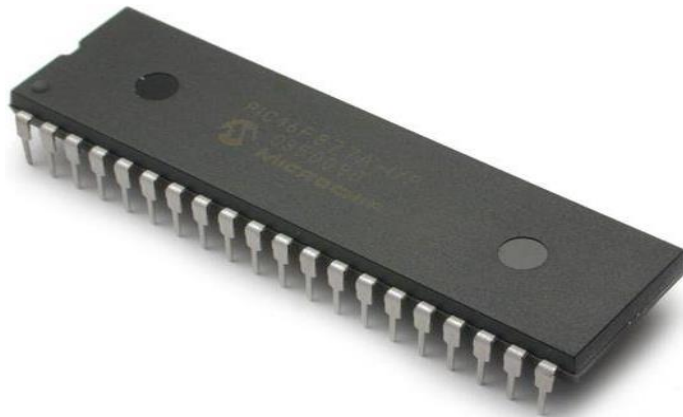
**Figura 10.** Motorreductor con ejes ortogonales  
(RAISA, 2011)

## 2.7 SISTEMAS DE CONTROL

Es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control.

### 2.7.1 Microcontrolador PIC

Un microcontrolador PIC (controlador de interfaz periférico) es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea con el programa que reside en su memoria. Sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar. Ver figura 11.



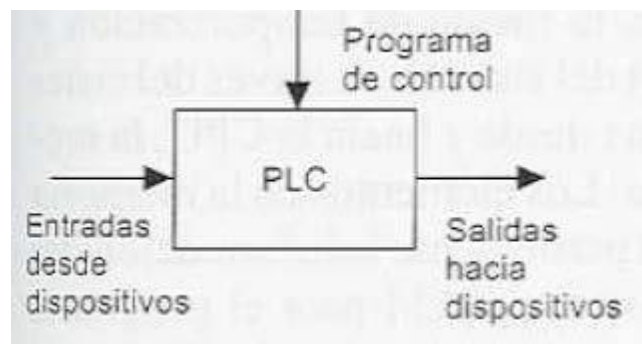
**Figura 11.** Microcontrolador Pic  
(Micro chip, 2012)

### 2.7.2 PLC

De acuerdo a la teoría del libro de (Bolton W., 2006), un controlador lógico programable se puede definir como *“un dispositivo electrónico digital la cual usa una memoria programable con el fin de guardar instrucciones y llevar acabo funciones lógicas, como: configuración de secuencia, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos”*.

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de

la instalación.



**Figura 12.** Controlador lógico programable (PLC)

(Bolton W. , 2006)

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control de máquinas y señalización.

A continuación se detalla algunos ejemplos de las aplicaciones:

- Máquina troqueladora para realizar sobres de papel.
- Envasadora automática de botellas y frascos.
- Sistema de control de entrada y salida de personal de una empresa.
- Planta productora de hormigón y asfalto.
- Máquina terminadora de asfalto (Maquina vial)
- Plantas de tratamiento de agua para consumo humano.
- Planta formuladoras de productos alimenticios.
- Dosificación de productos en la industria química.
- Transportes de material a granel
- Transporte de sustancia liquidas.
- Almacenamiento de stock automatizado.
- Maquinaria industrial del mueble y la madera, etc. (Manual, LOGO!, 2010)

A continuación se enlistan algunas ventajas y desventajas que trae consigo el empleo de un PLC. (Pérez Cruz & Pineda Sánchez, 2006)



## **Ventajas**

- Control más preciso
- Mayor rapidez de respuesta
- Flexibilidad en el control de procesos complejos
- Facilidad de programación
- Seguridad en el proceso
- Empleo de poco espacio
- Fácil instalación
- Menos consumo de energía
- Mejor monitoreo de funcionamiento
- Mejor mantenimiento
- Detección rápido de averías y tiempos muertos
- Menor tiempo en la elaboración de proyectos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento
- Posibilidad de controlar varios actuadores con el mismo autómatas

## **Desventajas**

- Se requiere mano de obra especializada en el manejo
- Se produce la centralización del proceso
- Se requiere condiciones ambientales apropiadas
- Si no se tiene bien planteada el objetivo de su utilización puede ocasionar mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.

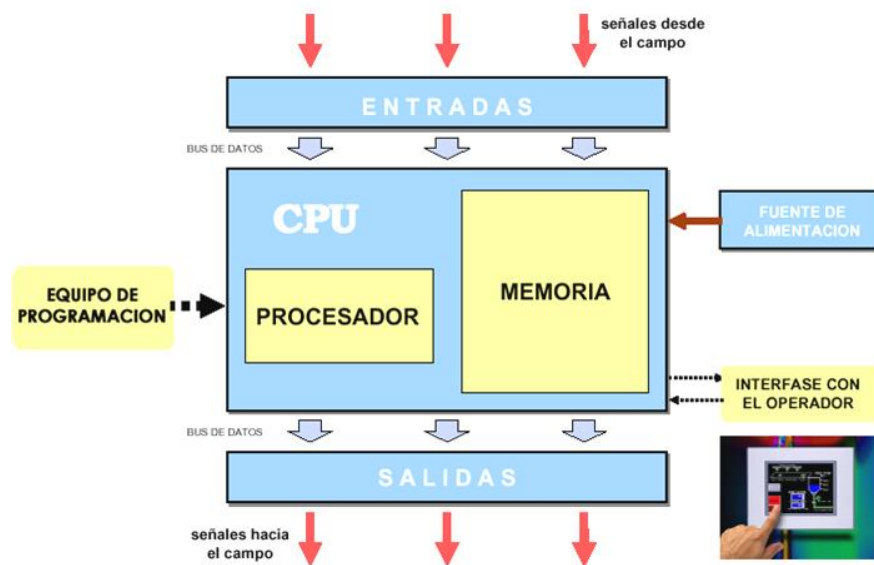
## **Estructura del PLC**

Un PLC o Autómata Programable posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo al programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar.

La estructura básica de un PLC según el libro de (Bolton W. , 2006) consta de

los siguientes bloques, ver figura 13:

- CPU unidad central de procesamiento.
- Fuente de alimentación.
- Unidad de entradas y salidas.
- Unidad de memoria.



**Figura 13.** Estructura básica de un PLC  
(Pérez Cruz & Pineda Sánchez, 2006)

### Clasificación del PLC

Debido a la gran variedad de PLC, clasificados por sus funciones, por su capacidad, por su aspecto físico y otros, se puede catalogar los distintos tipos en varias categorías: Ver tabla 4.

**PLC tipo Nano:** Generalmente este PLC es de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales. (Pérez, 2009)

**PLC tipo Compactos:** Estos PLC se encuentran en un solo bloque, en la que

se incluye la CPU, la fuente de alimentación, la sección de entradas y 25 salidas, y el puerto de comunicación, este tipo de PLC se utiliza cuando un proceso a controlar no es demasiado complejo y no se requiere de un gran número de entradas y/o salidas o de algún módulo especial. (Pérez, 2009)

Soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador· expansiones de i/o
- Entradas y salidas análogas

**PLC tipo Modular:** Esta categoría se divide en: (Pérez, 2009)

Estructura Americana.- En la cual se separan los módulos de entrada/salida del resto del PLC.

Estructura Europea.- Cada módulo realiza una función específica; es decir, un módulo es el CPU, otro la fuente de alimentación, etc.

### **Interfaz de comunicación**

Las consolas pueden estar constituidas por un display o bien un ordenador personal (PC) que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control. (Pérez Cruz & Pineda Sánchez, 2006)

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Adquisición de datos
- Transferir y modificar los programas.
- Verificar la programación y dispositivos.
- Información sobre funcionamiento de los procesos.

### **Lenguajes de programación del PLC**

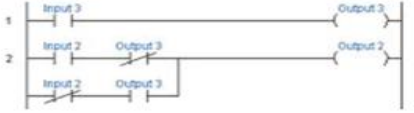
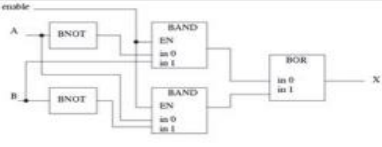
Existe varios lenguajes de programación el primero fue el lenguaje Ladder o Escalera, que es muy usado actualmente obviamente con nuevas y mejores funciones, con el desarrollo de los ordenadores los lenguajes de programación

se han vuelto más amigables con el usuario y se han añadido una gran cantidad de funciones, en la tabla 5 se enlistan los diferentes tipos de lenguajes de programación, (Pérez, 2009).

**Tabla 4.** Tipos de PLC

<p>PLC nano</p> <p>PLC que tiene fuente , CPU, I/O integradas, manejan menos de 100 I/O</p>	
<p>PLC Compacto</p> <p>Incorporan fuente, CPU, I/O, aceptan módulos de expansión, y manejan alrededor de 500 I/O</p>	
<p>PLC Modular</p> <p>Tienen la fuente, el CPU y módulos I/O separados, pueden manejar miles de I/O</p>	

**Tabla 5.** Tipos de lenguajes de programación (Pérez, 2009)

LENGUAJES GRAFICOS	
<p>Ladder (LD)</p>	
<p>Bloques de funciones (FBD)</p>	
LENGUAJES TEXTUALES	
<p>Lista Instrucciones (IL)</p>	<pre> 1  LD  %IX0.2 2  AND %IX0.3 3  OR  Action_INIT 4  ST  IL_VAR </pre>
<p>Texto Estructurado (ST)</p>	<pre> 000 LD  %I0.1 Bp. inicio ciclo     AND %I0.0 Dp. presencia vehiculo     AND %M3  Bit autorización reloj calendario     AND %I0.5 Fc. alto rodillo     AND %I0.4 Fc. detrás pórtico </pre>

## 2.8 ACTUADORES NEUMATICOS

*“Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas. Pueden ser hidráulicos, neumáticos o eléctricos”.* (Bolton W. , 2006)

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo.

Con frecuencia las señales neumáticas son utilizadas para controlar elementos de actuación final, incluso cuando el sistema de control es eléctrico. La principal desventaja de los sistemas neumáticos es la compresibilidad del aire.

### **2.8.1 Clasificación de los actuadores neumáticos.**

A los actuadores neumáticos se los clasifica en: (Creus Solé, 2011)

Actuadores Lineales

- Simple efecto
- Doble efecto

Actuadores de giro

Actuadores especiales

#### **Actuadores Lineales**

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma de construcción, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos.

Existen dos tipos fundamentales de los cuales también se derivan construcciones especiales

Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.

Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

### **Cilindros de simple efecto.**

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo pueden ser cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc.

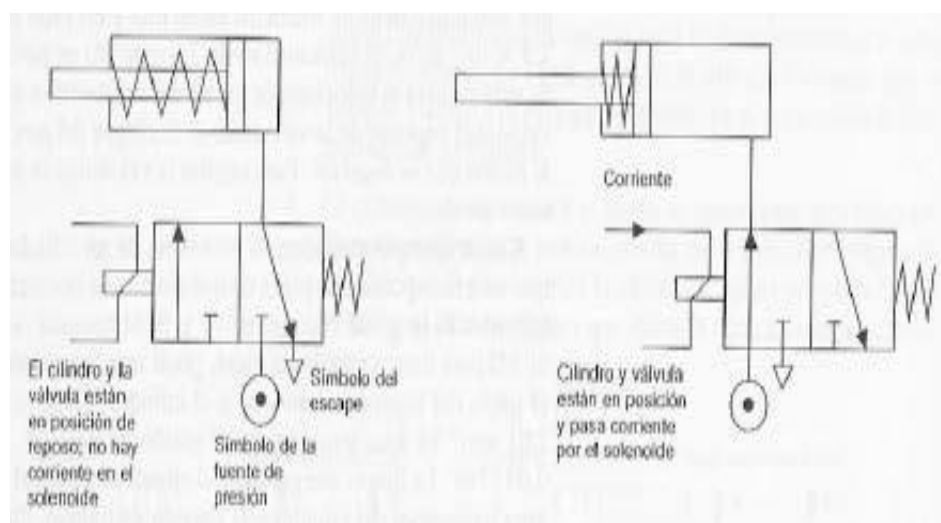
Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Ver figura 14

### **Cilindros de doble efecto.**

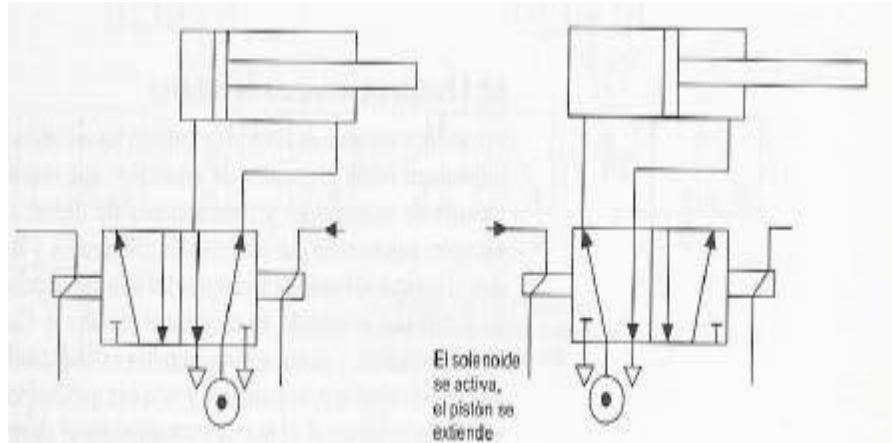
Son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido.

Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Para que el pistón se pueda mover, es necesario que entre aire a una de las cámaras y que, por la otra, salga a la atmósfera. Ver figura 15



**Figura 14.** Control de un cilindro de simple efecto  
(Bolton W. , 2006)



**Figura 15.** Control de un cilindro de doble efecto

(Bolton W. , 2006)

### 2.8.2 Cálculo de cilindros neumáticos.

Lo más recomendable es acudir siempre a los datos aportados por el fabricante donde se encuentran tablas para los esfuerzos desarrollados, máximas longitudes de flexión, pandeo, etc.

Para el cálculo de los cilindros neumáticos se utiliza la siguiente formula:

$$P_{min} = \frac{F}{A} \quad \text{EC. 7}$$

Dónde: Pmin: presión mínima del compresor

F: fuerza

A: Área del cilindro

Se utiliza la presión mínima del compresor ya que se requiere calcular el diámetro mínimo del cilindro neumático.

$$A = \frac{F}{P_{min}} \quad \text{EC. 8}$$

El área de un cilindro es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{EC. 9}$$

El diámetro se calcula mediante;

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{EC. 10}$$

### **2.8.3 Elementos básicos de un sistema neumático.**

#### **Elemento activos**

Son aquellos que comunican energía al fluido. La energía externa que se comunica al elemento activo es principalmente eléctrica o térmica.

#### **Compresores**

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

En el funcionamiento de un compresor aparecen implicadas dos magnitudes:

- La presión que se comunica al aire.
- El caudal que es capaz de proporcionar. El caudal es el volumen de fluido que pasa por una sección en la unidad de tiempo. Se puede medir en l/s, l/h o m<sup>3</sup>/s

Existen dos grandes tipos de compresores

- Volumétricos
- Dinámicos

#### **Refrigerador**

Cuando el aire que se ha comprimido alcanza una temperatura bastante alta, es necesario refrigerarlo hasta una temperatura ambiente, a la vez que se extrae el agua que contiene el aire.



## **Elemento pasivos**

Son los elementos que consumen energía, la transportan, administran o controlan

### **Acumulador**

Es un depósito que se pone a continuación del refrigerador. Su objetivo es almacenar aire comprimido para suministrarlo en los momentos de mayor consumo, además garantiza un caudal constante.

Generalmente el acumulador lleva un sensor de presión, que activará el compresor cuando la presión disminuya hasta un cierto límite y que lo desconectará cuando la presión aumente.

### **Elementos de protección o unidad de mantenimiento**

Las distintas funciones del acondicionamiento del aire a presión: filtrar, regular y lubricar, pueden llevarse a cabo con elementos individuales. A menudo estas funciones se han unido en una unidad operativa: la unidad de mantenimiento en la que se incluye: filtro, lubricador, regulador de presión y silenciador.

- Filtro

Elimina el agua que todavía pueda quedar en el aire y las partículas o impurezas que estén en suspensión

- Lubricador

Con este elemento, el aire es dotado de una fina neblina de aceite. De este modo las piezas móviles de los elementos neumáticos se proveen de lubricante, disminuyéndose el rozamiento y el desgaste.

- Regulador o limitador de presión

Se encarga de que la compresión en el circuito se mantenga por debajo de un

cierto límite y a presión constante. Dispone de una válvula de escape que libera aire cuando la presión aumenta.

- Silenciador

Reduce el ruido cuando se expulsa aire a la atmósfera.

#### **2.8.4 Elementos de regulación y control.**

##### **Válvulas**

Las válvulas permiten controlar el paso de flujo de un fluido

También se define según (FESTO DIDACTIC, 2006) como: *“Las válvulas son dispositivos que influyen en el paso, el bloqueo y la dirección del flujo del aire.”*

El símbolo de las válvulas informa sobre la cantidad de conexiones, la posición de conmutación y sobre el tipo de accionamiento.

Las válvulas se clasifican como:

- **Válvulas de dirección del flujo:** Seleccionan hacia donde se dirige el flujo.
- **Válvulas antirretorno:** permiten la circulación del aire en un sentido único, quedando bloqueado su paso en sentido contrario.
- **Válvulas de regulación de presión y caudal:** regulan y estabilizan la presión y caudal del flujo.

##### **Válvulas de dirección del flujo**

Seleccionan hacia donde se dirige el flujo, se definen según dos características:

- El número de vías u orificios que tenga la válvula, tanto de entrada de

aire como de salida.

- El número de posiciones: que normalmente son dos. Una define el estado de reposo y otra el estado de trabajo. Sin embargo existen válvulas con más de dos posiciones.

La identificación de una válvula de dirección se define con dos cifras:

- La primera indica el número de vías.
- La segunda indica el número de posiciones

### **Válvula 2x2**

Son válvulas normalmente cerradas en su posición de reposo.

### **Válvula 3x2**

Es una válvula normalmente cerrada en posición de reposo. Se emplean para el mando de cilindros de simple efecto.

### **Válvulas 4x2**

Realiza las mismas funciones que dos válvulas 3x2 combinadas. Con esta válvula podemos comandar un cilindro de doble efecto.

### **Válvulas 5x2**

Con esta válvula se puede comandar un cilindro de doble efecto.

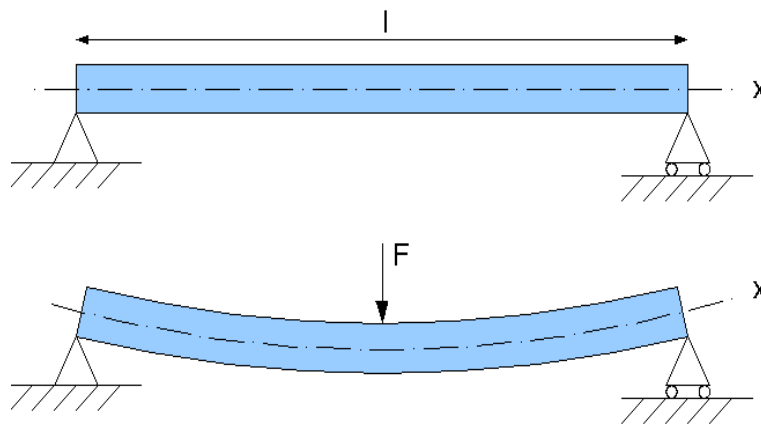
## **2.9 ESTRUCTURAS**

Son cuerpos capaces de resistir cargas sin que exista una deformación excesiva de una de las partes con respecto a la otra, resistiendo a su aplicación sin perder la estabilidad.

### 2.9.1 Vigas.

Se denomina viga a un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes. También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado. Ver figura 16.



**Figura 16.** Deformación de la viga aplicada una fuerza

### 2.9.2 Columnas.

Una columna es un soporte vertical, de forma alargada, que permite sostener el peso de una estructura.

Una columna es un miembro estructural que soporta una carga axial de compresión, que tiende a fallar por inestabilidad elástica o pandeo, más que por aplastamiento del material. La inestabilidad elástica es la condición de falla donde la forma de una columna no tiene la rigidez necesaria para mantenerla erguida bajo la carga. Entonces, si no se reduce la carga, la columna se colapsará. Ver figura 17

Las cargas que puede soportar una columna pueden ser concéntricas, cuando se aplican sobre su centroide, o excéntricas, cuando se aplican a cierta distancia de su eje centroidal.

Los métodos para analizar y diseñar columnas, para garantizar la seguridad bajo una diversidad de condiciones de carga.

## RADIO DE GIRO

Describe la forma en la cual el área transversal o una distribución de masa se distribuye alrededor de su eje centroidal. Concretamente es el valor medio cuadrático de distancia de los puntos de la sección o la distribución de masa respecto a un eje que pasa por el centro de la misma.

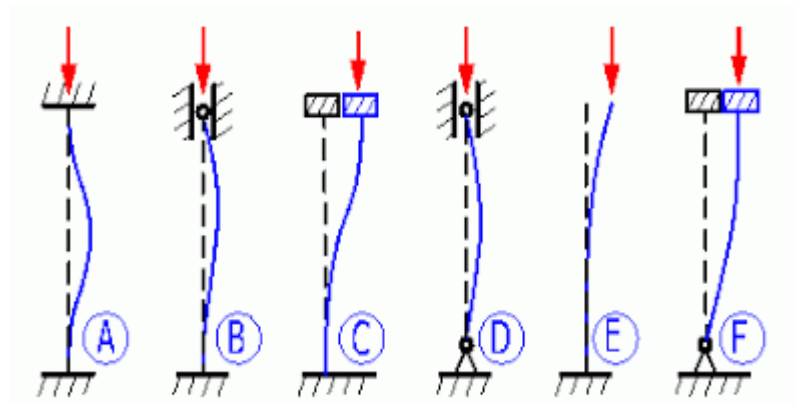
El radio de giro se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{I/A} \quad \text{EC. 11}$$

Dónde:  $r$  = El valor mínimo del radio de giro de la sección transversal

$I$  = El momento de inercia de la sección transversal, con respecto al eje para el que  $I$  es mínimo.

$A$  = El área de la sección transversal; [ $\text{cm}^2$ ], [ $\text{mm}^2$ ].



**Figura 17.** Pandeo de una columna

## FIJACIÓN DE UN EXTREMO Y LONGITUD EFECTIVA.

Es la forma en que se soportan los extremos de una columna existen tres

formas de restricción de extremos que son: Ver figura 18

- Articulada

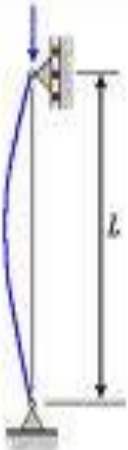
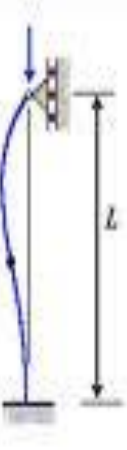

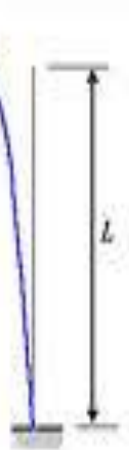
Un extremo articulado de una columna está guiado de tal manera que no se puede mover de un lado a otro, pero no ofrece resistencia a la rotación del extremo.

- Empotrada

Un extremo empotrado es sujetado contra la rotación en el soporte.

- Libre

El extremo superior se encuentra libre no tiene restricción y no está guiado.

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$l_e = L$	$l_e = 0.699L$	$l_e = 0.5L$	$l_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 1$

**Figura 18.** Formas de restricción de una columna; valores de K para obtener la longitud efectiva

La forma de soportar ambos extremos de la columna afecta la longitud efectiva de la columna que se define con la siguiente ecuación:

$$L_e = K.L$$

$$EC. 12$$

Dónde: L = Longitud real de la columna

K = Constante que se muestra en la figura

### RELACIÓN DE ESBELTEZ

La relación de esbeltez es el cociente de la longitud efectiva de la columna entre su radio de giro mínimo.

$$RE = \frac{Le}{r_{\min}} = \frac{KL}{r_{\min}} \quad \text{EC. 13}$$

Dónde: L = longitud real de la columna entre soportes

K=constante que depende del extremo fijo

### CONSTANTE DE COLUMNA

Depende del valor de la relación de esbeltez real de la columna que se analiza, comparado con la relación de esbeltez de transición o constante de columna  $C_c$ , que se define con la siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{EC. 14}$$

Dónde: E = Módulo de elasticidad del material de la columna

$S_y$  = Resistencia de la fluencia del material

### CARGA CRITICA

Es la carga máxima que una columna puede soportar cuando está a punto de pandearse.

Se presentan dos métodos para analizar columnas rectas que son:

- La fórmula de EULER para columnas largas y esbeltas.

Si  $Re > Cc$  columna es larga, emplear la fórmula de EULER.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad \text{EC. 15}$$

- La fórmula de J.B. Johnson para columnas cortas.

Si  $Re < Cc$  columna es corta, emplear la fórmula de J.B. Johnson.

$$P_{cr} = ASy \left[ 1 - \frac{Sy(KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{EC. 16}$$

### **FACTOR DE DISEÑO Y CARGA ADMISIBLE**

Es garantizar que el diseño de la columna al momento de aplicar una carga sea seguro, y que sea bastante menor que la carga critica de pandeo.

Factor de Diseño es:

- Columnas de Maquinas  $N = 3$
- Columnas Estacionarias  $N = 2$

Por lo tanto la ecuación de la carga admisible es:

$$Pa = P_{cr}/N \quad \text{EC. 17}$$

Dónde:  $P_{cr}$  = carga critica de pandeo; [lb], [N].

$Pa$  = carga admisible; [lb], [N].

$P$  = carga real aplicada; [lb], [N].

$N$  = factor de diseño

La carga real aplicada ( $P$ ) debe ser menor que la carga admisible ( $Pa$ ).

(Mott R. L., 2006).



## ESTUDIO DEL PANDEO

Para el estudio del pandeo se realizará el cálculo de la presión en una de las caras de las planchas de tol, donde:

$$\text{Presión} = \frac{\text{CARGA EN UNA CARA}}{\text{AREA}} \quad \text{EC. 18}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} * \text{Área} \quad \text{EC. 19}$$

Se toma el momento de inercia de un rectángulo del libro de (MOTT R. L., 2006)

$$I = \frac{1}{12} * b^3 * h \quad \text{EC. 20}$$

Para el cálculo de la deflexión se tiene la siguiente ecuación del libro de (MOTT R. L., 2006)

$$Y_{\max} = \frac{WL^3}{PEI} \quad \text{EC. 21}$$

Dónde: F = W = peso

L = longitud

E = módulo de elasticidad

I = inercia



### **3. METODOLOGÍA**

Este capítulo permite describir cada uno de las alternativas, materiales y métodos que se llevara a cabo para la realización del proyecto.

### **3.1 METODOLOGIA MECATRÓNICA**

La metodología Mecatrónica se refiere al diseño integrado de los sistemas buscando un menor costo, una mayor eficiencia, una mayor confiabilidad y flexibilidad desde el punto de vista mecánico, eléctrico, electrónico, de programación y de control.

La mecatrónica se puede tomar como la oportunidad de analizar y resolver los problemas de automatización desde una perspectiva diferente e integral, donde los ingenieros no se deben limitar a considerar únicamente la solución desde el punto de vista de su especialidad, sino en el contexto de una gama de tecnologías.

Este enfoque Mecatrónico será conveniente para considerar el comportamiento de cada parte del sistema en función del resultado general esperado.

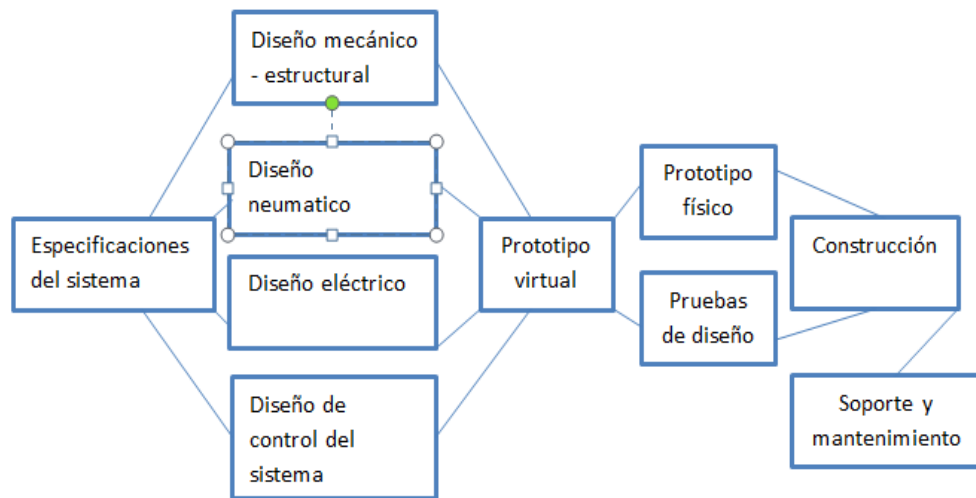
La mecatrónica aborda su estudio partiendo del concepto de sistema. El sistema más simple puede considerarse como una estructura cerrada con una entrada y una salida en donde el principal interés es conocer la relación entre estas dos variables.

En la figura 19 se observa los aspectos que contiene el diseño Mecatrónico de la máquina.

#### **3.1.1 Metodología de diseño.**

- Estudiar los requisitos de diseño y la reducción de éstos a un conjunto completo de especificaciones.
- Buscar soluciones posibles para cada especificación y desarrollar diseños completos a partir de estos.

- Evaluar los diseños alternativos que satisfacen los requisitos para un buen rendimiento.



**Figura 19.** Fases de metodología Mecatrónica de la máquina

### 3.2 REQUERIMIENTOS DE LA MÁQUINA

Una máquina enfundadora de yogur, debe cumplir con varias características para que su funcionamiento sea el adecuado.

Algunos de los parámetros necesarios son:

- Soporte de carga

Al momento de suministrar el yogur en la tolva va a generar una carga la cual la estructura debe soportar.

- Facilidad de operación

El control de la máquina debe ser amigable con el operador, para que se pueda operar de una manera fácil

- Tamaño

El tamaño de la máquina debe ser el adecuado para que el operario pueda operar de una manera fácil y cómoda.

- Montaje y Desmontaje

El montaje y desmontaje de las partes de la máquina no debe ser muy complejo, ya que en el caso de que se requiera reparar o dar mantenimiento sea fácil el montaje y desmontaje.

- Eficiencia

Una máquina eficiente y segura al momento de enfundar, sin desperdicios y cumpliendo los tiempos estipulados del proceso.

- Materiales

Los materiales que tengan contacto directo con el producto a enfundar es decir el yogur deben ser de acero inoxidable, en lo que tiene que ver con la estructura debe ser un material resistente que soporte todo el peso que va a soportar tal es el caso de perfil estructural de acero.

- Funcionamiento

Para el funcionamiento de la máquina tiene varias etapas que son: almacenamiento de material (tolva), sistema de desinfección (lámpara UV), formado de la funda, sellado (resistencia térmica), dosificado (mediante un cilindro neumático), arrastre de la funda (motorreductor, rodillos de caucho, cadena y engranes).

### **3.3 RESTRICCIONES DE LA MÁQUINA**

A las restricciones de la máquina se las considera como límites de trabajo que se plantea en una situación específica para evitar fallas en el funcionamiento

#### **3.3.1 Dimensiones.**

- Dimensionamiento de la Estructura

Para la altura de la estructura se toma en cuenta las investigaciones realizadas acerca de este tipo de máquinas que es de máximo 2 metros de alto y el ancho

1 metro, se considera esta altura para que el operario pueda operar de una manera fácil y sin exponerse a ninguna lesión en su cuerpo.

- Dimensionamiento de la tolva

La tolva para la dosificación de yogur va a tener una capacidad máxima de 40 litros que es lo que requiere la industria láctea yazuni

- Velocidad de trabajo

Lo que se requiere es que enfunde 10 fundas en 1 minuto

### **3.3.2 Ubicación de la máquina.**

Se debe determinar un lugar donde el suelo sea estable y de gran resistencia para así evitar vibraciones o la inestabilidad de la máquina

### **3.3.3 Sistema de seguridad.**

Es importante la seguridad del operador por lo que se debe poner paros de emergencia, se debe tomar muy en cuenta las normas de seguridad en el sistema eléctrico e hidráulico.

### **3.3.4 Tablero eléctrico.**

El tablero eléctrico donde se encuentra los elementos de control y los mandos, para encender el sistema funciona a una tensión de 220 v. El tablero debe ir colocado a una altura adecuada donde no incomode, y de fácil acceso a los mandos de control.

El tablero eléctrico debe ir colocado en un lugar que sea de fácil acceso.

En este tablero eléctrico vamos a tener los elementos de control y mando como son los pulsadores y switches

### **3.4 OBJETIVOS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA**

- Conformación de la funda a partir de rollos.
- Conformación de la funda, sella a todo lo largo de la funda de manera automática.
- Suministra dosis exactas de yogur.
- Sella y corta a lo ancho de la funda de manera automática.
- Instalar un sistema de control amigable con el operador para que sea de fácil uso.
- 

### **3.5 DESARROLLO DEL CONCEPTO DE LA MÁQUINA**

La máquina enfundadora de yogur tiene como función el formado, dosificado, sellado y corte de fundas de yogur, mediante sistemas electrónicos, mecánicos y neumáticos, el proceso de funcionamiento de la máquina es vertical.

Su alimentación es a 220 V de corriente alterna.

Los procesos de la máquina son:

- Ingreso de plástico
- Formado y doblado
- Arrastre
- Sellado vertical
- Dosificado
- Sellado horizontal y corte

Para realizar todas las etapas se tiene un tablero de control, un sistema de calentamiento y un sistema neumático.

El controlador es un PLC para permitir el correcto funcionamiento con el respectivo panel de control para la interacción máquina-operador. En el proceso inicial se coloca el plástico y pasa a través de todos los rodillos de



soporte que sirven para regular la tensión del plástico que ingresa a la máquina.

Una vez que el plástico está tensado pasa a las etapas de doblado y formado, existe una guía para que la funda no se doble o se rompa al momento del proceso.

El plástico ya formado pasa a los procesos de sellado vertical, dosificado, sellado horizontal y corte.

### **3.5.1 Alternativas de diseño**

Se analizan diferentes alternativas de diseño, se obtienen tres tipos alternativas para la máquina enfundadora de yogur.

#### **3.5.1.1 Máquina dosificadora selladora**

Máquina dosificadora selladora para envasado de productos líquidos sin gas como refrescos, agua, jugos, pulpas de fruta, vino, yogur, leche, etc. Ver figura 20.

#### **Características**

- Accionamiento electromecánico.
- Forma la funda a partir de bobinas de polietileno coextruido o laminado, dosifica de manera exacta, sella por impulsos y corta cada funda conformada.
- Estructura robusta fabricada en acero inoxidable A304, que garantiza una alta durabilidad cumpliendo con exigencias sanitarias para el envasado de productos alimenticios.
- Alimentación del producto desde tanques.
- Diseño óptimo que permite una fácil y confiable operación
- Sistema de embrague electromecánico que permite la sincronización con el sensor fotoeléctrico para centrado de la impresión de la funda.
- Cabina con lámpara U.V. que ayuda a la esterilización del material de empaque antes del envasado.

**Especificaciones.** Ver tabla 6

**Tabla 6.** Especificaciones maquina dosificadora selladora.

Volumen	Desde 100 c.c. hasta 500 c.c. (opcional hasta 1.000 c.c.)
Formatos	Normal, gemelo e inclinado con sellado plano posterior al centro.
Mat. Empaque	Polietileno coextruido o laminado de 60 a 90 micras.
Tamaños	Ancho estándar 155 mm. Largo regulable desde 30 mm. Hasta 150 mm.
Capacidad	Máx. 35 u/min. (2.100 unidades por hora).
Mat. Estructura	Acero inoxidable AISI 304
Operación	Accionamiento electro mecánico (no requiere aire comprimido)
Motor	1.0 HP 220 VAC, 3 fases 60 Hz
Alimentación	tanques de balance de 20 litros con válvulas de flotador
Requerimiento	Tensión eléctrica de 220 VAC monofásica o trifásica +/- 2%.
Consumo	Aprox. 500 vatios.
Dimensiones	Ancho 880 mm.; fondo 1.100 mm. ; Altura 2.100 mm.

Peso	Aprox. 120 Kg. (neto)
Opcionales	Sistema de contador de lotes; codificadora térmica de 3 filas.



**Figura 20.** Máquina dosificadora llenadora

(Industrias Ailén S.R.L., 2009).

### **3.5.1.2 Máquina enfundadora automática para líquidos**

Máquina dosificadora y selladora para enfundar productos líquidos y pastosos, en fundas por sistema por gravedad y que incorpora un conjunto de sellado con mordazas dentadas de temperatura constante.

Permite envasar mermeladas, salsas, pastas de maní o ajo, yogur, miel, manjar, shampoo, rinse, gel, cremas cosméticas, etc. Ver figura 21.



**Figura 21.** Máquina enfundadora automática para líquidos

(Industrias Ailén S.R.L., 2009).

### **Características**

- Alimentación del producto desde una tolva cónica con tapa y válvula de flotador (opcional), con aristas redondeadas y acabado sanitario.
- Dosificador por gravedad
- Activación neumática para el accionamiento del dosificador y de la selladora.
- Fácil regulación de los soporte según el tamaño de la funda.
- Estructura fabricada en acero inoxidable A304, que garantiza una alta calidad y durabilidad, cumpliendo además con exigencias sanitarias para envasado.
- Control de temperatura.
- Accionamiento neumático.
- Incluye unidad de mantenimiento para el aire comprimido.

- **Especificaciones**

**Tabla 7.** Especificaciones máquina enfundadora automática para líquidos

Volumen	Desde 30 c.c. hasta 500 c.c. (opcional para mayor volumen)
Capacidad	Aproximadamente 10 por minuto
Formatos	Cualquier tamaño de fundas hasta máximo 200 mm. de ancho.
Material de Envases	. Fundas de material termosellable.
Material del Equipo	Acero inoxidable AISI 304
Control	Sistema de control electrónico con temporizador para sellado.
Tensión Requerida	220 V
Aire Comprimido	90 psi (6 bares). Consumo aprox. 4.6 CFM.
Dimensiones	Ancho 1.200 mm. fondo 600 mm. altura 1.900 mm.
Peso	Aprox. 130 Kg. (neto)

**3.5.1.3 Dosificadora automática de líquidos horizontal con banda transportadora**

Máquina con soporte para dosificar toda clase de líquidos fluidos y viscosos, cremas, salsas y todo tipo de alimento triturado o de otro tipo de puré alimentario, farmacéutico, etc.

Se trata de una máquina para dosificar toda clase de líquidos fluidos y viscosos tales como: agua, vino, aceite, vinagre, bebidas, zumos, etc. También puede dosificar productos viscosos y densos como: gel, cremas, salsas, patés, etc. Con formato y tipo horizontal.

Se puede ajustar el volumen de la dosificación y puede trabajar con accionamiento manual o automático, pudiendo regular el ritmo o frecuencia del dosificado.

Está realizada en acero inoxidable y puede recibir el producto por caída o mediante absorción de un recipiente. Ver figura 22.



**Figura 22.** Dosificadora automática de líquidos horizontal con banda transportadora.

### 3.5.2 Análisis de alternativas por criterios ponderados.

Para la selección de la maquina enfundadora se realiza un análisis según la tabla de criterios ponderados, en el cual vamos hacer un análisis con requerimientos de ingeniería, en el cual elegiremos la alternativa más adecuada en: diseño, construcción, operación, y mantenimiento, etc. Ver tabla 8.

**Tabla 8.** Cuadro de comparación ponderada por pares de requerimientos de ingeniería

CRITERIOS	Funcionalidad	tamaño	Facilidad de montaje	Facilidad de mantenimiento	Resistente al medio	Capacidad de carga	Complejidad del control	$\Sigma+1$	Ponderación
Funcionalidad		1	1	1	1	0	1	6	0.22
Tamaño	0.5		1	0.5	0	0.5	0.5	4	0.15
Facilidad de montaje	1	0.5		1	0	0.5	0.5	4.5	0.17
Facilidad de mantenimiento	0.5	1	1		0	0	0	3.5	0.13
Resistente al medio	0	0.5	0	0		1	0	2.5	0.09
Capacidad de Carga	0	0.5	0	0	1		0	2.5	0.09
Complejidad de control	1	0	1	0.5	0	0.5		4	0.15
							SUMA	27	1

**Tabla 9.** Tabla de selección de alternativas del proyecto (ESCALA 5: OPTIMO 1: MENOR)

ALTERNATIVAS	FUNCIONALIDAD	TAMAÑO	FACILIDAD DE MONTAJE	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	RESISTENTE AL MEDIO	CAPACIDAD DE CARGA	COMPLEJIDAD DEL CONTROL	TOTAL
1	2	2	5	4	4	3	3	23
2	5	3	5	2	5	3	5	28
3	2	2	4	4	4	3	3	22

**Tabla 10.** Tabla Cuadro de selección de alternativa por criterios ponderados

ALTERNATIVAS	CRITERIOS	FUNCIONALIDAD	TAMAÑO	FACILIDAD DE MONTAJE	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	RESISTENTE AL MEDIO	CAPACIDAD DE CARGA	COMPLEJIDAD DEL CONTROL	$\Sigma$	PRIORIDAD
1		0.44	0.30	0.85	0.52	0.36	0.27	0.45	3.19	2
2		1.10	0.45	0.85	0.26	0.45	0.27	0.75	4.13	1
3		0.44	0.30	0.68	0.52	0.36	0.27	0.45	3.02	3

Se analizan las 3 alternativas, para la elección de la alternativa que este más acorde a la necesidad de la empresa.

Con el método de criterios ponderados evaluamos las 3 alternativas de diseño con los criterios de ingeniería, de acuerdo a todos los criterios de ingeniería



tomados en cuenta se selecciona la máquina enfundadora automática de yogur. Ver tabla 9,10.

### **3.5.3 Materiales para la construcción.**

El material que se empleara para la construcción de la estructura de la máquina enfundadora de yogur va a ser un acero ASTM A36, el cual presenta propiedades óptimas, es un material bastante resistente, no es frágil y presenta buena ductilidad y a su vez su resistencia es aceptable.

Además de ser un material muy adecuado para este tipo de máquinas también es de fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado ecuatoriano

### **3.5.4 Actuadores.**

#### **Luces indicadoras**

En el mercado ecuatoriano es común encontrar luces indicadoras de dos medidas las cuales son de 22mm o de 30.5mm, pero las más comunes, menos costosas y de fácil adquisición son las de 22 mm las cuales vamos a utilizar y son de marca camasco. Ver figura 23.

Estas luces indicadoras de alto brillo funcionan con voltajes de 100-120 VAC/DC, con frecuencia AC 50 ~ 60 Hz y con una potencia de 2 W.



**Figura 23.** Luces indicadoras Camasco

(Led Controls S.A. de C.V., 2013)

En el proyecto se utilizara 6 luces, las cuales van a ser 3 de color verde y 3 de color rojo, las luces de color verde nos van a indicar cuando estén activados los cilindros neumáticos y los otras 3 luces rojas cuando ya están en proceso de desactivación.

### **Protecciones**

En la máquina enfundadora de yogur se utiliza un Disyuntor - K32A Multi 9 marca Merlin Gerin que son interruptores automáticos modulares que se utilizan para controlar y proteger los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos en el cableado residencial.

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática. Ver figura 24.

### **Motorreductor**

Para la selección del motorreductor se toma en cuenta la velocidad que se necesita para mover los rodillos por donde desliza la funda, los cálculos lo presentamos en el capítulo de diseño

De acuerdo a las consideraciones tomadas tenemos que vamos a utilizar un motorreductor trifásico de ¼ HP marca LEESON con voltaje nominal de 220V. Ver figura 25

El motorreductor será controlado automáticamente por medio de la programación en el PLC.



**Figura 24.** Disyuntor - K32A Multi 9 marca Merlin Gerin



**Figura 25.** Motorreductor Marca LEESON

### **3.5.5 Sistemas de control.**

#### **Pulsadores**

Se utilizara un pulsador doble metálico de Ø22mm cumplirá con la función de ON/OFF de todo el sistema.

Se utiliza un pulsador tipo hongo de media vuelta Ø22mm, para paro de emergencia ya sea por mal funcionamiento de algún mecanismo de la maquina o por manejo incorrecto en el proceso. Como se observa en la figura 26.



**Figura 26.** Pulsador doble, pulsador tipo hongo

(Led Controls S.A. de C.V., 2013)

### Switch

Se utilizará 6 switch de 2 posiciones, uno para el ON/OFF de todo el sistema, otro para el ON/OFF de la lámpara Ultravioleta, el resto para el ON/OFF de los cilindros neumáticos. Ver figura 27.



**Figura 27.** Switch de 2 posiciones

(Led Controls S.A. de C.V., 2013)

### TEMPORIZADORES

Los temporizadores son Ah3 Camsco ya que nos presenta algunas características de trabajo que son ideales para nuestra máquina enfundadora. Ver figura 28.

Las características técnicas de este tipo de temporizador son:

- Asegura gran estabilidad, rendimiento y precisión.
- Rango de 4 tiempos se puede cambiar con facilidad simplemente intercambiando el interruptor DIP.
- Posiciones de interruptor DIP de fácil monitoreo, serie de tiempo y tensión de funcionamiento.
- Series de 5 tiempos con rangos de sincronización amplios de 0.1 seg. A 30 hrs.
- Voltaje de operación      DC(V): 12, 24, 48  
   AC(V): 12, 24, 48, 100~120, 200~240
- Frecuencia: 50-60 Hz



**Figura 28.** Temporizador Ah3 marca CamSCO

### **3.5.6 Módulo lógico de control programable.**

Utilizaremos un módulo lógico de control programable LOGO! 230RC de la marca SIEMENS para el control de los diferentes procesos de la maquina enfundadora.

Este módulo es el más conocido en el Ecuador ya que nos permite solucionar problemas de automatizaciones a menor costo, se destinan para realizar tareas de automatización en instalaciones industriales y en el ámbito doméstico, también se emplea en la construcción de máquinas y aparatos.

Estos autómatas pueden abarcar gran cantidad de módulos externos de acuerdo a las necesidades del programador y del proceso, tales como; más cantidad de entradas y salidas, pantallas táctiles.



**Figura 29.** LOGO! 230RC

En la figura 29 tenemos un LOGO! 230RC el mismo que posee 8 entradas y 4 salidas, tiene una pantalla LCD en la cual se visualiza todos los comandos y al lado derecho se puede observar las teclas de programación.

### **3.5.7 Logo! Softcomfort v7.0.**

Para la programación del LOGO en una PC, se utiliza el software de LOGO! SoftComfort V7.0, todos los Logo permiten ser conectados a un PC con un cable.

Se elige este programa ya que es conocido por su configuración fácil y rápida, permite crear esquemas de contactos y diagramas de funciones. Además permite realizar una simulación de todo el programa.

### **3.5.8 Selección del dosificador.**

Para la selección del dosificado se toma en cuenta que se va a realizar una máquina de tipo vertical, es decir para el dosificador vamos a necesitar un dosificador por gravedad el cual es utilizado únicamente para productos líquidos, además este dosificador debe ser de un acero inoxidable AISI 304 ya que entra en contacto directo con el líquido que se va a enfundar (yogur).

En la industria de alimentos y bebidas se utiliza aceros inoxidables AISI 304 ya que proveen excelentes condiciones de higiene además de su resistencia a la corrosión y duración a largo plazo. Así como también un bajo costo de mantenimiento, además este acero es fácil de comprar en el mercado ecuatoriano.

En la figura 30 se muestra planchas de aceros inoxidables.



**Figura 30.** Planchas acero inoxidable

### **3.5.9 Sistema neumático.**

#### **Cilindros neumáticos**

Los diferentes cilindros se eligen de acuerdo a los requerimientos del sistema que se dan en el capítulo de diseño.

Los cilindros neumáticos se usan son de marca Festo.

Para la dosificación del yogur se utiliza un cilindro neumático de doble efecto de 63 x 250 mm de carrera.

Tanto para el sellado vertical y sellado horizontal se requiere de cilindros neumáticos de doble efecto.

Para el sellado vertical se utiliza un cilindro neumático de 32 x 50 mm de carrera.

Para el sellado horizontal se requiere dos cilindros neumáticos de 50 x 100 mm de carrera.

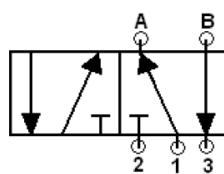
El cilindro neumático utilizado en el sellado horizontal y corte de la funda dosificada tiene mayor capacidad de presión que el cilindro de sellado vertical, ya que tiene mayor diámetro de sección transversal debido a que este tiene la función de hacer el sellado y corte de la funda que está dosificada con líquido

### **Electroválvulas**

Se utilizará cuatro electroválvulas 5/2 que permitirán controlar los cilindros de doble efecto del sellado vertical, sellado horizontal y del dosificador.

Posee 5 vías y dos posiciones. La primera vía es la entrada de aire comprimido, la vía dos es la salida de aire comprimido y la tercera vía sirve de purga de aire. Las vías A y B se utilizan para unir la válvula al cilindro neumático.

En la figura 31 se muestra una electroválvulas 5/2



**Figura 31.** Electrovalvula 5/2

### **Unidad de mantenimiento**

Se usa la unidad de mantenimiento con el fin de prevenir que las suciedades y polvos del aire comprimiendo cause deterioro, desgastes en los elementos neumáticos. En la figura 32 se muestra la unidad de mantenimiento que se



instalara en el sistema, es de 40 micros de 1/4, consta de un filtro regulador y un lubricador.



**Figura 32.** Unidad de mantenimiento marca Festo

### **Cañerías**

La cañería que se utiliza es de tubo PU (poliuretano) de 6x4 mm, ya que es el indicado para robusteces industriales en tubería neumáticas.

## **4. DISEÑO**

En el presente capítulo se realizará el diseño de las partes que constituyen la maquina como son: La tolva, espesor de las planchas, cálculo de los cilindros neumáticos, diseño neumático, diseño eléctrico y control de la máquina.

#### 4.1 CÁLCULO DE LA TOLVA

Para el cálculo de la tolva se inicia tomando en cuenta que la empresa ya tiene un cono de diámetro de 23cm.

Los requerimientos funcionales es que la maquina debe enfundar como máximo 40 litros de yogur.

Dado esto se tiene que:

$$V_t = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_t = \pi r^2 h + \frac{1\pi r^2 h}{3}$$

Dónde:

Vt: capacidad total de la tolva

r: radio

h: altura

Como datos ya tenemos la capacidad que debe tener la tolva que es de 40 litros, tenemos también el diámetro del cono.

$$V_t = 40 \text{ litros} = 40000 \text{ cm}^3$$

$$40000 \text{ cm}^3 = (\pi)(11.5^2)(h) + \frac{1(\pi)(11.5^2)(h)}{3}$$

$$h = 72.20 \text{ cm}$$

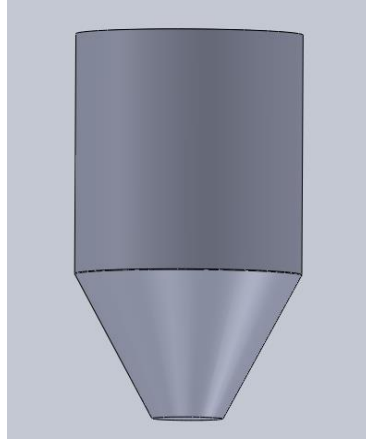
Para el diseño por consideraciones de seguridad tomaremos en cuenta el h= 80 cm. Ver figura 33.

#### PESO DE LA TOLVA

Peso= (volumen \* densidad)+ peso del recipiente

$$\text{Peso} = (40 \text{ litros} * 1.035 \text{ kg/ litro}) + 14.46 \text{ kg}$$

$$\text{Peso} = 55.86 \text{ kg}$$



**Figura 33.** Tolva de alimentación de yogur

## 4.2 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR CON EL ESTUDIO DEL PANDEO

Este estudio se inicia con la elección del espesor de las planchas 6mm, a partir de esta elección se realiza el estudio de pandeo para comprobar si el espesor seleccionado es el adecuado para la construcción de la tolva.

$$V_t = 40000 \text{ cm}^3 = 0.040000\text{m}^3$$

Carga total de la tolva = 55.86 kg

Para el diseño se tomara en cuenta una carga de 60 kg x 4 caras = 240 kg

E = Módulo de elasticidad (MOTT R. L., 2006)

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$E = 207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{\text{Kg}}{9.8\text{N}} \times \frac{\text{m}^2}{(100\text{cm})^2}$$

$$E = 2112244,9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Para continuar con el estudio se requiere el área:

$$\text{Área} = 0.90 \cdot 2 = 1.8 \text{ m}^2$$

Con el área se calcula la presión en una de las caras.

$$\text{Presión} = \frac{\text{CARGA EN UNA CARA}}{\text{AREA}}$$

$$\text{Presión} = \frac{240 \text{ kg}}{1.8 \text{ m}^2}$$

$$\text{Presión} = 133.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Partiendo de la presión y de acuerdo al diseño se realiza un análisis de pandeo en la parte central de una de las caras.

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \cdot \text{Área}$$

$$F = 133.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 0.45 \text{ m}^2$$

$$F = 60 \text{ kg}$$

Se toma el momento de inercia de un rectángulo del libro de (MOTT R. L., 2006)

$$I = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 1^3 \cdot 0.4$$

$$I = 0.033 \text{ cm}^4$$

Con el espesor de 6mm se requiere la ecuación de deflexión (MOTT R. L., 2006)

$$Y_{\text{max}} = \frac{WL^3}{PEI}$$

Dónde:

$$F = W = \text{peso}$$

$$L = \text{longitud}$$

$$E = \text{módulo de elasticidad}$$

I = inercia

$$Y_{\max} = \frac{60(100\text{cm})^3}{133.33 \times 2112244.9 \times 0.033}$$

$$Y_{\max} = 0.44 \text{ cm} = 4.4 \text{ mm}$$

Realizado el estudio de pandeo en una de las secciones más críticas se tiene como resultado que podría existir una deflexión máxima de 4,4 mm. En base a esto el espesor seleccionado cumple con los requerimientos.

### 4.3 DISEÑO DE LAS COLUMNAS

Las columnas son las piezas más importantes de la máquina, porque sostienen a todos los componentes para el funcionamiento de la máquina, ayuda mantener la estabilidad y precisión al momento de operar

Para el cálculo de las columnas se desplaza la fuerza de trabajo al extremo superior de la columna, como se observa en el diagrama de cuerpo libre (figura 34), donde la columna está sometida a compresión axial. Tomando en cuenta que se encuentra Empotrada – Libre.

Se toma como referencia el capítulo 6 del Libro de (MOTT R. L., 2006).

Se realiza el diseño de dos columnas que soportan una viga.

#### PESO DE LA TOLVA

Peso= volumen \* densidad + peso del recipiente

$$\text{Peso} = 40 \text{ litros} * 1.035 \text{ kg/ litro} + 14.46\text{kg}$$

$$\text{Peso} = 55.86 \text{ kg}$$

$$P_{cr} = P_a \times N$$

Dónde:

$P_{cr}$ : Carga Crítica de pandeo

$$P_{cr} = 55.86 * 2.5$$

$$P_{cr} = 139.65 \text{ kg}$$

Se toma el siguiente dato del libro de (MOTT R. L., 2006)

K = 2,1 Empotrado-Libre

Longitud de la columna que se quiere implementar:

L= 2 m

Se toma en cuenta el módulo de elasticidad de los aceros al carbón y aleados.

(MOTT R. L., 2006)

E = Modulo de elasticidad

E = 207 GPa

$$E = 207 \times 10^9 \frac{N}{10^9} \times \frac{Kg}{9.8N} \times \frac{m^2}{(100cm)^2}$$

$$E = 2112244,9 \frac{Kg}{cm^2}$$

Se tomó en cuenta la resistencia de fluencia del material A36.

Sy = Resistencia de fluencia del material

$$Sy = 36000 \frac{lb}{pulg^2}$$

$$Sy = 2536,368 \frac{Kg}{cm^2}$$

Partiendo de estos datos se empieza a realizar el cálculo de relación de esbeltez de transición.

Constante de la columna

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{Sy}}$$

Dónde:

E: módulo de elasticidad del material de la columna

Sy: Resistencia de fluencia del material

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \pi^2 2112244,9 \frac{Kg}{cm^2}}{2536,368 \frac{Kg}{cm^2}}}$$

Cc= 128.21

Se empieza a realizar el análisis de columnas largas

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2}$$

Dónde:

$P_{cr}$  = carga crítica de pandeo [kg]

$E$  = módulo de elasticidad del material de la columna [ $\frac{kg}{cm^2}$ ]

$I$  = Momento de inercia [ $cm^4$ ]

$L$  = Longitud de la columna [m]

$$I = \frac{P_{cr} (KL)^2}{\pi^2 E}$$

$$I = \frac{139.65 \text{ kg} (2.1*200)^2}{\pi^2 2112244,9 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$I = 1.18 \text{ cm}^4$$

Verificación

Para la verificación se elige el perfil estructural ángulos 40x40x3 [mm]

“Si  $KL/r$  real es mayor que  $C_c$ , la columna es larga (MOTT R. L., 2006)

$$I = 3.50 \text{ cm}^4$$

$$A = 2.35 \text{ cm}^2$$

$$r = 1.25 \text{ cm}$$

$$\frac{KL}{r} > C_c$$

$$\frac{2.1*200}{1.25} > C_c$$

$$336 > 128.21$$

Está bien elegida es una columna larga. Ver figura 34.

#### 4.4 CÁLCULO DEL MOTORREDUCTOR



Según observaciones realizadas en la enfundadora manual tenemos algunos datos que nos van a servir para determinar el motorreductor.

$$V = 6 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Donde V: velocidad

$$D = 70 \text{ mm} = 0.07 \text{ m}$$

$$R = 0.035 \text{ m}$$

Dónde: D: diámetro del rodillo

R: radio del rodillo

Para calcular la velocidad angular tenemos que:

$$W = \frac{V}{R}$$

$$W = \frac{0.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.035 \text{ M}}$$

$$W = 1.71 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$W = 1.71 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$W = 16.32 \text{ rpm}$$

La fuerza que debe mover el motorreductor es:

$$F = 10 \text{ kg}$$

$$F = 25 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 245 \text{ N}$$

Para calcular el torque del motorreductor tenemos que:

$$T = F * R$$

$$T = 245 \text{ N} * 0.035 \text{ m}$$

$$T = 8.58 \text{ Nm}$$

Para calcular la potencia tenemos que:

$$P = W * T$$

$$P = 1.71 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0.1715 \text{ Nm}$$

$$P = 14.67 \text{ Watt}$$

$$P = 14.67 \text{ Watt} * \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ Watt}}$$

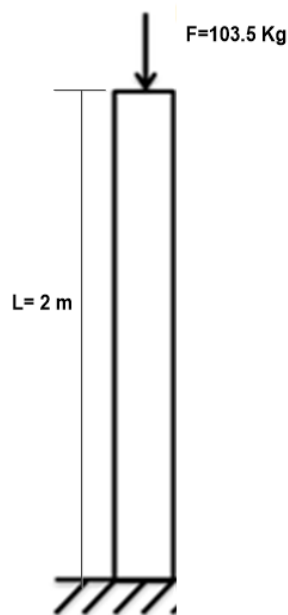
$$P = 0.020 \text{ HP}$$

El motorreductor seleccionado tiene las siguientes características y cumple con lo requerido.

Voltaje nominal: 220 V - Trifásico

Potencia nominal: ¼ HP

Corriente nominal: 1 A



**Figura 34.** Diagrama de cuerpo libre de la columna

#### 4.5 CALCULO DE LOS CILINDROS NEUMATICOS

Partiendo que la empresa tiene un compresor con las siguientes características:

$$P_{\min} = 90 \text{ psi}$$

$$P_{\max} = 135 \text{ psi}$$

$$P_{\min} = \frac{F}{A}$$

Dónde:

Pmin: presión mínima del compresor

F: fuerza

A: Área del cilindro

La fuerza que se necesita para sellar las fundas se ha medido mediante un medidor de fuerzas y se ha hecho varias pruebas en la enfundadora manual para determinar la fuerza.

La fuerza medida para el cilindro que va a sellar la funda en forma vertical es de F=30 kg

$$P_{min} = 90 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 kg}{2.2 lb} * \frac{1 pulg^2}{(25.4 mm)^2}$$

$$P_{min} = 0.06341 \frac{kg}{mm^2}$$

$$P_{min} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P_{min}}$$

$$A = \frac{30 kg}{0.06341 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$A = 473.11 mm^2$$

El área de un cilindro es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 473.11 mm^2}{\pi}}$$

$$D = 24.54 mm$$

Para nuestro diseño se elige un cilindro neumático de diámetro D= 32 mm el que encontramos en el mercado ecuatoriano.

En el caso del cilindro que va a sellar y cortar en forma horizontal se necesita más fuerza.

$$F = 100 kg$$

$$P_{min} = 90 \frac{lb}{pulg^2} * \frac{1 kg}{2.2 lb} * \frac{1 pulg^2}{(25.4 mm)^2}$$

$$P_{min} = 0.06341 \frac{kg}{mm^2}$$

$$P_{min} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P_{min}}$$

$$A = \frac{140 kg}{0.06341 \frac{kg}{mm^2}}$$

$$A = 1577.04 mm^2$$

El área de un cilindro es:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1577.04 mm^2}{\pi}}$$

$$D = 44.81 mm$$

Para nuestro diseño se utiliza un cilindro neumático de  $D = 50 mm$ .

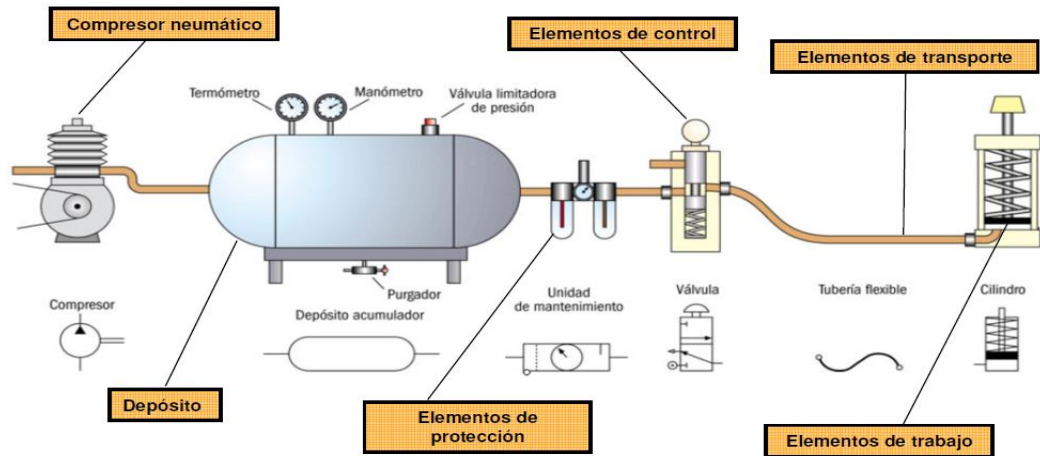
## 4.6 DISEÑO Y SIMULACION DEL SISTEMA NEUMÁTICO

La simulación del sistema neumático se realizó mediante del software FluidSIM-N de Festo.

Para realizar la simulación del sistema hidráulico debemos saber la simbología del sistema neumático a realizarse (Ver Anexo 7 ).

El software permite observar el funcionamiento de los diferentes componentes neumáticos, realizar las conexiones para tener una simulación.

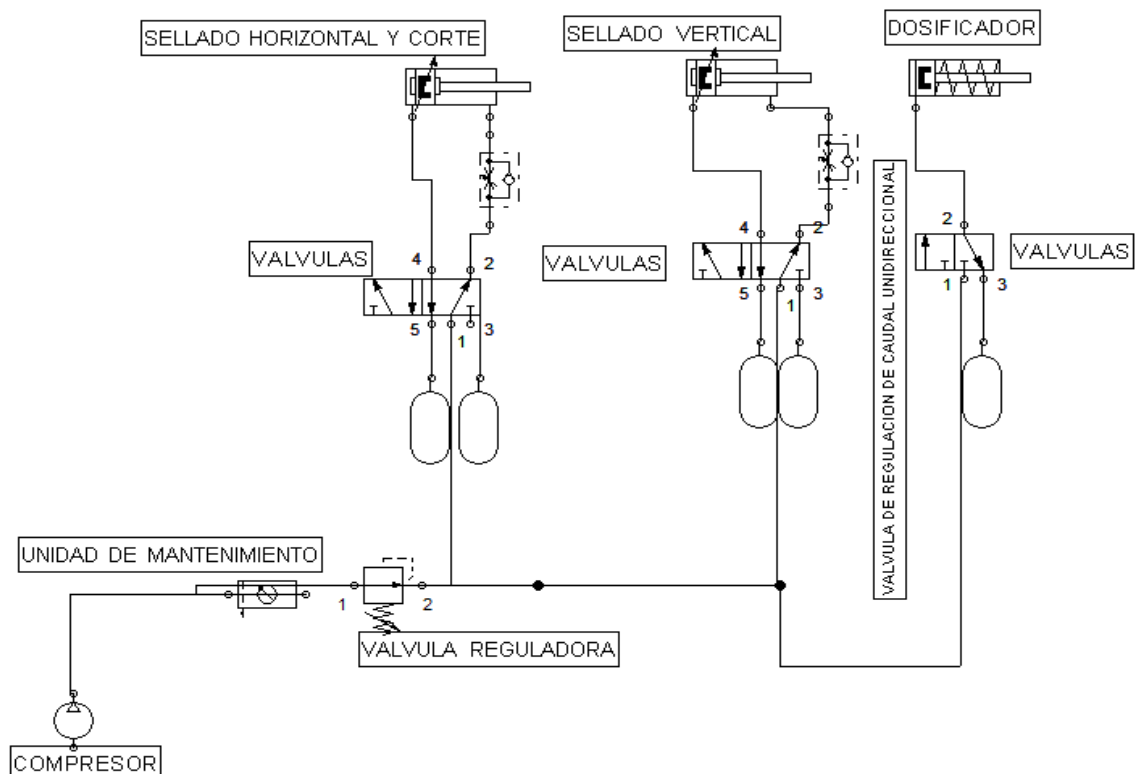
En la figura 35 se tiene las partes que debe tener un sistema neumático para que pueda funcionar.



**Figura 35.** Partes de un sistema neumático

En la figura 36 se encuentra el diseño neumático en el cual tenemos:

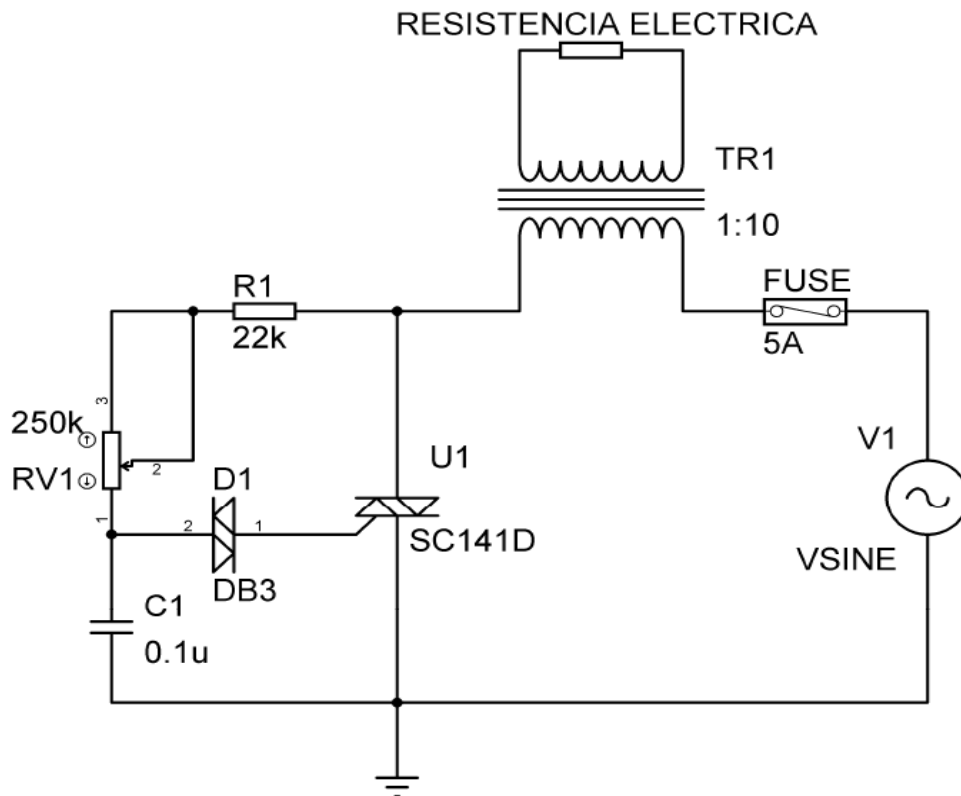
Para el sellado vertical, sellado horizontal y corte usamos cilindros neumáticos doble efecto al cual le vamos a conectar a las válvulas de regulación de caudal, luego se les conecta a la unidad de mantenimiento para después todo conectarlo al compresor.



**Figura 36.** Diseño neumático maquina enfundadora de yogur

## 4.7 DISEÑO ELÉCTRICO Y DE CONTROL

### 4.7.1 Circuito para el control de corriente.



**Figura 37.** Circuito para el control de corriente

Para controlar la corriente de salida de cada uno de los transformadores , se utiliza el circuito de la figura 37, es un circuito de control de fase directo conectado al primario de cada uno de los transformadores.

Al disminuir el voltaje RMS es posible variar la corriente eléctrica a través del primario del transformador logrando así una regulación de corriente al secundario en el cual se encuentra conectada la carga resistiva.

El circuito toma la tensión de control desde la línea de 120V a la que va conectado el primario del transformador, y forma un divisor de tensión

compuesto por el resistor R, el potenciómetro RV1 y el capacitor C1. La tensión de excitación se toma de la unión de RV1 y C1 la cual se aplica al DIAC D1.

El DIAC permite la circulación en ambos sentidos pero tiene una alta tensión de umbral (32V) y luego de este umbral una zona de resistencia negativa.

El principio del regulador es: Se sabe que la corriente del primario depende del valor medio de la señal que atraviesa en cada semiciclo, entonces, conectado dicho transformador en momentos en que ya ha transcurrido parte del semiciclo, se puede disminuir el valor medio de la corriente que circula y en consecuencia la temperatura en la resistencia eléctrica cambia.

El control de encendido del transformador está dado por el TRIAC U1, que recibe en su compuerta la señal ya tratada por RV! A través del divisor, R1, RV1 y C1.

Actuando sobre Rv1 se logra que la tensión en C1 supere los 32V, a mayor o menor ángulo de fase del semiciclo, Una vez superados los 32V en C1, el DIAC comienza a conducir, gatillando la compuerta del TRIAC hasta descargar casi por completo al capacitor C1 el cual es el fin del semiciclo, momento en el cual se vuelve a bloquear. Una vez gatillado, el TRIAC permanecerá conduciendo hasta que la tensión de línea vuelva a pasar por 0V, dejando circular corriente por el transformador durante el intervalo antes comentado.

Con el potenciómetro se regula el valor medio de la señal que enciende el transformador, manejando entonces la corriente que circula en la resistencia eléctrica.

Para el cálculo de los elementos se tiene que:

Se asume el capacitor  $C1 = 0.1\mu F$

Sabiendo que:

$$V_c = V_s (1 - e^{-t/RC})$$

Dónde:

$V_c$  = Voltaje en el capacitor

$V_s$  = Voltaje en la fuente

R = Resistencia

C = Capacitor

t = Tiempo de carga (1/f)

Despejando R queda:

$$R = \frac{f}{C \cdot \ln\left(1 - \frac{V_C}{V_S}\right)}$$

$$R = \frac{\frac{1}{60}}{0.1 \cdot 10^{-6} \cdot \ln\left(1 - \frac{32}{120\sqrt{2}}\right)}$$

$$R = 797.65 \text{ K}\Omega$$

Para dimensionar el TRIAC se toma en cuenta la corriente máxima que soporta los transformadores, las cuales son:

- 5A para el transformador de sellado y corte horizontal
- 4.5A para el transformador de sellado vertical

Por lo que se emplea un TRIAC de 120V / 8 A

Al controlar la corriente que entra en el primario, se puede variar la corriente de salida en el secundario, controlado la corriente que circula por las resistencias eléctricas se puede aumentar o disminuir el tiempo de sellado y corte de la funda.

En el caso del sellado se necesita una corriente más baja para que el plástico de la funda se pegue y no se derrita por el calor.

Para el corte de la funda debe circular una corriente mayor para lograr q la funda ya dosificada sea cortada y al mismo tiempo sellada.

#### **4.7.2 Tablero de control.**

Se ubica en la parte superior derecha de la máquina donde se encuentran todos los elementos de control y conexiones eléctricas.



Las dimensiones del tablero son de 80 x 25 x 60 cm

Se distribuyen los pulsadores, luces, switch en el tablero de control como indica la figura 35.



**Figura 38.** Diseño del tablero de control

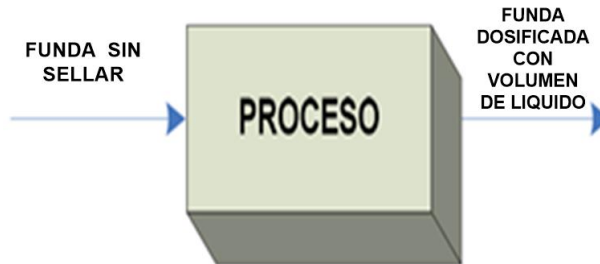
Para el encendido general de todo el sistema utilizamos un pulsador doble, el pulsador para paro de emergencia debe ser llamativo, de fácil accesibilidad, es el único pulsador que tiene auto enclavamiento al ser pulsado queda enclavado y no permite poner en funcionamiento hasta que el pulsador sea desactivado.

El encendido de la lámpara UV es un switch de dos posiciones ON/OFF.

Las luces indicadores, la de color verde indica que el sistema está prendido y funcionando correctamente, la de color rojo es cuando el sistema está sellando y cortando.

### 4.7.3 Control de la máquina

Como se observa en la figura 36 para el proceso de control de la maquina enfundadora de yogur consta en la entrada de una lámina de plástico (funda sin sellar) y su salida es una funda de yogur dosificada y sellada



**Figura 39.** Control de la máquina.

El bloque denominado PROCESO se lo divide en varios subprocesos los cuales son:

#### **Sellado vertical.**

En este subproceso ingresa la lámina de plástico al formador de acero inoxidable, al estar la maquina en funcionamiento se activan los cilindros neumáticos de doble efecto y el transformador para que el plástico sea sellado de forma vertical, obteniendo una manga plástica lista para el siguiente subproceso.

#### **Arrastre de manga plástica.**

Una vez ya obtenida la manga plástica sellada verticalmente se desactiva el cilindro y el transformador del sellado vertical, se activa el motorreductor para arrastrar a la manga formada obteniendo el tamaño de funda deseada.

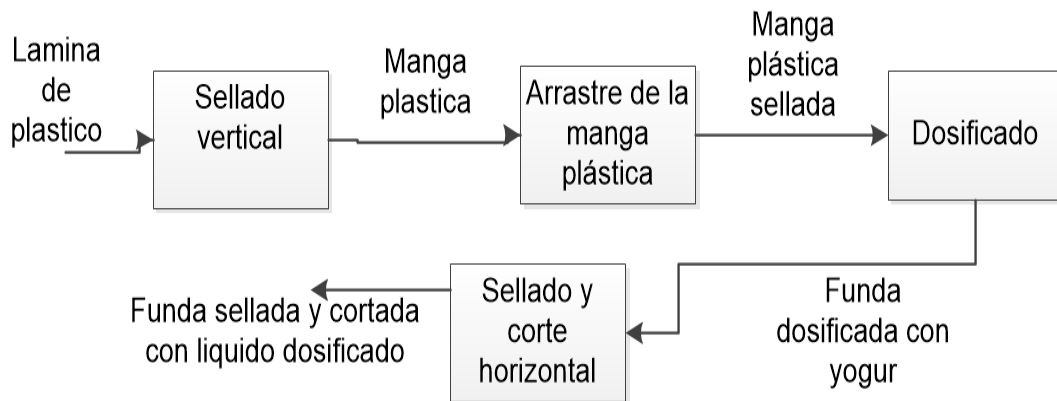
#### **Dosificado de líquido.**

Una vez ya teniendo la funda con el tamaño deseado, toca el subproceso de dosificación, en el cual se activa temporalmente el pistón de doble efecto ubicado en la parte superior de la máquina y por efecto de la gravedad cae el líquido en la funda formada.

### Sellado y corte horizontal.

Este es el último subproceso en el cual ya obtenemos el producto final, en este subproceso se activa y cilindro neumático y el transformador de sellado y corte horizontal, cuando se activa el pistón horizontal y el transformador se ejerce una presión y circula una corriente por la resistencia eléctrica lo que permite que la funda quede sellada y cortada.

En la figura 37 se observa el diagrama esquemático de los subprocesos de la maquina



**Figura 40.** Subprocesos de la maquina

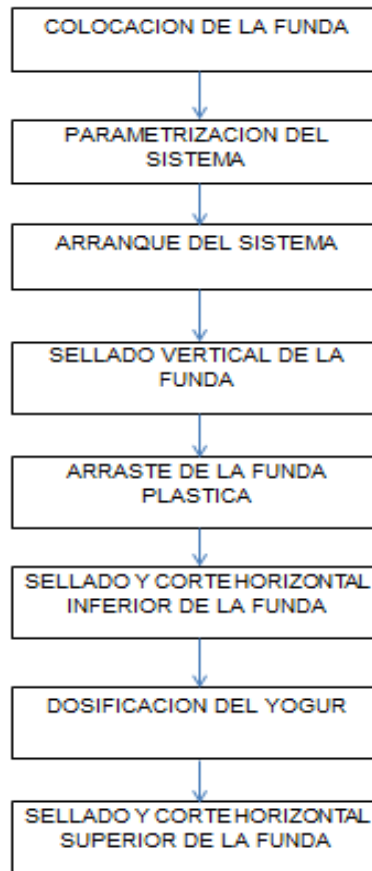
En la figura 41 se muestra el diagrama esquemático del funcionamiento de la máquina.

#### 4.7.4 Programación.

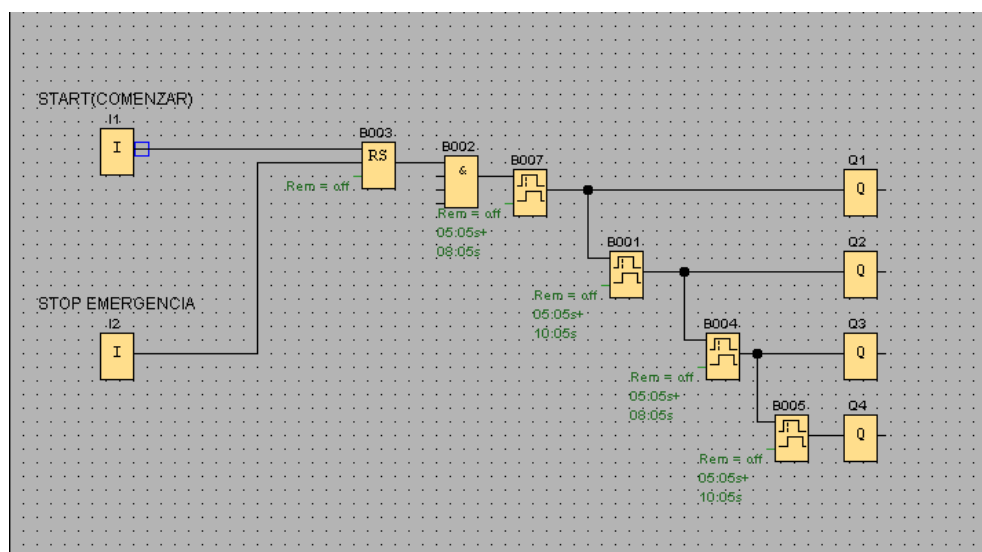
La programación y simulación del controlador se utiliza el software LOGO! Soft Comfort con el lenguaje diagrama de funciones (FUP), siendo un lenguaje gráfico en funciones y conexiones.

Establecidos los requerimientos de control en la máquina y los elementos que van a ser controlados se realiza la programación. En nuestro caso todo está siendo controlado con tiempos para lo cual tenemos que tener muy énfasis los tiempos de cada proceso para que trabaje de la mejor manera.

En la figura 42 se muestra el programa listo para ser simulado y cargado en el PLC



**Figura 41.** Diagrama funcionamiento de la maquina



**Figura 42.** Programa de control

La simulación del programa (Ver Anexo 4) se muestra todas las fases del programa.

## **4.8 INTEGRACION DE LOS SISTEMAS**

Una vez realizado todo el diseño de las partes que conforman la maquina enfundadora de yogur se integran los sistemas para realizar la construcción.

### **4.8.1 Construcción de la estructura.**

Para construir la estructura se le dibujo previamente en solid Works (Planos) (ver anexo).

Una vez cortado los perfiles estructurales en las medidas establecidas, se unen todas las piezas que conforman la estructura de la máquina. Cada columna es fijada a la base de tubo rectangular como se puede ver en la figuras 43, 44



**Figura 43.** Estructura de la maquina



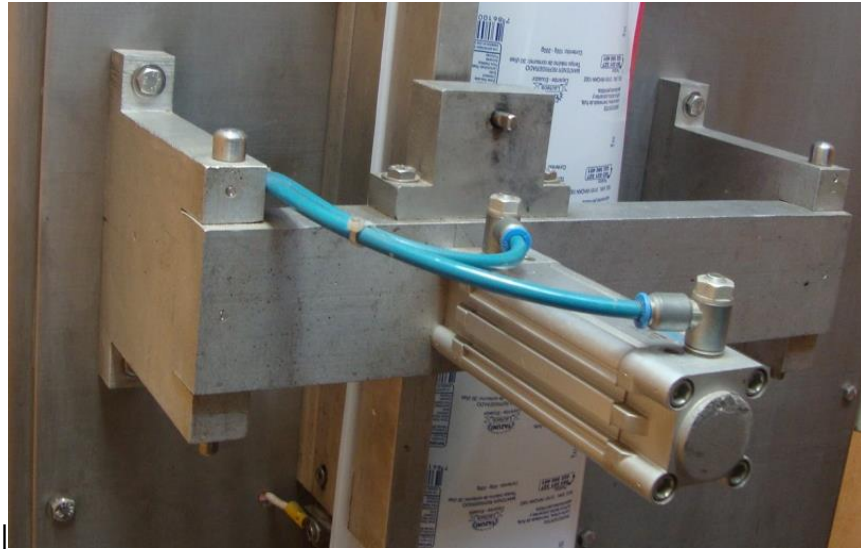
**Figura 44.** Construcción de la estructura

#### **4.8.2 Integración del sistema neumático.**

Con la estructura terminada y realizado los agujeros donde entraran los pernos se integra el sistema neumático, a los cilindros neumáticos se les ajusta con tornillos de presión para que se mantengan fijos a la estructura y no existan vibraciones como se puede ver en las figuras 45, 46.



**Figura 45.** Cilindro neumático



**Figura 46.** Sistema de sellado vertical

#### **4.8.3 Instalación del panel de control.**

Se realiza la distribución de los pulsadores y todos los mandos de control en el tablero, todo esto se lo realizo antes de la instalación del tablero en la máquina como se muestra en la figura 47.



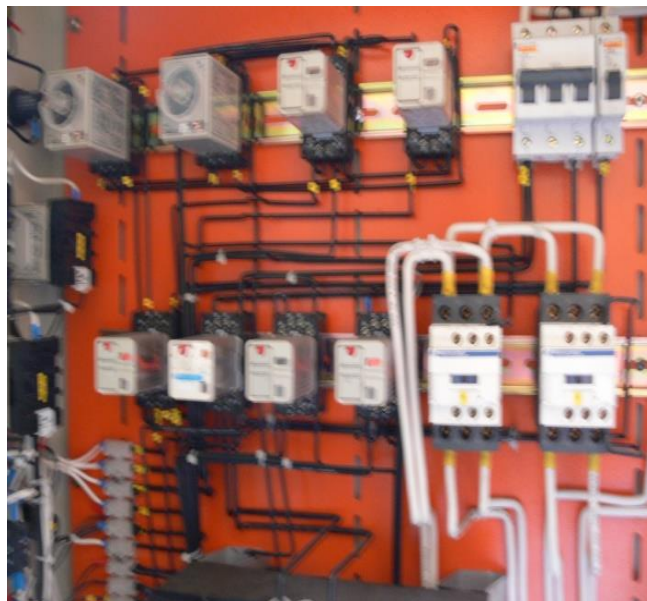
**Figura 47.** Instalación del tablero de control

Antes de colocar se cablea el tablero de control, se realizan todas las instalaciones dentro del tablero, se colocan las protecciones, temporizadores, Plc, con sus respectivas borneras como se pueden ver en las figuras 48, 49,50.

En la figura 51 se tiene la maquina enfundadora de yogur ensamblada lista para su funcionamiento.

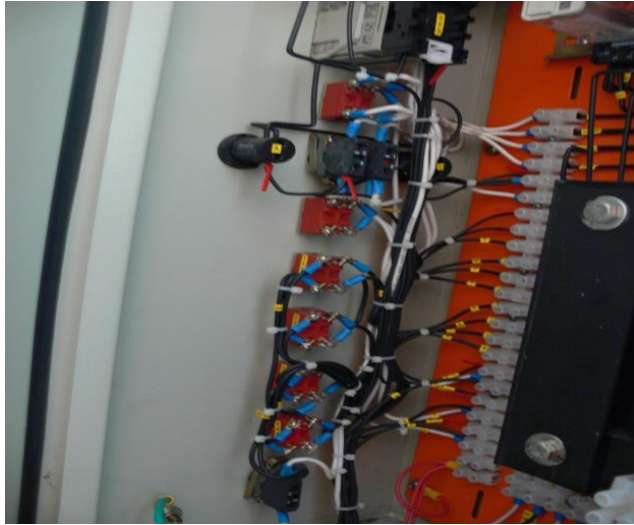


**Figura 48.** Cableado del tablero de control



**Figura 49.** Cableado elementos de control





**Figura 50.** Conexiones de los switch, pulsadores



**Figura 51.** Máquina enfundadora de yogur

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se analizará los resultados obtenidos, se realizara pruebas experimentales para el correcto funcionamiento de todos los componentes de la máquina.

## **5.1 PRUEBAS ANTES DE LA INSTALACION**

Antes de la instalación de todos los componentes en la maquina enfundadora de yogur, como también en el tablero de control se verifico las conexiones eléctricas y el funcionamiento de cada uno de los elementos a ensamblarse.

A los cilindros neumáticos se les suministro aire comprimido para ver si entra y sale el vástago, en la parte eléctrica se midió continuidad en todos los elementos que conforman (transformadores, switch, pulsadores, temporizadores), funcionamiento del plc, funcionamiento del motorreductor.

Una vez ya conectados todos los elementos de la maquina enfundadora de yogur y todos los elementos del tablero de control, se midió con un multímetro continuidad en las diferentes conexiones, una vez de que exista continuidad y este todo correcto se le prendió a la máquina para verificar que exista el voltaje necesario para el funcionamiento de todos los componentes.

Después de haber cargado el programa en el controlador, verificado que todos los elementos estén correctamente conectados, se realizó las pruebas en vacío para verificar que todo el sistema esté funcionando y los movimientos que tiene que realizar sean los adecuados.

A continuación se comprueba el funcionamiento del programa cuando activamos las salidas del Plc con las que se encienden los transformadores para el sellado vertical, sellado y corte horizontal para medir el voltaje que nos está dando a la salida, activamos las válvulas para verificar el funcionamiento de los cilindros neumáticos, el motorreductor que permite el arrastre del plástico.

El pulsador de emergencia se pone en funcionamiento, deteniendo instantáneamente todo el sistema, para establecer de nuevo se desactiva el pulsador y vuelve a su normalidad el sistema.

## **5.2 PRUEBAS DESPUES DE LA INSTALACIÓN.**

Después de que se verificó que este correctamente instalado todos los elementos para los subprocesos de la maquina se realizó pruebas de puesta en marcha de la máquina.

### **5.2.1 Pruebas de las conexiones eléctricas.**

Al estar conectados los elementos: las válvulas, los cilindros neumáticos, transformadores, circuitos de control de corriente de los transformadores y el motorreductor, se energizo al sistema para empezar con la calibración de los tiempos en cada subproceso de la máquina.

### **5.2.2 Pruebas de las válvulas y de los cilindros neumáticos.**

Luego de que se verifico que funcionan cada una de las válvulas se asegura el suministro de aire a los cilindros neumáticos encargados de suministrar el líquido y mover las prensas para el sellado.

Para verificar el funcionamiento se forzó la activación de la salida del Plc y ver si existe aire en las salidas.

Una vez que se tiene aire en las salidas conectamos los cilindros neumáticos para verificar que el vástago se expanda o contraiga.

Después de verificar que los cilindros operan correctamente se realizó los cambios en la entrada de aire para asegurar que los cilindros abran las prensas en caso de apagar la máquina.

### **5.2.3 Pruebas del circuito de control de corriente y transformadores.**

Las pruebas realizadas en los circuitos de control de corriente son para encontrar la corriente necesaria en la salida del transformador para unir el plástico de una manera homogénea.

Los valores de corrientes para que el sellado vertical es de 20 A y en el caso del sellado y corte vertical son de 30 A.

Los circuitos están conectados en el primario de los transformadores y son activados desde temporizadores que se controlan desde las salidas del PLC.

Las pruebas realizadas a los transformadores fueron conectarles sin el circuito de control de corriente en el primario y sin carga en el secundario para así medir el voltaje de salida.

#### **5.2.4 Datos obtenidos experimentalmente para la calibración del sellado.**

Las pruebas que se realizó es para determinar el tiempo necesario para que se selle y se corte la funda de la manera más óptima, lo que se hizo es variar el valor de la corriente que circula por la resistencia eléctrica y cambiar el tiempo que permanece activada la prensa por medio del cilindro neumático.

En las tablas 11, 12, 13 se muestra el tiempo utilizado para cada valor de corriente y el resultado del sellado si es bueno o malo.

**Tabla 11.** Prueba N°1 para la calibración del sellado vertical con una corriente de 15A

CORRIENTE DE 15 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Malo
3	Malo
5	Malo
7	Malo

**Tabla 12.** Prueba N°2 para la calibración del sellado vertical con una corriente de 18 A

CORRIENTE DE 18 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Malo
3	Malo
5	Bueno
7	Bueno

**Tabla 13.** Prueba N°3 para la calibración del sellado vertical con una corriente de 20 A

CORRIENTE DE 20 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Malo
2	Bueno
3	Bueno
4	Bueno

Con las pruebas que se realizó tenemos una corriente de 20 A, la cual es la necesaria y suficiente para que selle la funda de una manera homogénea sin fundir el plástico.

Para el sellado y corte horizontal se realizó las mismas pruebas pero en este caso se tiene que aumentar la corriente ya que necesitamos que selle y corte al mismo tiempo.

En las tablas 14, 15, 16 se muestra el tiempo utilizado para cada valor de corriente y el resultado del sellado si es bueno o malo.

**Tabla 14.** Prueba N°1 para el sellado y corte horizontal

CORRIENTE DE 25 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Malo
3	Malo
5	Malo
7	Malo

**Tabla 15.** Prueba N°2 para el sellado y corte horizontal

CORRIENTE DE 30 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Malo
3	Malo
5	Bueno
7	Bueno

**Tabla 16.** Prueba N°3 para el sellado y corte horizontal

CORRIENTE DE 35 A	
TIEMPO (Segundos)	Sellado
1	Bueno
2	Bueno
3	Bueno
4	Bueno

En el caso del sellado y corte horizontal de la funda la corriente debe ser mayor a la del sellado horizontal, ya que debe cortar y sellar al mismo tiempo de una manera homogénea y sin fundir la funda plástica.

### **5.2.5 Pruebas de comportamiento en una producción.**

En las tabla 17 se muestran los resultados de las pruebas realizadas para medir la cantidad de yogur dosificado por la máquina de manera continua en un tiempo de 5 minutos, la tabla contiene el número de muestra, cantidad de líquido y el error relativo obtenido para cada muestra

**Tabla 17.** Enfundado de yogur durante 5 minutos

<b>NUMERO DE MUESTRA</b>	<b>MILILITROS</b>	<b>ERROR</b>
1	110	0.1
2	102	0.02
3	100	0
4	100	0
5	101	0.01
6	101	0.01
7	98	-0,02
8	98	-0,02
9	99	-0.01
10	100	0
11	100	0
12	100	0
13	100	0
14	101	0.01
15	101	0.01
16	100	0
17	100	0
18	100	0
19	100	0
20	100	0
21	100	0
22	100	0
23	100	0
24	100	0
25	100	0
26	100	0
27	101	0.01
28	100	0



29	100	0
30	100	0
31	100	0
32	99	-0,01
33	100	0
34	100	0
35	100	0
36	100	0
37	100	0
38	100	0
39	100	0
40	100	0

### **5.3 ANALISIS DE ERRORES OBTENIDO DE LA PRODUCCION CONTINUA DE YOGUR**

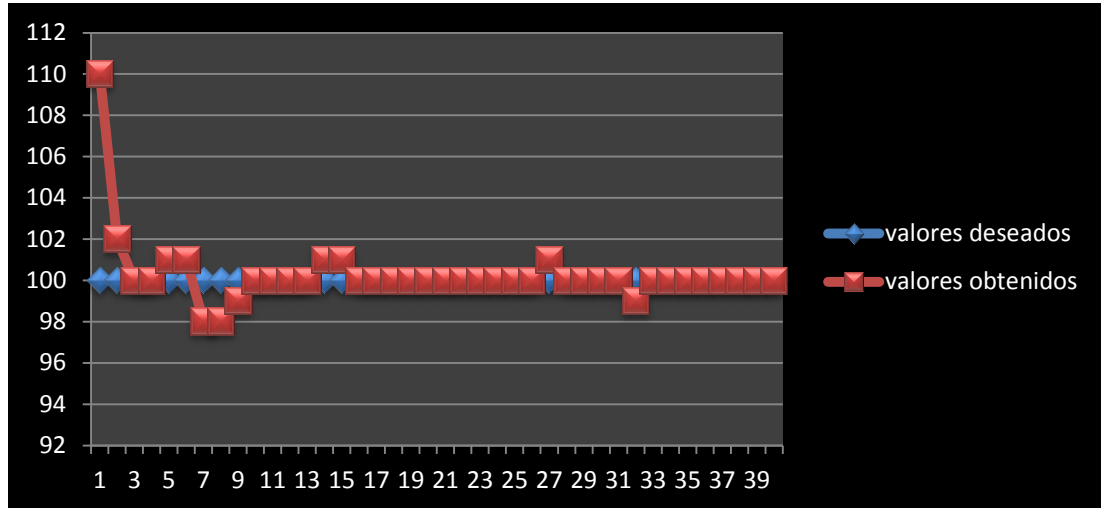
En la figura 52 se muestra el comportamiento de la muestra para una producción continua en 5 minutos.

Como se observa en la figura 52, la maquina inicia dosificando un valor de 110 ml. Hasta llegar a estabilizarse en 100ml esta variación en las primeras muestras depende a la cantidad de líquido en la tolva de alimentación, al estabilizarse el nivel de líquido en la tolva, el dosificado en la fundas de yogur se mantiene en un valor promedio de 100.2 ml.

### **5.4 VENTAJAS DE LA MÁQUINA**

Con la maquina enfundadora de yogur la industria láctea Yasuni puede maximizar su producción disminuyendo sus costos de elaboración, el desperdicio, simplificando algunos procesos, teniendo una mayor eficacia y productividad.

En la tabla 18 se muestra una tabla comparativa del enfundado manual y el sistema automático de enfundado de yogur.



**Figura 52.** Comportamiento enfundado de yogur durante 5 minutos

**Tabla 18.** Tabla comparativa.

ANTES	DESPUES	VENTAJAS
La tolva era un balde de plástico hecho un agujero en la parte de abajo para adaptarle una manguera	Tolva de acero inoxidable adaptado un cilindro neumático que permite abrir o cerrar el fluido de yogur al dosificador por gravedad.	Control exacto de la cantidad de yogur a suministrarse. Disminuye el tiempo de trabajo.
El sellado se lo realizaba por una selladora manual.	Sellado mediante prensa con resistencias térmicas y cilindros neumáticos para el movimiento de la prensa.	Disminuye el tiempo de trabajo. Disminuye el desperdicio de yogur y de fundas.
Dosificado mediante una manguera de plástico.	Dosificado por gravedad tubo de acero inoxidable,	Control exacto de la cantidad de yogur a suministrarse. Aumenta la producción en un 60%
EL proceso es manual	EL proceso es automático	El proceso es eficaz en un 80%

### 5.4.1 Costos del proyecto.

Se realiza un análisis económico de los costos del proyecto para saber el valor de la inversión.

#### 5.4.1.1 Cuadro de costos

Los costos se los divide en:

- Materiales electrónicos
- Materiales neumáticos
- Materiales mecánicos
- Otros gastos.

En la tabla 19 se detalla los elementos, piezas y materiales electrónicos que se utilizaron en la construcción del proyecto.

**Tabla 19.** Gastos de la parte eléctrica

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V.TOTAL</b>
1	Autómata programable LOGO <sub>i</sub> 230 RC	120	150
6	Luces indicadoras	6,5	39
1	pulsador emergencia	16	16
1	Pulsador doble ON/OFF	14	14
2	Disyuntores	15	30
5	Temporizadores Ah3 Camsco	30	150
1	Tarjeta	7	7
	Otros	15	15
		<b>TOTAL</b>	<b>421</b>

Los materiales neumáticos utilizados para el desarrollo del proyecto se detallan en la tabla 20.

**Tabla 20.** Gastos de la parte de neumática

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V.TOTAL</b>
4	Cilindro neumático doble efecto	74	296
2	Cilindro neumático simple efecto	55	110
1	Unidad de mantenimiento	40	40
5	Electroválvulas	35	175
15m	Manguera de poliuretano	2	30
5	Soportes	9	45
4	Silenciadores	1.90	7.60
	Otros	10	10
		<b>TOTAL</b>	<b>713.6</b>

Se detalla los elementos mecánicos utilizados para la construcción de la enfundadora de yogur en la tabla 21.

**Tabla 21.** Gastos parte mecánica

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V.TOTAL</b>
1	Tolva de alimentación	150	150
1	Tubo dosificador	70	70
1	Motorreductor	250	250
1	Gabinete Metálico	40	40
1	Estructura perfil estructural	150	150
3	Planchas de tol	110	330
		<b>TOTAL</b>	<b>990</b>

En la tabla 22 se especifican algunos gastos varios, que no encajan en ninguna de las tablas anteriores.

**Tabla 22.** Gastos varios

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V.TOTAL</b>
1	Acoplamiento del sistema	80	80
1	Otros gastos	100	100
1	Mano de obra	200	200
		<b>TOTAL</b>	<b>380</b>

Con las tablas de gastos realizados para la construcción de la máquina enfundadora de yogur el costo total aproximado es \$ 2504.6.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

- La solución apropiada para el enfundado de yogur fue un dosificador de gravedad, cilindros neumáticos para el movimiento de la prensa que tiene una resistencia térmica para el sellado y corte de la funda.
- La maniobra para los dispositivos de control es de tipo ON/OFF, estos elementos son controlados por el PLC obteniendo resultados satisfactorios para el sistema, la respuesta del sistema de control es inmediata, al momento de trabajar en la apertura y cierre de la prensa para el sellado vertical, sellado y corte horizontal, como también al momento de la dosificación de yogur. La seguridad del paro de emergencia también es de respuesta inmediata deteniendo por completo a todo el sistema.
- La máquina enfundadora de yogur no requiere de operadores con experiencia, ya que tiene un panel de control que es de fácil uso y puede ser utilizada por cualquier persona teniendo ciertas precauciones como en toda máquina.
- La máquina enfundadora de yogur cumple con todos los objetivos y alcance establecidos, optimizando el tiempo y evitando desperdicios en la producción, cada elemento de la máquina es accesible y desmontable para realizar cambios o mantenimientos.
- El diseño industrial debe siempre ser enfocado en obtener el mayor rendimiento posible de todo proceso, minimizando los recursos, aumentando la producción y la calidad del producto final.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Cambiar la tela térmica que cubren las resistencias eléctricas cada vez que el plástico se adhiera a las prensas, así se evitara que se destruya el plástico.
- Tener en cuenta la conexión de fases en el orden correcto para evitar que el arrastre de plástico producido por el motorreductor se de en sentido contrario.
- Efectuar acciones de mantenimiento preventivo de manera trimestral para alargar la vida útil de los componentes y correctiva en caso de suscitarse algún daño en alguno de los elementos de la máquina.
- Cualquier revisión, limpieza, mantenimiento se debe realizar con la maquina apagada para evitar cualquier tipo de accidentes.
- Realizar una capacitación a las personas que vayan a operar la máquina para que exista un correcto manejo con el fin de proteger los elementos y la salud integral de las personas que operan.

## **BIBLIOGRAFIA**



Antonio Creus. (oactava edicion). *Instrumentacion Industrial*.

Astimec. (2008). Recuperado el 05 de 08 de 2015, de <http://www.astimec.net/>

BKB. (2010). *maquinaria industrial*.

Bolton. (2006). Recuperado el 07 de 08 de 2015, de <http://es.slideshare.net/carlospardo01/mecatrnica-wbolton>

BOLTON. (2006). *Mecatronica SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA*. MEXICO: ALFA Y OMEGA.

BOSCHPackaging. (2009). *Ultrasonic Sealing Technology*. Recuperado el 07 de 06 de 2014, de <http://www.boschpackaging.com/en/pa/homepage/homepage.html>

Creus, A. (Octava edicion). *Instrumentacion Industrial*.

Creus, Antonio. (octava edicion). *Instrumentacion Industrial*.

Eléctrica HAMT. (2010). *Motores*. Recuperado el 03 de 07 de 2014, de <http://www.electrichamt.com/>

Festo. (2006). *Neumatica Industrial*. Colombia: Minotauro.

Festo. (2009). *Principios basicos de los motores*.

Hdrpowersystem. (2010). *Sellado termico*. Recuperado el 06 de 06 de 2014, de <http://www.hdrpower.com/>

IPAC. (2010). *Ipac Acero*. Recuperado el 06 de 07 de 2014, de <http://www.ipac-acero.com/>

MICROCHIP. (2012). *Microchip*. Recuperado el 02 de 08 de 2014, de <http://www.microchip.com/>

MOTT, R.I. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Mexico: Pearson Educacion.

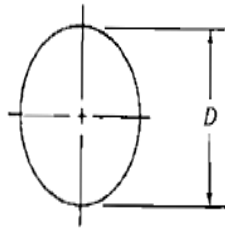
Perz cruz, Pineda sanchez, M. (2006). *Automatizacion de maniobras industriales mediante automatas programables*. Valencia.

Stamen Grigoroff. (s.f.). Recuperado el 26 de Julio de 2015, de <http://www.stamengrigorov.org/>

**ANEXOS**

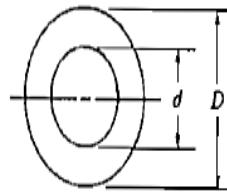
## Anexo 1. Propiedades de las Áreas.

a) Círculo



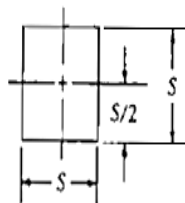
$$\begin{aligned} A &= \pi D^2/4 & r &= D/4 \\ I &= \pi D^4/64 & J &= \pi D^4/32 \\ S &= \pi D^3/32 & Z_p &= \pi D^3/16 \end{aligned}$$

b) Círculo hueco (tubo)



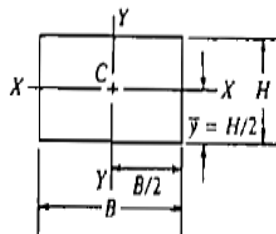
$$\begin{aligned} A &= \pi(D^2 - d^2)/4 & r &= \sqrt{D^2 + d^2}/4 \\ I &= \pi(D^4 - d^4)/64 & J &= \pi(D^4 - d^4)/32 \\ S &= \pi(D^4 - d^4)/32D & Z_p &= \pi(D^4 - d^4)/16D \end{aligned}$$

c) Cuadrado



$$\begin{aligned} A &= S^2 & r &= S/\sqrt{12} \\ I &= S^4/12 \\ S &= S^3/6 \end{aligned}$$

d) Rectángulo



$$\begin{aligned} A &= BH & r_x &= H/\sqrt{12} \\ I_x &= BH^3/12 & r_y &= B/\sqrt{12} \\ S_x &= BH^2/6 \end{aligned}$$

$A$  = área

$I$  = momento de inercia

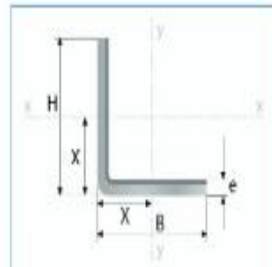
$S$  = módulo de sección

$r$  = radio de giro =  $\sqrt{I/A}$

$J$  = momento polar de inercia

$Z_p$  = módulo polar de sección

## Anexo 2. Tabla de los perfiles estructurales de IPAC



Largo Normal:  
6 metros  
Recubrimiento:  
Negro o Galvanizado  
Calidad de Acero:  
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr. 50  
Norma de Fabricación:  
NTE INEN 1623  
Espesores:  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos previa consulta

### Aplicaciones

- Conformación de elementos estructurales (cerchas).
- Torres.
- Estanterías.
- Cerrajería en general (ventanas, puertas, camas).
- Vitrinas.
- Cerramientos.
- Valles publicitarias.
- Chasis de camiones.

Designaciones			Peso	Propiedades Estáticas							
				Eje x-x				Eje y-y			
H	B	e	P	I	W	i	I	W	i	X-Y	
mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	
20	20	1,50	2,65	0,21	0,15	0,47	0,21	0,15	0,47	0,54	
		2,00	3,46	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,59	
		3,00	4,96	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,64	
25	25	1,50	3,36	0,42	0,24	0,59	0,42	0,24	0,59	0,67	
		2,00	4,40	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,72	
		3,00	6,37	0,79	0,45	0,76	0,79	0,45	0,76	0,77	
30	30	1,50	4,06	0,75	0,35	0,71	0,75	0,35	0,71	0,79	
		2,00	5,34	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	0,84	
		3,00	7,78	1,41	0,67	0,92	1,41	0,67	0,92	0,89	
40	40	1,50	5,48	1,83	0,83	0,95	1,83	0,83	0,95	1,04	
		2,00	7,23	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	1,09	
		3,00	10,61	3,50	1,22	1,25	3,50	1,22	1,25	1,14	
		4,00	13,83	4,46	1,58	1,23	4,46	1,58	1,23	1,19	
50	50	1,50	6,89	3,65	1,00	1,19	3,65	1,00	1,19	1,29	
		2,00	9,11	4,86	1,33	1,59	4,86	1,33	1,59	1,34	
		3,00	13,43	7,03	1,95	1,57	7,03	1,95	1,57	1,39	
		4,00	17,60	9,04	2,54	1,56	9,04	2,54	1,56	1,44	
75	75	2,00	13,82	24,02	4,42	1,77	24,02	4,42	1,77	2,01	
		4,00	27,02	32,03	5,89	2,36	32,03	5,89	2,36	2,06	

## Anexo 3. Características de planchas

# Planchas

- Laminada en caliente
- Laminada en frío



### Plancha laminada en caliente

**Recubrimiento:**  
Negro

**Norma de Fabricación:**  
NTE INEN 115 / ASTM A 6

**Norma de Calidad:**  
ASTM A 36 / ASTM A 588 Gr. A / ASTM A 131 Gr. A /  
ASTM A 516 Gr. 70 / ASTM A 572 Gr. 50

**Observaciones:**  
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.
mm	mm	mm	kg.
1.220	2.440	1,50	35,05
1.220	2.440	2,00	46,74
1.220	2.440	3,00	70,10
1.220	2.440	4,00	93,47
1.220	2.440	5,00	116,84
1.220	2.440	6,00	140,21
1.220	2.440	8,00	186,94
1.220	2.440	9,00	210,31
1.220	2.440	10,00	233,68
1.220	2.440	12,00	280,41

**Aplicaciones**

- Conformación de estructuras en general con elementos de alma llena (flejes).
- Fabricación de tanques.
- Estructuras de puentes.
- Estructuras de barcos.
- Camisas de pilotes.
- Encofrados.
- Placas.
- Contención de tierra.
- Plataformas.

### Plancha laminada en frío

**Recubrimiento:**  
Negro

**Norma de Fabricación:**  
NTE INEN 115

**Norma de Calidad:**  
ASTM A 36 / JIS G 3141 SPCC - 80 /  
SAF 1010

**Observaciones:**  
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Calidad
mm	mm	mm	kg.	
1.000	2.000	0,70	10,98	Embutición
1.000	2.000	0,90	14,13	
1.000	2.000	1,10	17,27	
1.000	2.000	1,40	21,96	
1.220	2.440	0,40	9,35	Comercial
1.220	2.440	0,45	10,52	
1.220	2.440	0,50	11,68	
1.220	2.440	0,60	14,02	
1.220	2.440	0,70	16,36	
1.220	2.440	0,75	17,53	
1.220	2.440	0,90	21,03	
1.220	2.440	1,10	25,70	
1.220	2.440	1,40	32,72	
1.220	2.440	2,00	46,74	

**Aplicaciones**

- Muebles metálicos en general.
- Puertas metálicas.
- Carpintería metálica.
- Tanque para almacenamiento de aceite.
- Tanques de exportación de frutas.
- Baldes para camionetas.
- Partes y piezas metálicas (abrazaderas, de línea blanca, etc).
- Rotulos.
- Señalización de tránsito.

## Anexo 4. Simulación sistema de control

The screenshot displays the LOGO!Soft Comfort software interface for simulating a control system. The main workspace shows a ladder logic diagram with two primary sections: **START (COMENZAR)** and **STOP EMERGENCIA**.

**START (COMENZAR) Sequence:**

- Input **I1** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B003**.
- Relay **B003** (normally closed contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B002**.
- Relay **B002** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B007**.
- Relay **B007** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B001**.
- Relay **B001** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B004**.
- Relay **B004** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B006**.
- Relay **B006** (normally open contact) triggers the set coil (**S**) for relay **B005**.

**STOP EMERGENCIA:**

- Input **I2** (normally open contact) triggers the reset coil (**R**) for relay **B003**.

The diagram also shows four output relays labeled **Q1**, **Q2**, **Q3**, and **Q4**, each connected to a set coil (**S**) from the corresponding relay in the sequence.

The simulation status bar at the bottom indicates **1 Cycles** and a time of **11:25:19 PM**. The Windows taskbar at the very bottom shows the date **07/03/2015** and time **18:25**.

## Anexo 5. Propiedades aceros estructurales

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21
















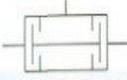


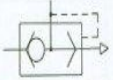






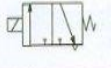
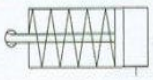
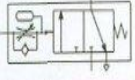
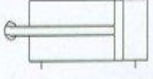



## Anexo 6. Datos técnico del Logo

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
• 115 V c.a.	10 ... 40 mA	10 ... 30 mA
• 240 V CA	10 ... 25 mA	10 ... 20 mA
• 115 V CC	5 ... 25 mA	5 ... 15 mA
• 240 V CC	5 ... 15 mA	5 ... 10 mA

Compensación de fallos de tensión		
• 115 V CA/CC	típ. 10 ms	típ. 10 ms
• 240 V CA/CC	típ. 20 ms	típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
• 115 V c.a.	1,1 ... 4,6 W	1,1 ... 3,5 W
• 240 V CA	2,4 ... 6,0 W	2,4 ... 4,8 W
• 115 V CC	0,5 ... 2,9 W	0,5 ... 1,8 W
• 240 V CC	1,2 ... 3,6 W	1,2 ... 2,4 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no

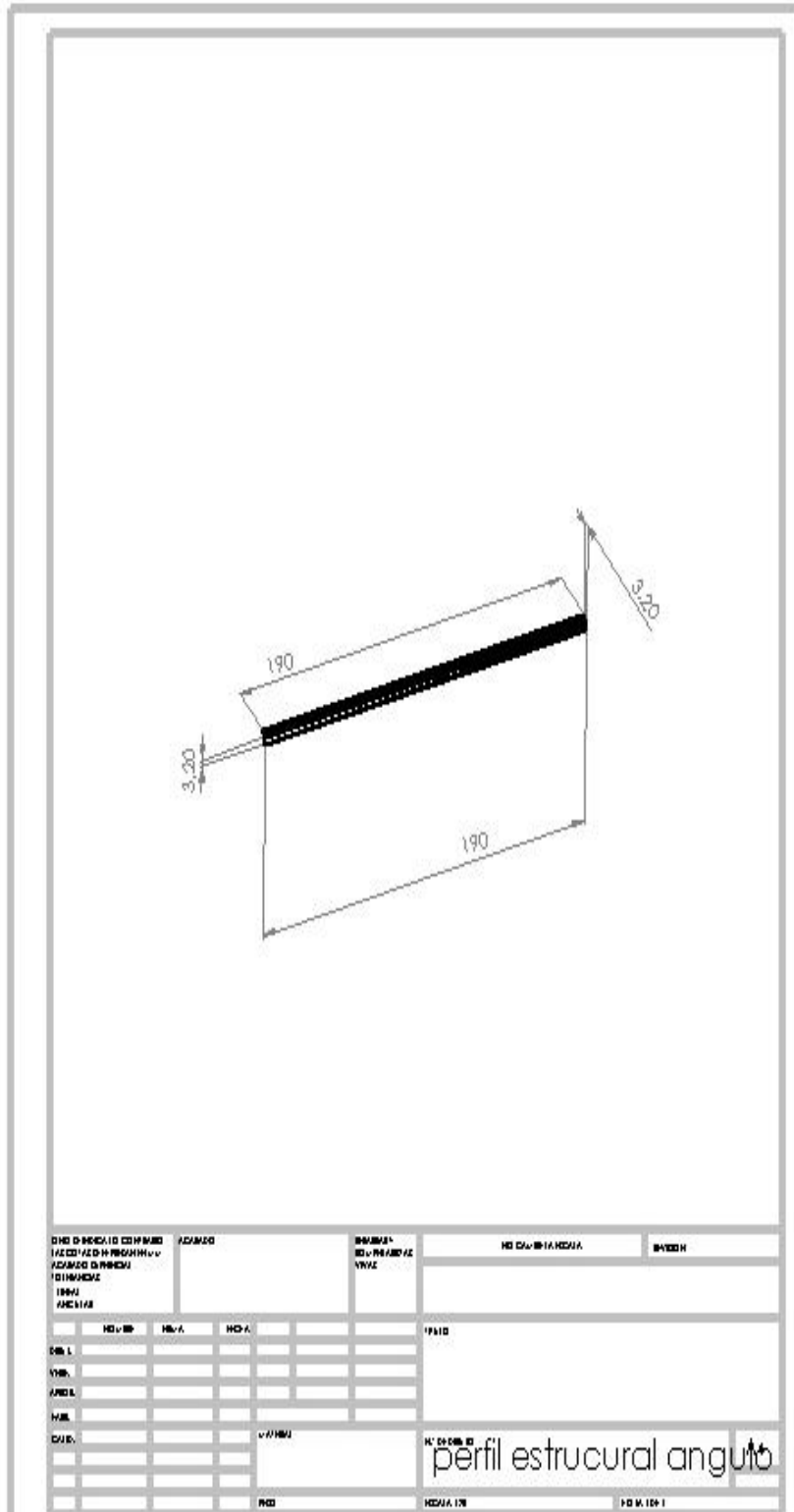
Tensión de entrada L1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<p>&lt;40 V c.a.</p> <p>&gt;79 V c.a.</p> <p>&lt; 30 V CC</p> <p>&gt; 79 V CC</p>	<p>&lt;40 V c.a.</p> <p>&gt;79 V c.a.</p> <p>&lt; 30 V CC</p> <p>&gt; 79 V CC</p>
Intensidad de entrada para		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<p>&lt;0,03 mA</p> <p>&gt;0,08 mA</p>	<p>&lt;0,03 mA</p> <p>&gt;0,08 mA</p>
Tiempo de retardo para		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• cambio de 0 a 1</li> <li>• cambio de 1 a 0</li> </ul>	<p>tip. 50 ms</p> <p>tip. 50 ms</p>	<p>tip. 50 ms</p> <p>tip. 50 ms</p>
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
<b>Salidas digitales</b>		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Corriente constante $I_{th}$	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

## Anexo 7. Símbolos neumáticos

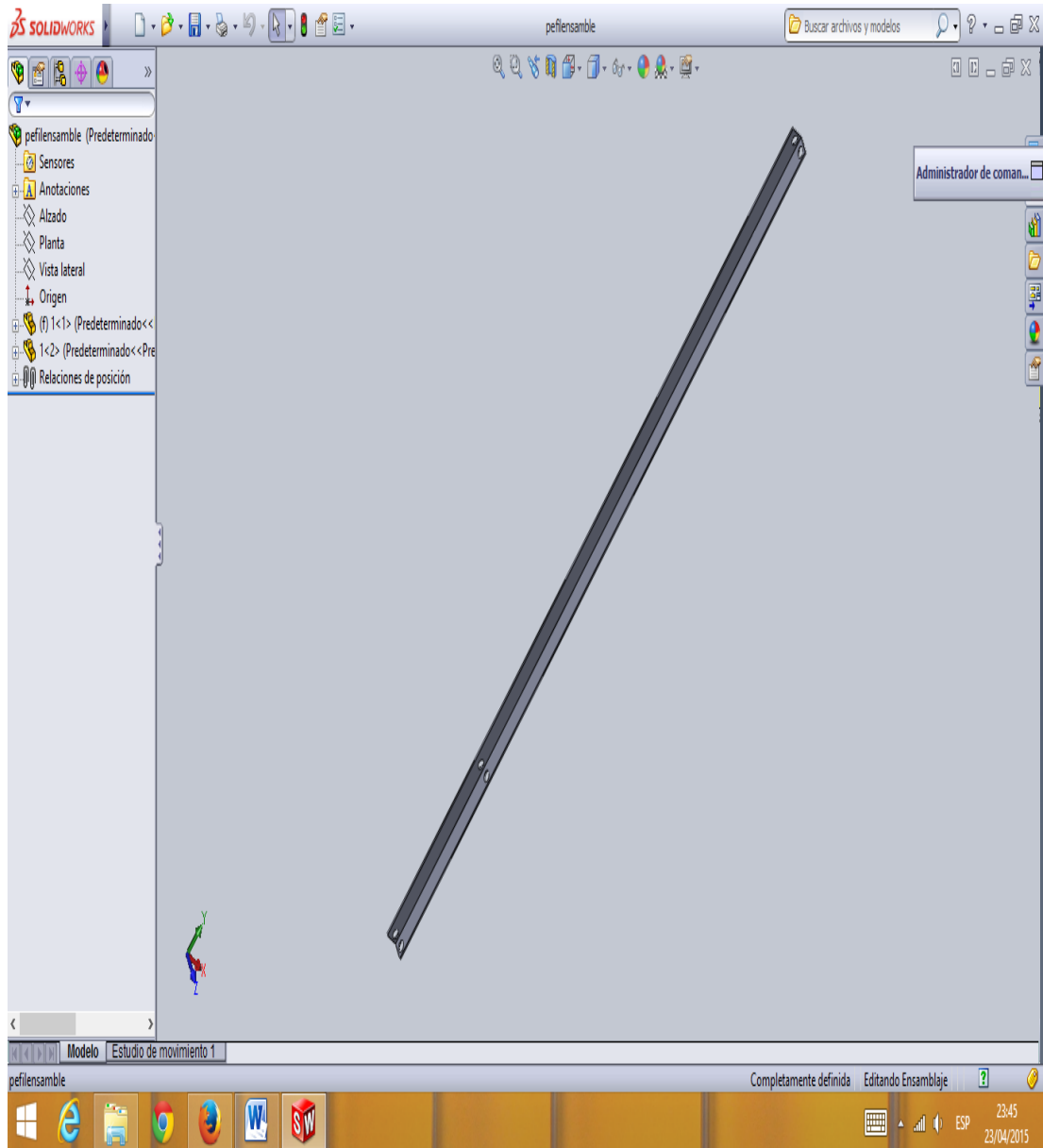
Simbología neumática			
Fuente de presión		Escape de aire	
Cruce de conducciones		Filtro	
Unidad de mantenimiento		Compresor	
Depósito de aire comprimido		Lubricador	
Separador de agua		Válvula antirretorno	
Llave de paso		Regulador unidireccional	
Regulador de caudal		Válvula de simultaneidad	
Válvula selectora de circuito		Válvula secuencial	
Válvula de escape rápido		Válvula reguladora de presión sin escape	
Válvula reguladora de presión con escape		Válvula 3/2	
Válvula 2/2 NC		Válvula 5/2	
Válvula 4/2		Electroválvula	
Cilindro de simple efecto		Temporizador neumático NC	
Cilindro de doble efecto		Válvula 4/3	
Conducción de mando		Unión entre conductores	



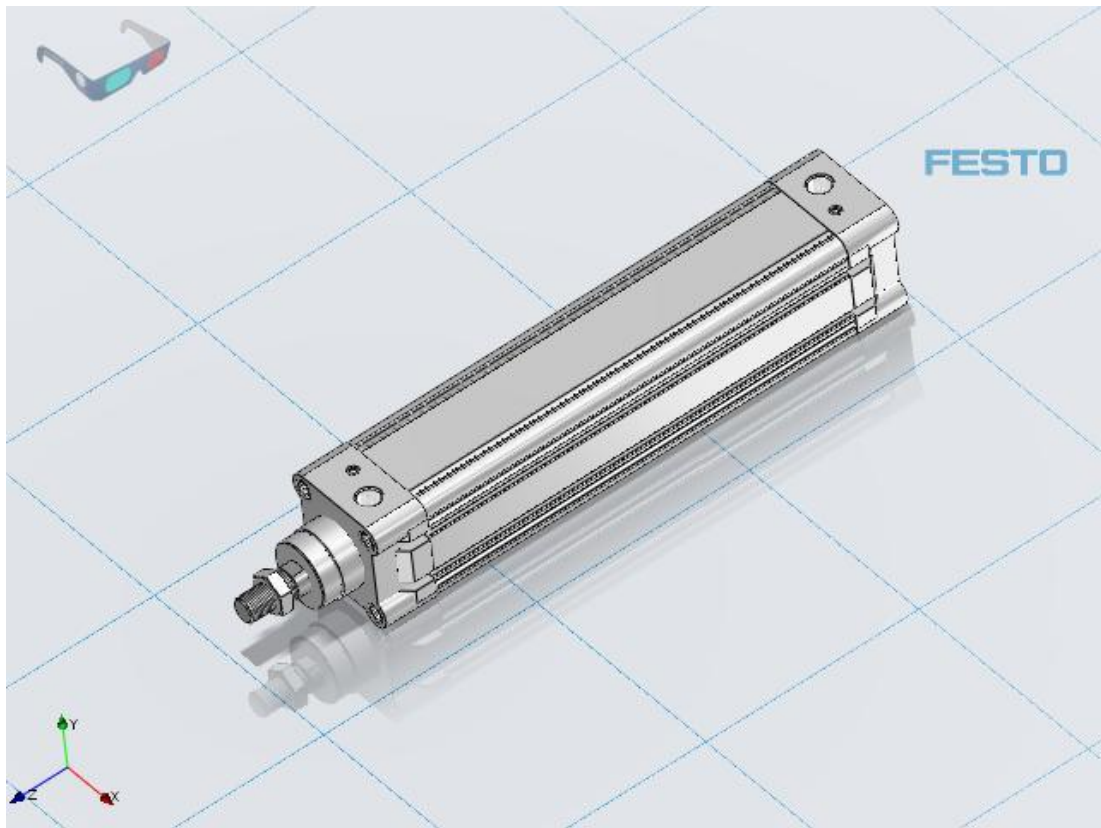
## Anexo 9. Plano perfil estructural tipo ángulo



## Anexo 10. Modelado del perfil estructural tipo ángulo.



## Anexo 11. Modelado cilindro neumático



## Anexo 12. Esquema de conexión motor trifásico.

