



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
AUTOMÁTICA DE SELLADO DE ENVASES DE YOGURT CON  
UN CONTROL HMI, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS  
LÁCTEOS AMAZONAS.**

**AUTORES:**

**EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA**

**CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON FREIRE**

**LATACUNGA**

**2017**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE SELLADO DE ENVASES DE YOGURT CON UN CONTROL HMI, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS LÁCTEOS AMAZONAS”*** realizado por los señores ***EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA*** y ***CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA*** y ***CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA*** para que lo sustenten públicamente.

**Latacunga, 25 de enero del 2017**



ING. WASHINGTON FREIRE  
DIRECTOR



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA**, con cédula de identidad N° 0502676323, y **CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA**, con cédula de identidad N° 0502974660, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE SELLADO DE ENVASES DE YOGURT CON UN CONTROL HMI, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS LÁCTEOS AMAZONAS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

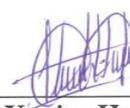
Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 25 de enero del 2017



Edwin Oliver Vilca Toaquiza

C.C.:0502676323



Cristian Xavier Herrera Herrera

C.C.:0502974660



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### AUTORIZACIÓN

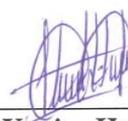
Nosotros, **EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA** y **CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE SELLADO DE ENVASES DE YOGURT CON UN CONTROL HMI, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS LÁCTEOS AMAZONAS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 25 de enero de 2017



Edwin Oliver Vilca Toaquiza

C.C.:0502676323



Cristian Xavier Herrera Herrera

C.C.:0502974660

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico primero a Dios y a la Virgen María por darme la vida y la salud, a mis padres Jorge Vilca y Rosa Toaquiza por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, por sus consejos y por la confianza que depositaron en mí, pero más que nada por su amor incondicional.

A mis hermanas Janeth, Pilar, y Fernanda que han sido una fuente inagotable de cariño, apoyo incondicional y comprensión quienes han estado en los momentos buenos y malos durante el transcurso de mi carrera universitaria.

**Oliver.**

La elaboración de este trabajo lo dedico al ser supremo Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor; a mis padres William y Marisol pilares fundamentales en mi vida por sus ejemplos de perseverancia y constancia, por sus consejos, valores inculcados, por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien; mis hijos Matías y Anthony que me enseñaron un amor que no conocía, amor que impulso a cumplir este objetivo; mi esposa Helen por su amor y apoyo incondicional; mis hermanas Erika y Mayra que fueron ejemplo de superación, cada una supo agregar su cualidad apoyándome de muchas formas en todo lo realizado; mis abuelitos y familiares que supieron apoyarme.

**Cristian**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de una manera muy especial a toda mi familia en general quienes siempre confiaron en mí y supieron darme palabras de aliento para seguir adelante.

A mis tutores de tesis Ing. Washington Freire e Ing. Oscar Arteaga por la acertada dirección en la realización de este proyecto.

A mis compañeros y amigos con los que he compartido grandes momentos en esta etapa de la vida.

**Oliver**

Gracias a Dios ser supremo que me ha guiado por todo el camino de la felicidad y por su infinito amor, a toda mi familia por su apoyo incondicional en todo momento en especial a mi madre Marisol más que madre es mi amiga la cual me apoyo y motivo en toda la formación académica, creyendo en mí en todo momento no dudando de mis habilidades.

A los ingenieros quienes con sus conocimientos y colaboraciones hicieron posible la culminación de este proyecto de tesis; Ing. Washington Freire, Ing. Oscar Arteaga, Ing. Freddy Salazar.

Agradeciendo a la empresa “LACTEOS AMAZONAS” quienes confiaron en nuestros conocimientos haciendo posible la culminación de la tesis.

**Cristian**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xx</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxii</b>

## CAPÍTULO I

<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Sistema de sellado .....	2
1.2.1. Tipos de selladoras .....	3
a. Sellado por Ultrasonidos .....	3
b. Sellado por Inducción .....	4
c. Selladora de Calor .....	5
1.3. Proceso de sellado .....	6
1.3.1. Manual .....	6
1.3.2. Automático .....	6
a. Control con PLC's .....	7
b. Control Electromecánico .....	7

1.4.	Higiene en la manipulación de líquidos de consumo humano.....	8
1.4.1.	Requerimiento sanitario para la manipulación de bebidas destinado al consumo humano .....	8
a.	Etiqueta del Producto.....	8
b.	Personal.....	9
c.	Infraestructura.....	9
d.	Equipos y utensilios.....	9
e.	Materia prima.....	10
1.4.2.	Elaboración y proceso.....	10
1.4.3.	Materiales empleados en el manejo de bebidas destinadas para el consumo humano .....	10
a.	El Hierro.....	11
b.	Aluminio .....	11
c.	Aceros .....	12
d.	Bronce .....	15
e.	Duralón .....	16
1.4.4.	Criterios para la selección de aceros inoxidable. ....	17
1.4.5.	Rodamientos .....	18
1.4.6.	Tipos de rodamientos .....	19
1.4.7.	Clasificación según el funcionamiento .....	19
a.	Rodamientos para cargas radiales .....	20
b.	Rodamientos para cargas axiales .....	20
c.	Rodamientos para cargas mixtas.....	21
1.4.8.	Condiciones de funcionamiento de los rodamientos .....	22
a.	Árbol que gira en un soporte fijo .....	22
b.	Eje fijo-alojamiento giratorio.....	22
c.	Condiciones de funcionamiento indeterminado.....	22

1.5.	Uniones y acoples .....	23
1.5.1.	Uniones con pernos y tuercas. ....	23
1.5.2	Uniones soldadas. ....	23
1.5.3.	Soldadura de los aceros inoxidables .....	24
1.5.4.	Proceso para soldar acero inoxidable.....	25
a.	Soldadura con arco protegido con gas inerte .....	25
1.6.	Transmisores de potencia mecánica.....	26
1.6.1.	Características de los tipos de transmisiones. ....	27

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA .....</b>	<b>28</b>
2.1.	Introducción .....	28
2.2.	Parámetros de diseño .....	28
2.3.	Diseño conceptual de la máquina selladora .....	30
2.4.	Diseño del sistema para el suministro de envases .....	31
2.4.1.	Diseño de la estructura soporte para los envases .....	32
2.4.2.	Diseño del brazo dosificador de envases .....	35
2.4.3.	Selección del cilindro neumático del dosificador .....	35
2.5.	Diseño del sistema para el suministro y la colocación del foil .....	37
2.5.1.	Diseño del cilindro contenedor de los discos de foil .....	38
2.5.2.	Selección de la ventosa de sujeción por vacío .....	39
2.5.3.	Selección del actuador neumático giratorio .....	40
2.5.4.	Selección del cilindro neumático de elevación .....	41
2.5.5.	Diseño de la estructura del sistema de colocación del foil .....	43
2.6.	Diseño del sistema de termo-sellado.....	43
2.6.1.	Selección del cilindro neumático para el sellado.....	44

2.6.2.	Diseño de la estructura soporte del sistema de sellado .....	45
2.7.	Diseño del sistema de despacho de los envases sellados .....	45
2.7.1.	Selección del cilindro neumático de elevación .....	46
2.7.2.	Diseño del brazo de empuje .....	48
2.7.3.	Selección del motor neumático .....	52
2.8.	Diseño del sistema de transportador rotativo .....	53
2.8.1.	Diseño del plato circular perforado .....	54
2.8.2.	Diseño del eje de giro .....	54
2.8.3.	Diseño del mecanismo de cruz de malta .....	57
2.8.4.	Selección del moto-reductor .....	59
2.8.5.	Análisis de esfuerzos en la estructura soporte .....	60
2.9.	Modelado de la máquina selladora .....	60
2.10.	Diseño del circuito neumático .....	61
2.10.1.	Selección de componentes adicionales para el circuito neumático .....	62
a.	Selección de la unidad de mantenimiento (FRL) .....	62
b.	Selección de electroválvulas .....	62
c.	Selección de conectores .....	63
d.	Selección de la tubería de conexión .....	63
e.	Selección del generador de vacío .....	63
2.11.	Diseño del sistema eléctrico y control .....	63
2.11.1.	Selección del motor reductor .....	64
2.11.2.	Selección de luces indicadores .....	65
2.11.3.	Selección del selector .....	66
2.11.4.	Selección del pulsador de paro de emergencia .....	67
2.11.5.	Selección de sensores .....	67
2.11.6.	Selección del contactor .....	70

2.11.7. Selección de relés.....	71
2.11.8. Selección del variador de frecuencia. ....	72
2.11.9. Selección del panel operador. ....	73
2.11.10. Selección del PLC.....	74
2.11.11. Selección de la protección del alimentador.....	75
2.12. Diseño del sistema de control de temperatura del sellador.....	77
2.12.1. Selección del control de temperatura. ....	77
2.12.2. Selección de la termocupla. ....	78
2.12.3. Selección de la niquelina. ....	78

### **CAPÍTULO III**

<b>3. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA SELLADORA AUTOMÁTICA DE VASOS DE YOGURT .....</b>	<b>80</b>
3.1. Componentes de la máquina .....	80
3.1.1. Estructura .....	80
a. Soldadura y ensamblaje de los tubos de la mesa. ....	81
3.1.2. Mecanismo de giro.....	82
a. Cruz de malta o rueda de ginebra .....	82
b. Eje motriz.....	83
c. Rodamientos. ....	84
d. Moto reductor.....	84
e. Construcción del plato giratorio.....	85
f. Construcción de los anillos de soporte de los vasos. ....	86
3.1.3. Sistema dispensador de vasos .....	86
a. Anillos.....	87
b. Varillas.....	87

c.	Placa de Apoyo. ....	88
d.	Placa Base .....	88
e.	Sujetador de Vasos.....	89
3.1.4.	Sistema Movimiento de la Ventosa. ....	89
a.	Sujetador de foil.....	90
b.	Eje Ventosa.....	91
c.	Sujetador de ventosa. ....	91
d.	Ventosa. ....	92
e.	Actuador giratorio lateral.....	92
f.	Guía actuador giratoria. ....	93
g.	Base actuador giratoria. ....	93
h.	Bocín actuador giratorio. ....	93
3.1.5.	Sistema de sellado.....	94
a.	Eje.....	95
b.	Resortes.....	95
c.	Placa.....	96
d.	Bocín guía .....	96
e.	Base.....	96
3.1.6.	Base resortes .....	97
a.	Cabeza niquelina o Sellador.....	97
b.	Pistón.....	98
3.1.7.	Sistema de salida de vasos .....	98
a.	Placa base salida de vasos.....	99
b.	Pistones .....	99
c.	Base de duralón.....	99
d.	Brazo.....	99

3.2.	Implementación del sistema neumático. ....	100
3.2.1.	Instalación de la unidad de mantenimiento. ....	100
3.2.2.	Instalación de electroválvulas. ....	101
3.2.3.	Instalación de los diferentes actuadores neumáticos. ....	101
a.	Disposición de cilindro neumático del dispensador de vasos. ....	101
b.	Disposición de cilindro neumático ascensor y actuador giratorio. ....	102
c.	Disposición del cilindro neumático de doble efecto para el sellador. ....	103
d.	Disposición de los cilindros neumáticos que realiza el sistema de expulsión del producto sellado. ....	103
3.2.4.	Conexión de equipos neumáticos. ....	104
3.3.	Construcción y montaje del sistema eléctrico y de control. ....	105
3.3.1.	Instalación y montaje del tablero de control. ....	105
3.3.2.	Instalación y montaje del tablero eléctrico. ....	105
a.	Montaje de los componentes eléctricos. ....	106
b.	Montaje del sensor inductivo. ....	107
c.	Montaje del sensor óptico. ....	107
d.	Montaje de los finales de carrera. ....	108
3.4.	Diseño de programación del PLC. ....	109
3.4.1.	Reconocimiento de señales. ....	109
a.	Señales de entrada. ....	109
b.	Señales de salida. ....	109
3.4.2.	Conexión del PLC. ....	110
3.4.3.	Software de programación del PLC. ....	110
3.5.	Diseño e implementación del sistema HMI. ....	112
3.5.1.	Configuración del software OP20 Edit Tool. ....	112
3.5.2.	Programación del panel operador. ....	114

a.	Pantalla N° 1.....	114
b.	Pantallas N° 2 y 3.....	115
c.	Pantallas N° 4 y 5.....	115

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....</b>	<b>117</b>
4.1.	Pruebas en el sistema mecánico.....	117
4.2.	Pruebas del sistema neumático.....	118
4.3.	Pruebas en el sistema eléctrico y de control.....	118
4.4.	Pruebas del sellado.....	119

#### **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>120</b>
5.1.	Análisis de costos.....	120
5.1.1.	Costo del sistema mecánico.....	121
5.1.2.	Costo del Sistema eléctrico y de control.....	121
5.2.	Costo del sistema neumático.....	122
5.3.	Inversión Inicial.....	123
5.3.1.	Análisis de producción antes del proyecto.....	124
5.4.	Flujos de caja.....	124
5.4.	Valor actual neto (VAN).....	127
5.5.	Tasa interna de retorno (TIR). .....	128

#### **CAPÍTULO VI**

<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
6.1.	Conclusiones.....	130

6.2. Recomendaciones. ....	131
----------------------------	-----

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 132**

**ANEXOS..... 135**

ANEXO A.	Planos Mecanicos.
ANEXO B.	Características tecnicas de los cilindros neumaticos suministrados por la fabrica auspiciante del proyecto.
ANEXO C.	Características tecnicas de los componentes para el circuito neumatico
ANEXO D.	Características tecnicas de los componentes del circuito eléctrico y de control.
ANEXO E.	Manual de operación y mantenimiento.
ANEXO F.	Programación del PLC.
ANEXO G.	Diagramas eléctricos.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sellos de una sola pieza utilizados en la industria alimenticia. ....	2
Figura 2. Sello de 2 piezas unidas por cera utilizados para productos volátiles o agresivos. ....	3
Figura 3. Partes de una selladora por ultrasonido. ....	4
Figura 4. Selladora de Inducción. ....	4
Figura 5. Selladora por Calor Manual. ....	5
Figura 6. Presentación del Duralón. ....	16
Figura 7. Esquema de la distribución de esfuerzos principales en elementos mecánico. ....	17
Figura 8. Partes de un rodamiento. ....	18
Figura 9. Rodamiento para carga radial. ....	20
Figura 10. Rodamiento para carga axial. ....	21
Figura 11. Rodamientos para Cargas Mixtas. ....	21
Figura 12. Zonas de soldadura. ....	24
Figura 13. Soldadura TIG. ....	26
Figura 14. Dimensiones de los envases de 150 ml. ....	30
Figura 15. Diseño conceptual de la máquina selladora. ....	31
Figura 16. Sistema para el suministro de envases. ....	32
Figura 17. Envases apilados verticalmente. ....	33
Figura 18. Estructura soporte para los envases. ....	34
Figura 19. Brazo dosificador de envases. ....	35
Figura 20. Sistema para el suministro y la colocación del foil. ....	37
Figura 21. Cilindro contenedor de los discos de foil. ....	38
Figura 22. Ventosa de sujeción por vacío ESG. ....	39
Figura 23. Cargas sobre el actuador neumático giratorio. ....	40
Figura 24. Cargas sobre el cilindro para posicionamiento vertical. ....	41
Figura 25. Sistema de termo-sellado. ....	44
Figura 26. Cilindro neumático de sellado. ....	45
Figura 27. Sistema para despacho de los envases sellados. ....	46
Figura 28. Cargas sobre el cilindro neumático de elevación. ....	47

Figura 29. Brazo de empuje .....	49
Figura 30. Cargas sobre el brazo de empuje .....	50
Figura 31. Sistema de transportador rotativo .....	53
Figura 32. Cargas que actúan sobre el plato circular perforado.....	54
Figura 33. Propiedades físicas del sistema de transportador rotativo .....	55
Figura 34. Eje de giro.....	57
Figura 35. Mecanismo de cruz de malta .....	58
Figura 36. Ensamblaje completo de la máquina selladora.....	61
Figura 37. Circuito neumático.....	62
Figura 38. Motor reductor.....	65
Figura 39. Luz piloto Camsco.....	66
Figura 40. Selector de llave Camsco.....	66
Figura 41. Pulsador tipo hongo .....	67
Figura 42. Conexión del sensor.....	68
Figura 43. Conexión del sensor.....	69
Figura 44. Final de carrera tipo rodillo .....	70
Figura 45. Final de carrera tipo palanca.....	70
Figura 46. Del contactor Schneider.....	71
Figura 47. Relé Camsco .....	72
Figura 48. Del variador y su diagrama de conexión .....	73
Figura 49. Panel operador OP320-A Xinje.....	74
Figura 50. PLC XC3-32RT-E Xinje .....	75
Figura 51. Interruptor termo magnético 2P.....	77
Figura 52. Controlador de temperatura Watlow EZ- ZONE.....	77
Figura 53. Termocupla tipo J .....	78
Figura 54. Dimensiones de la niquelina.....	79
Figura 55. Tipo de niquelina .....	79
Figura 56. Estructura o Mesa .....	81
Figura 57. Equipo de soldadura utilizado.....	81
Figura 58. Mecanismo de movimiento intermitente.....	83
Figura 59. Mecanismo de movimiento intermitente .....	83
Figura 60. Eje principal motriz.....	83

Figura 61. Moto reductor. ....	84
Figura 62. Plato giratorio. ....	85
Figura 63. Dimensiones del plato rotativo. ....	86
Figura 64. Anillos .....	86
Figura 65. Dispensador de vasos.....	87
Figura 66. Varilla. ....	88
Figura 67. Placa de Apoyo. ....	88
Figura 68. Placa Base.....	89
Figura 69. Sujetador de Vasos. ....	89
Figura 70. Sistema Movimiento de la Ventosa. ....	90
Figura 71. Sujetador de Foil.....	91
Figura 72. Eje Ventosa.....	91
Figura 73. Sujetador Ventosa.....	92
Figura 74. Ventosa .....	92
Figura 75. Actuador giratorio lateral.....	92
Figura 76. Guía actuador giratorio. ....	93
Figura 77. Base actuador giratorio. ....	93
Figura 78. Bocín.....	94
Figura 79. Sistema de Sellado .....	95
Figura 80. Eje .....	95
Figura 81. Resortes. ....	96
Figura 82. Base .....	96
Figura 83. Base resortes. ....	97
Figura 84. Cabeza niquelina o sellador. ....	97
Figura 85. Pistón .....	98
Figura 86. Base salida de vasos. ....	98
Figura 87. Brazo votador de vasos.....	100
Figura 88. Montaje de la unidad de mantenimiento.....	100
Figura 89. Montaje de las electroválvulas.....	101
Figura 90. Montaje del cilindro neumático dispensador de vasos .....	102
Figura 91. Montaje del cilindro de doble efecto y actuador giratorio.....	102
Figura 92. Montaje del cilindro neumático sellador .....	103

Figura 93. Montaje de los cilindros que hacen el trabajo de expulsión del vaso sellado.....	104
Figura 94. Conexión de elementos neumático. ....	104
Figura 95. Montaje del tablero de control.....	105
Figura 96. Montaje del tablero eléctrico. ....	106
Figura 97. Montaje y distribución de los componentes eléctricos.....	106
Figura 98. Montaje del sensor inductivo.....	107
Figura 99. Montaje del sensor óptico.....	108
Figura 100. Montaje de los finales de carrera. ....	108
Figura 101. Conexión del PLC.....	110
Figura 102. Pantalla de inicio del software del XCP Pro V3.3C .....	111
Figura 103. Programación del PLC.....	111
Figura 104. Cable de transferencia de datos de PC- PLC o viceversa.....	112
Figura 105. Icono del software OP20 Edit Tool. ....	112
Figura 106. De pantalla de inicio del Software.....	113
Figura 107. Selección del modelo del panel operador. ....	113
Figura 108. Selección del PLC.....	114
Figura 109. Pantalla de selección manual o automático. ....	114
Figura 110. Pantalla que corresponde cuando la máquina trabaja en forma manual. ....	115
Figura 111. Pantalla que corresponde cuando la máquina trabajar en forma automática.....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Designación numérica “AISI” de aceros inoxidable.....	15
Tabla 2. Gases recomendados para cada material.....	25
Tabla 3. Características de los tipos de transmisores de potencia mecánica .....	27
Tabla 4. Características de los cilindros neumáticos seleccionados para realizar el proceso de sellado. ....	52
Tabla 5. Nivel de voltaje que proporciona la empresa auspiciante del proyecto. ....	63
Tabla 6. Características de motor.....	64
Tabla 7. Características del reductor.....	65
Tabla 8. Características de las luces piloto .....	66
Tabla 9. Características del pulsador tipo hongo. ....	67
Tabla 10. Características técnicas .....	68
Tabla 11. Características técnicas .....	69
Tabla 12. Especificaciones del final de carrera tipo rodillo.....	69
Tabla 13. Especificaciones del final de carrera tipo palanca .....	70
Tabla 14. Características del contactor. ....	71
Tabla 15. Características de los relés de DC.....	72
Tabla 16. De características del variador .....	73
Tabla 17. De características de panel operado. ....	74
Tabla 18. Características técnicas del PLC XC3-32RT-E .....	75
Tabla 19. Consumo de las cargas .....	76
Tabla 20. Características técnicas del interruptor termo-magnético 2 polos .....	76
Tabla 21. Características de la termocupla tipo J.....	78
Tabla 22. Descripción de las señales de entrada. ....	109
Tabla 23. De salida Descripción de señales. ....	110
Tabla 24. Costos del sistema mecánico. ....	121
Tabla 25. Costos del sistema eléctrico y control.....	122
Tabla 26. Costos del sistema neumático. ....	122
Tabla 27. Costo total de materiales directos de la máquina.....	123
Tabla 28. Costo total de mano de obra directa e indirecta. ....	123
Tabla 29. Costo total de la máquina (Inversión inicial). ....	123

Tabla 30. Flujo de cajas sin proyecto.....	125
Tabla 31. Flujo de cajas con proyecto.....	126

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño y construcción de una máquina automática de sellado envases de yogurt con un control HMI como solución al problema presentado en la línea de sellado de los vasos de yogurt de la fábrica de PRODUCTOS LÁCTEOS AMAZONA. El objetivo principal de esta máquina es sellar los vasos estándar de yogurt en diferentes tamaños, con una capacidad de 15 envases por minuto cuya producción requiere que la manipulación sea mínima. El diseño de los componentes del sistema mecánico se empleó el software SolidWorks Simulation, el cual utiliza técnicas de análisis por elementos finitos, en efecto se comprobó que todos los componentes mecánicos alcancen un adecuado Factor de Seguridad, con lo cual asegura que no fallen al someterlos a cargas específicas. Los actuadores neumáticos se dimensionaron de acuerdo con las cargas determinadas a partir de un estudio de movimiento en SolidWorks Motion. También se dimensionaron y seleccionaron elementos de alimentación, entrada y maniobra. El circuito neumático fue simulado en el software Festo FluidSIM V3.6. El sistema eléctrico – electrónico de la máquina incorpora todos los dispositivos que permiten comandar la secuencia de activación de las electroválvulas, y el motor reductor. Se implementó una interface Hombre Máquina (HMI) para establecer el dialogo entre el operador y la máquina. Una vez construida las diversas partes de la máquina y ensambladas las mismas, se procede a realizar las pruebas de cada sistema, luego la pruebas de todos los sistemas al mismo tiempo con sus respectivas calibraciones necesarias para un adecuado funcionamiento. Por último se realizó un análisis económico, el cual muestra una valoración de la inversión económica comparada con los beneficios obtenidos por la construcción y utilidad de la máquina.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS AMAZONAS**
- **SELLADORA DE VASOS DE YOGURT**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **MÁQUINAS - SISTEMA ELÉCTRICO**

## SUMMARY

The present project consists of the design and construction of an automatic yogurt container sealing machine with an HMI control as a solution to the problem presented in the yogurt cup sealing line of the AMAZONA PRODUCTS factory. The main objective of this machine is to seal the standard yogurt cups in different sizes, with a capacity of 15 containers per minute whose production requires that the manipulation is minimal. The design of the components of the mechanical system was used the software SolidWorks Simulation, which uses techniques of analysis by finite elements, in effect it was verified that all the mechanical components reach a suitable Factor of Security, which ensures that they do not fail to submit them To specific loads. The pneumatic actuators were dimensioned according to loads determined from a motion study in SolidWorks Motion. Also, power, input and maneuver elements were dimensioned and selected. The pneumatic circuit was also simulated in Festo FluidSIM V3.6 software. The electrical - electronic system of the machine incorporates all the devices that allow to command the sequence of activation of the solenoid valves, and the reducing motor. A Human Machine Interface (HMI) was also implemented to establish the dialogue between the operator and the machine. Once the various parts of the machine have been built and the same parts assembled, the tests of each system are performed, then the tests of all the systems at the same time with their respective calibrations necessary for an adequate operation. Finally, an economic analysis was carried out, which shows a valuation of the economic investment compared with the profits obtained by the construction and utility of the machine.

### KEYWORDS:

- AMAZON DAIRY PRODUCTS COMPANY
- YOGURT VESSEL SEALER
- INDUSTRIAL AUTOMATION
- MACHINE - ELECTRICAL

# CAPÍTULO I

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1. Introducción

Industrias entre ellas las empresas lácteas, este recurso puede ser explotado de mejor manera por las fábricas lácteas para beneficio propio y de la sociedad.

Se debe tomar en cuenta que la mayoría de empresas lácteas se encuentra ubicadas en la región sierra debido a la situación geográfica que facilita la explotación del sector ganadero del cual se obtiene la materia prima (leche) siendo razón primordial para el asentamiento de las fábricas lácteas en esta región.

Los especialistas manifiestan que el consumo de leche es primordial para el desarrollo del ser humano debido a que posee grandes propiedades nutritivas por lo cual se recomienda el consumo diario de productos lácteos.

La fábrica de lácteos Amazonas, tiene como función transformar la materia prima que recibe cada día (leche de vaca), en productos terminados para el consumo de la población (leche pasteurizada, queso y yogurt). Dicha fábrica se encuentra situada en el Barrio La Libertad, Parroquia Guaytacama, en el Cantón de Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Para el caso del proyecto de investigación que se presenta, los antecedentes se sitúan en el proceso actual de sellado manual que se viene realizando en los envases de vasos estándares de yogurt su sellado no es 100% confiable por ende hay pérdidas de material papel sellante y producto, por esto se tiene la necesidad de construir una máquina selladora auto mecánica.

El proyecto busca principalmente ser un aporte importante para la empresa al lograr que la pérdida del producto sea mínima, y la producción del mismo aumente

significativamente, utilizando técnicas neumáticas, electrónicas y la implementación de un software de monitoreo y control computarizado, ayudando a que la empresa alcance un lugar primordial en el mercado con relación a sus competidores.

## 1.2. Sistema de sellado

Los productos que se encuentran perfectamente sellados brindan confianza al consumidor en cuanto a su calidad y seguridad. Los fabricantes saben que un sello de mala calidad en sus productos no solo amenaza la percepción de consumidor acerca de su compañía y sus productos sino que también que también resulta en pérdida y daño de los mismos durante el traslado.

El proceso de desarrollar una solución de sellado perfecta incluye que se den las condiciones de compatibilidad entre la tapa, el sello (liner) y la selladora. Existe muchas técnicas para el sellado de envases, ésta es seleccionada según el tipo de producto a sellar. A continuación se presentan las más utilizadas.

En la figura 1. Se muestra un sellado en las industrias alimenticias y bebidas y en la Figura 2. Se muestra el sellado par productos volátiles o agresivos. (Enercon Industries Corporation, 1996-2016)



**Figura 1. Sellos de una sola pieza utilizados en la industria alimenticia.**

**Fuente:** (Enercon Industries Corporation, 1996-2016)



**Figura 2. Sello de 2 piezas unidas por cera utilizados para productos volátiles o agresivos.**

**Fuente:** (Enercon Industries Corporation, 1996-2016)

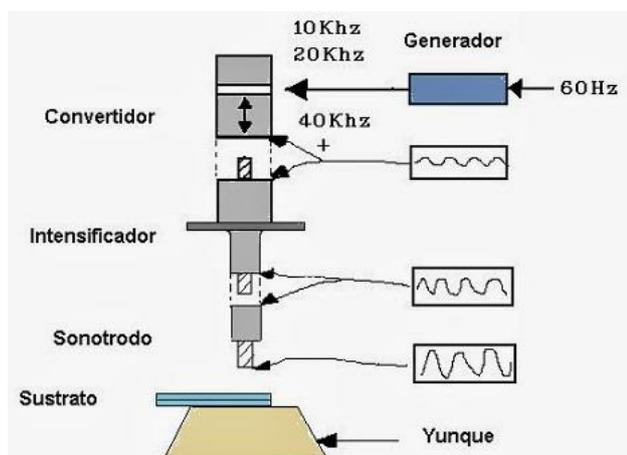
### 1.2.1. Tipos de selladoras

#### a. Sellado por Ultrasonidos

Ultrasonido es definido como el rango de oscilaciones en frecuencias entre 16Khz y 1Gkhz que no puede ser escuchado por el humano.

Durante el proceso de soldado por ultrasonido, las oscilaciones mecánicas del sonido son transferidas bajo una fuerza dentro de la pieza plástica. Una fricción por calor se desarrolló en la parte plástica, creando fricciones intermoleculares y de frontera a lo largo del área de unión. La fricción absorbida resulta en un incremento de calor, que derrite el plástico en el área de unión.

Esto genera una unión molecular fuerte en el área de soldado. El proceso de soldado por ultrasonido es un método rápido, repetible y altamente económico para la unión de materiales termoplásticos, generando una verdadera unión molecular de alta resistencia en el área de soldado.



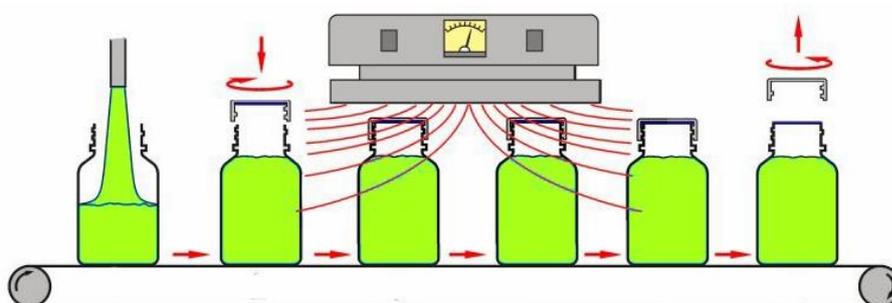
**Figura 3. Partes de una selladora por ultrasonido.**

**Fuente:** (Sellado inducción, S.A., 2013)

### b. Sellado por Inducción

El sellado por inducción es un proceso de calentamiento sin contacto que logra el sello hermético de un recipiente con una tapa que incluye lámina de aluminio.

El proceso de sellado tiene lugar después de llenar los envases. Las tapas que colocan y se aprietan convencionalmente en los ensayos ya llenos. Posteriormente los envases pasan debajo del cabezal de sellado. Se induce una corriente electromagnética en la lámina, creando un efecto de calentamiento a modo de resistencia. (Ver Figura 4).



**Figura 4. Selladora de Inducción.**

**Fuente:** (Sellado inducción, S.A., 2013):

Esto produce dos efectos; por un lado, el calor funde la tapa de cerca utilizando en el proceso de fabricación para unir la capa de aluminio con la del cartón, de esta manera separando las dos. Por otro lado, el calor funde el polímero, soldando el aluminio herméticamente con el borde del envase.

### **c. Selladora de Calor**

Es el método más común en el medio industrial por su facilidad de implementación y manejo. Este sellado se consigue por la acción combinada de tres factores esenciales como son: presión, temperatura y tiempo; factores que se pueden controlar mediante equipos específicos para cada factor.

El proceso se realiza mediante el accionamiento manual o automático de un cilindro neumático el cual desplaza la placa móvil y el sellador, los elementos mecánicos deben ser diseñados adecuadamente para soportar la fuerza que proporcione el cilindro, el cilindro debe ser capaz de realizar el proceso de sellado adecuadamente. (Ver Figura 5.)



**Figura 5. Selladora por Calor Manual.**

### **1.3. Proceso de sellado**

Para realizar el proceso de sellado se tiene muchos métodos, los cuales se los puede agrupar en:

- Manual
- Automático

#### **1.3.1. Manual**

El proceso manual como su nombre lo indica es el que se realiza de forma manual. El envase dosificado con la medida, luego se toma el envase y se centra la tapa de aluminio (foil) en la posición en la que se desea que este para luego mediante presión hecha con las manos con una niquelina a 290°C aproximadamente unos dos a tres segundos, se fija la tapa de foil en el envase y el producto estado terminado.

El proceso de sellado manual con lleva mucho tiempo en realizarlo, las condiciones de salubridad no serían las más apropiadas y además afectarían otros factores.

#### **1.3.2. Automático**

El proceso de sellado automático es el que se realiza de forma autónoma y continua sin la necesidad de la intervención del ser humano es decir es realizado por una máquina. Dentro del control automático hay métodos para realizar el control de un proceso industrial de dosificado y sellado de envase de yogurt.

Dentro de los sistemas más utilizados se tiene:

- Control con PLC's
- Control electromecánico

### **a. Control con PLC's**

Un PLC (controlador lógico programable) es un dispositivo electrónico capaz de realizar operaciones de mando para circuitos eléctricos con un programa pre diseñado y grabado en la memoria interna del autómeta.

Ventajas del control con un PLC's:

- Empleo de poco espacio en el tablero de control debido a que se conecta las entradas y salidas.
- Son de fácil montaje.
- Flexibilidad en el control de procesos.
- Menos consumo de energía.
- Detección rápida de averías y tiempos muertos.
- Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómeta.

Desventajas del control con PLC's:

- Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.
- La mano de obra tiene que ser especializada.
- Son costosos.
- Centraliza el proceso.

### **b. Control Electromecánico**

El control electromecánico, como su nombre lo indica se lo realiza con elementos mecánicos y eléctricos, tal es el caso de los relés y de los contactores, en el control electromecánico, generalmente no se usa dispositivos electrónicos a excepción de los sensores que son de vital importancia en todo método de control.

Ventajas del control electromecánico:

- Simple de armar y fácil mantenimiento.
- Económico.
- Preciso.

Desventajas del control electromecánico:

- Ocupa gran espacio en los tableros de control.
- Consume más energía.
- Es ruidosa.

El control electromecánico es muy usado cuando se tiene pocos sistemas que controlar como por ejemplo: arranque y parada de un motor, válvulas, etc.

#### **1.4. Higiene en la manipulación de líquidos de consumo humano**

##### **1.4.1. Requerimiento sanitario para la manipulación de bebidas destinado al consumo humano**

Los requerimientos necesarios para la producción de bebidas líquidas son muy variados siendo exigidos altos estándares de calidad tanto en el manejo de la materia prima como el procesamiento de esta.

La FAO (Food and Agricultural Organization), Organización de las Naciones Unidas encargado de todo lo relacionado a la industria alimenticia proporciona una serie de estándares y obligaciones que se deben cumplir.

Entre esas se puede mencionar:

##### **a. Etiqueta del Producto.**

Todo producto debe estar etiquetado con los siguientes datos.

- Una declaración de identidad y una verdadera descripción del producto.
- Una declaración de volúmenes del peso neto (peso o número de pedazos).
- El nombre y dirección de la fábrica, empaquetador, distribuidor o consignatario.
- Una lista de ingredientes (en orden descendente de volumen o peso).
- Se puede requerir también entre otras cosas el país de origen, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, cualidades nutritivas.

#### **b. Personal.**

Cualquier persona que tiene una enfermedad, heridas infectadas, lesiones abiertas, o cualquier otra fuente anormal de contaminación microbiana en contacto con su preparación no debe trabajar bajo ningún motivo.

Se debe utilizar la vestimenta adecuada, purificar utensilios, mantener bien limpias sus manos.

Se deberá designar a una persona que se responsabilice de que todo el personal cumpla con los requerimientos de higiene.

#### **c. Infraestructura.**

Debe existir un espacio limpio y adecuado tanto para equipos, arreglo sanitario de manera que garanticen obtener productos higiénicamente adecuados para el consumo humano.

#### **d. Equipos y utensilios.**

Deben limpiarse los utensilios y superficies de equipos que estén en contacto con el líquido tan a menudo como sea necesario para prevenir la contaminación.

Deben diseñarse los equipos y utensilios para que ellos puedan ser adecuadamente limpiados y no alterar el producto con los lubricantes, combustibles, restos de metal fragmentados por fricción, etc.

#### **e. Materia prima.**

La materia prima que va ser utilizada debe ser inspeccionada y clasificar para asegurar que esté limpia, en buen estado y adecuado para su procesamiento. Esta debe guardarse bajo condiciones que la protegerán contra la contaminación y minimizarán su deterioración.

El agua que se utilice para lavar equipos como para elaborar ciertas bebidas debe ser de calidad sanitaria.

#### **1.4.2. Elaboración y proceso.**

La máquina empleada deberá tener una excelente condición sanitaria a través de la limpieza frecuente y cuando necesario saneándose. Si es necesario deberán desmontarse, los equipos para una limpieza completa.

#### **1.4.3. Materiales empleados en el manejo de bebidas destinadas para el consumo humano**

Todo el equipo y los utensilios empleados en las áreas de manipulación de productos y que puedan entrar en contacto con ellos, deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, y sea inabsorbente y resistente a la corrosión, y capaz de resistir repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Las superficies habrán de ser lisas y estar exentas de hoyos y grietas. En las empresas que así requieran, se evitará el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, a menos que se tenga la certeza de que su empleo no será una fuente de contaminación.

### **a. El Hierro**

El hierro se obtiene a partir del mineral presente en los óxidos y sulfuros, es el elemento metálico de mayor uso en la ingeniería.

Durante los años del siglo XX se usaba mucho el hierro forjado en lugar del acero debido a que las escorias o impurezas que presentan en su estructura debido al forjamiento le otorgan una buena resistencia a la corrosión aunque las propiedades mecánicas no son las mejores, es por eso que la industria ferrocarrilera era su principal cliente. (Rosero, 1993)

### **b. Aluminio**

Su ligereza, conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión y bajo punto de fusión le convierte en un material idóneo para múltiples aplicaciones. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero.

#### **Características físicas:**

Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes:

- Es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m<sup>3</sup> (2,7 veces la densidad del agua).
- Tiene un punto de fusión bajo: 660°C (933 K).
- El peso atómico del aluminio es de 26,9815.
- Es de color blanco brillante.
- Buen conductor del calor y de la electricidad.
- Resistente a la corrosión, gracias a la capa de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formada.
- Abundante en la naturaleza.
- Material fácil y barato de reciclar.

## **Características mecánicas**

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm<sup>2</sup> [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm<sup>2</sup>. El duraluminio es una aleación particularmente resistente.
- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con CO<sub>2</sub> absorbe el doble del impacto.

### **c. Aceros**

#### **c1. Aceros inoxidables**

Los aceros inoxidables están entre los materiales más utilizados en contacto con alimentos, en la industria de alimentación y bebidas.

De la variedad de aceros existentes en el mercado, los aceros inoxidables poseen una elevada resistencia a la corrosión siendo aptos para el manejo y conservación de alimentos de consumo humano.

El acero inoxidable también es un tipo de acero resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. (Iván Bohman C.A., s.f.)

Los aceros inoxidables se utilizan principalmente en cuatro tipos de mercados:

- **Electrodomésticos:** grandes electrodomésticos y pequeños aparatos para el hogar: sartenes y baterías de cocina, hornos y barbacoas, equipamiento de jardín y mobiliario.
- **Automoción:** especialmente tubos de escape.
- **Construcción:** edificios y mobiliario urbano (fachadas).
- **Industria:** alimentación, productos químicos y petróleo.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como es la industria alimenticia se debe resaltar que este metal en la industria de los alimentos no requiere pintar evitando contaminaciones de los líquidos debido a los componentes de las pinturas.

Se clasifican en:

- Martensíticos.
- Ferríticos.
- Austeníticos.

## **c2. Aceros inoxidables martensíticos**

Son aleaciones que presentan entre el 15% y 18% de Cr, y níquel, el carbono está presente entre 0.6% al 1.2%.

Sus Características:

- Alta templabilidad.
- Endurecimiento secundario a 600°C en la temperatura de revenido.
- Los aceros 440(0.6-1.25) se usan en herramientas quirúrgicas, cojinetes, válvulas, etc.

### **c3. Aceros inoxidables ferríticos**

Son únicos elementos maleantes es el cromo que está presente del 14% al 27%; dentro de este grupo se encuentra los 405, 439,446. La cantidad de carbono se mantiene por debajo del 0.2%

Sus Características:

- No son tratables térmicamente.
- Endurecen poco por deformación en frío.
- Su resistencia mecánica es aproximadamente un 50% más alta que la de los aceros al carbono.
- Se fabrican utensilios para la industria alimenticia y química.

### **c4. Aceros inoxidables austeníticos al cromo níquel (2xx y 3xx)**

El cromo está presente entre el 16% y 26% de níquel entre el 6% y 19% el carbono de 0.03% hasta 0.25% como máximo, pero sumados debe ser el 23%, los de la serie 2xx tiene entre el 2% y 7% de manganeso. Los más conocidos son el 301(17Cr -7 Ni) y el 302(18Cr -8Ni) los que son usados en la industria alimenticia y de decoración.

Sus Característica:

- Son magnéticos.
- No endurecen por tratamiento térmico.
- Se endurecen por deformación en frío.
- Su resistencia a la corrosión es mejor que la de los ferríticos y martensíticos, en alta temperatura.

Como se muestra en la tabla 1 los aceros inoxidables son designados por el sistema de clasificación por 3 números creadas por el Instituto Americano del Hierro

y el Acero (American Iron and Steel Institute), las especificaciones AISI son las más aceptadas en todo el continente americano.

**Tabla 1.**

**Designación numérica “AISI” de aceros inoxidables**

DESIGNACIÓN NUMERICA "AISI" DE ACEROS INOXIDABLES		
Numero	Mayores elementos aleados	Características
<b>2xx</b>	Cromo níquel manganeso	Austeníticos, no se endurece
<b>3xx</b>	Cromo níquel	Austeníticos, no se endurece
<b>4xx</b>	Cromo	Martensíticos, Si se endurece. Ferríticos, no se endurece.
<b>5xx</b>	Cromo (4 a 6 %)	Martensíticos, se endurece al aire

**Fuente:** (Rosero, 1993)

Como se observa en la tabla 1, el primer dígito es un valor numérico que indica el elemento principal de aleación, El segundo tercer dígito representa el porcentaje del elemento aleación.

#### **d. Bronce**

El bronce es una aleación de cobre y estaño, aunque ya se incorporan varios metales en los diversos tipos de bronce que existen en la actualidad. Los tipos de bronce más conocidos son:

- Bronce Fucustán
- Bronce Fosforoso
- Bronces de Campana

Dependiendo de los porcentajes del estaño, se obtienen bronce de distintas propiedades. Con un bronce de 5%-10% de estaño se genera un producto de máxima dureza (usado en el pasado para la fabricación de espadas y cañones). El bronce que contiene entre 17%-20% de estaño tiene alta calidad de sonido, ideal para la

elaboración de campanas, y sobre un 27%, una óptima propiedad de pulido y reflexión (utilizado en la Antigüedad para la fabricación de espejos).

En la actualidad, las aleaciones de bronce se usan en la fabricación de bujes, cojinetes y descansos, entre otras piezas de maquinaria pesada, y como resortes en aplicaciones eléctricas.

#### e. Duralón

Es un material impermeabilizante prefabricada, diseñada para solucionar casos específicos donde se requieren de un mato de impermeabilización con características de alta resistencia para ser sometida a trabajos pasados. Está disponible en forma de barras de diferentes medidas y diámetros, así como en planchas de varios espesores y tubos tal y como la muestra la figura 6 (*Aceros Inoxidables, 2015*)



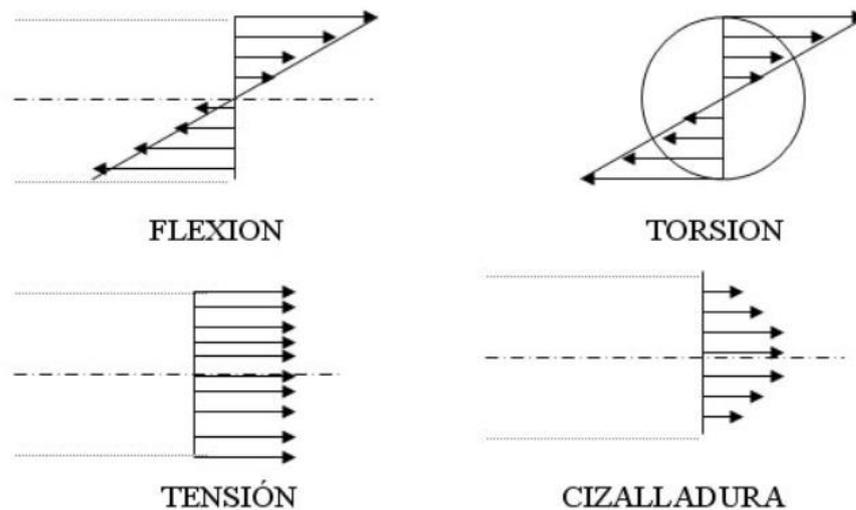
**Figura 6. Presentación del Duralón**

**Fuente:** (Aceros Inoxidables, 2015)

Con duralón se hacen partes y piezas para un sin número de industrias, tales como: industrias alimenticias, industria del calzado, electrotécnica, química, mecánica automotriz, minera, de la construcción, agrícola, etc.

#### 1.4.4. Criterios para la selección de aceros inoxidables.

- Según la distribución de esfuerzos en las piezas, este es un criterio que ayuda a seleccionar los aceros de maquinaria. Ver Figura 7



**Figura 7. Esquema de la distribución de esfuerzos principales en elementos mecánico**

**Fuente:** (Aceros Inoxidables, 2015)

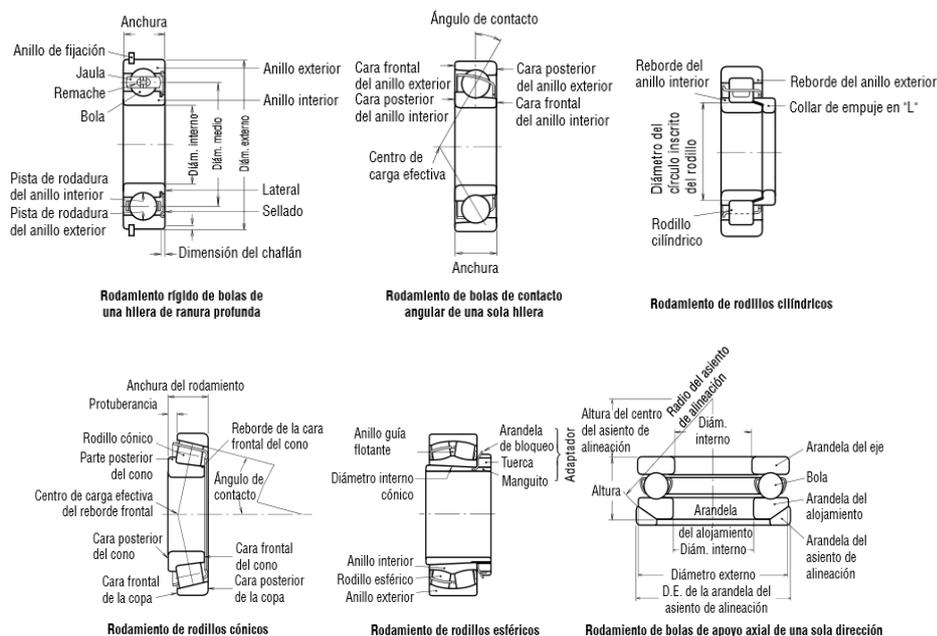
- Resistencia a la corrosión y durabilidad general.
- Alta resistencia mecánica a alta temperatura y buena resistencia y ductilidad a baja temperatura.
- Atractiva apariencia: el acero inoxidable es un material moderno, que mantiene su apariencia a largo del tiempo, el cual es uno de sus principales características.
- Fácil de trabajar: El acero inoxidable puede ser fácilmente conformado, mediante diferentes técnicas como embutición, doblado, rolado, soldadura, etc.
- El acero inoxidable no altera el sabor de los productos alimenticios: esta es una importante propiedad para alimentos e industria de bebidas.

- El acero inoxidable es fácil de limpiar, desinfectar o esterilizar y tiene perfecta resistencia a los agentes usados para esos propósitos como por ejemplo: vapor a alta presión para esterilización.
- Bajos costos: cuando se calcula el precio de inversión inicial más los bajos costos de mantenimiento el acero inoxidable resulta un material barato.
- Reciclable: el acero inoxidable es 100% reciclable.

### 1.4.5. Rodamientos

En general, los rodamientos están formados por dos anillos como se muestra en la figura 8, los elementos rodantes, y una jaula, y se clasifican en rodamientos radiales o rodamientos de apoyo dependiendo de la dirección de la carga principal. Además, dependiendo del tipo de elementos rodantes, se clasifican en rodamientos de bolas o de rodillos, y se sub-clasifican más en función de sus diferencias en diseño o uso específico.

Los cojinetes rodantes, se fabrican para soportar cargas puramente radiales, cargas de empuje axial puro o una combinación de ambas cargas. (Sicoris S.A., 2011)



**Figura 8. Partes de un rodamiento.**

**Fuente:** (Sicoris S.A., 2011)

Los rodamientos se denominan también cojinetes de rodadura. Teóricamente, estos cojinetes no necesitan lubricación, ya que las bolas o rodillos ruedan sin deslizamiento dentro de una pista. Sin embargo, como la velocidad de giro del eje no es nunca exactamente constante, las pequeñas aceleraciones producidas por las fluctuaciones de velocidad producen una fricción entre bola y pista. Esta fricción genera calor. Para disminuir esta fricción se lubrica el rodamiento creando una película de lubricante entre las bolas y la pista de rodadura.

#### **1.4.6. Tipos de rodamientos**

Los rodamientos se fabrican normalmente en una amplia variedad para dimensiones estándar de diámetro interior, exterior y ancho, y con tolerancias también estandarizadas.

Hay diversos tipos de rodamientos según la forma de construcción de los rodamientos y sus aplicaciones se los puede clasificar en:

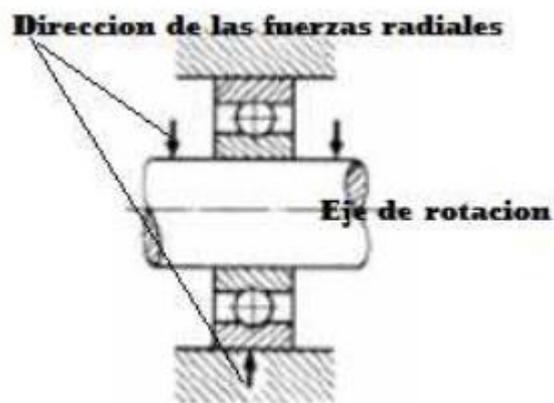
- Rodamientos rígidos de bolas.
- Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular.
- Rodamientos de agujas.
- Rodamientos de rodillos cónicos.
- Rodamientos de rodillos cilíndricos de empuje.
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula.
- Rodamientos de bolas a rótula.
- Rodamientos de rodillos a rótula.
- Rodamientos axiales de bolas de simple efecto.
- Rodamientos de aguja de empuje.

#### **1.4.7. Clasificación según el funcionamiento**

Desde el punto de vista de su función cinemática, pueden dividirse en tres categorías:

### a. Rodamientos para cargas radiales

Están contruidos para soportar perfectamente cargas dirigidas en sentido perpendicular al eje de rotación. La carga radial origina reacciones de los apoyos en sentido también radial, como se ve en la figura 9



**Figura 9. Rodamiento para carga radial.**

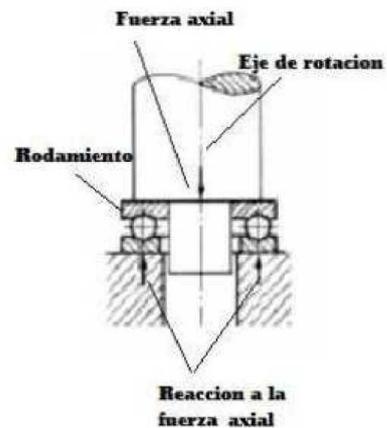
**Fuente:** (Consorti, 1991)

La carga se descompone sobre los dos soportes, originando dos reacciones en dirección radial, no hay componentes axiales de la carga.

### b. Rodamientos para cargas axiales

Los rodamientos para cargas axiales de la figura 10, pueden soportar únicamente cargas que actúen según el eje de rotación.

La carga produce reacciones en la dirección y sentido que demuestra la figura 10. Para cargas axiales sólo se utilizan cojinetes de bolas. La carga no tiene componente radial.



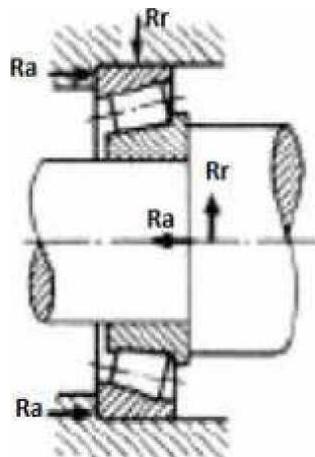
**Figura 10. Rodamiento para carga axial**

**Fuente:** (Consorti, 1991)

### c. Rodamientos para cargas mixtas

En los rodamientos para cargas mixtas existen dos componentes de fuerzas que actúan sobre el rodamiento (figura 11), una según el eje de rotación y otra perpendicular al mismo.

Como se ve en la figura, uno de los dos cojines ha de soportar el empuje axial, mientras que los dos soportan la componente radial, dando cada uno su propia reacción. La carga tiene componente radial y axial del mismo orden de magnitud. Por tanto se producen reacciones radiales  $R_r$  y reacciones axiales  $R_a$ .



**Figura 11. Rodamientos para Cargas Mixtas**

**Fuente:** (Consorti, 1991)

### **1.4.8. Condiciones de funcionamiento de los rodamientos**

Las condiciones en que puede funcionar un cojinete pueden reducirse a las que se indican a continuación:

#### **a. Árbol que gira en un soporte fijo**

Es el caso más general. El aro interior del cojinete sufre un esfuerzo radial sobre el árbol con una presión que depende de que tan elevada sea la carga que soporta el rodamiento, y gira con el árbol respecto al aro exterior y al soporte en que está montado. La posición en que actúa la fuerza es constante en el espacio, por que en cada vuelta todos los puntos de la superficie de rodamiento del aro interior están sucesivamente sometidos a la carga.

El aro exterior debe montarse con ajuste libre de empuje en su alojamiento para permitir un ligero corrimiento del árbol al variar su longitud cuando por ejemplo, varía su temperatura. Más, para los cojinetes montados a poca distancia unos de otros y para los cojinetes de rodillos (abiertos o semi-cerrados), los cojinetes de agujas y los cojinetes de rodillos cónicos se entran generalmente a presión.

#### **b. Eje fijo-alojamiento giratorio**

Se presenta este caso en las poleas locas, ruedas libres de automóvil, etc. El aro interior soporta la carga siempre en el mismo punto de superficie, mientras que la superficie de rodamiento del aro exterior, giratorio, está sometida a la carga sucesivamente en todos sus puntos. El aro giratorio está apretado en sentido radial contra su propio asiento.

#### **c. Condiciones de funcionamiento indeterminado**

En las que hay una fuerza dinámica que puede modificar las condiciones estáticas de la carga. Tanto si el aro interior ha de estar calado rígidamente sobre el árbol como si

el aro exterior ha de estar montado con ajuste fuerte sobre el soporte giratorio, dichos aros están siempre apoyados contra un adecuado resalto.

## **1.5. Uniones y acoples**

En términos generales se puede decir que existen muchos métodos para unir un grupo de piezas dentro de un sistema mecánico entre las que destacan:

- Unión con pernos y tuercas.
- Unión soldada.
- Acople con lengüeta.
- Uniones remachadas.

### **1.5.1. Uniones con pernos y tuercas.**

Las uniones con perno y con tornillo son uniones semipermanentes debido a que los tornillos son desmontables, gracias a que la unión de las piezas es mediante roscas.

Se puede tener la rosca construida en los elementos a unir o bien tener agujeros pasantes y colocar una tuerca a la salida del perno, todo depende de la comodidad, área y la aplicación.

### **1.5.2 Uniones soldadas.**

La soldadura es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos. Debido que las máquinas empleadas en la industria alimenticia están construidas en acero inoxidable, se enfocó en los métodos para soldar acero inoxidable.

### 1.5.3. Soldadura de los aceros inoxidables

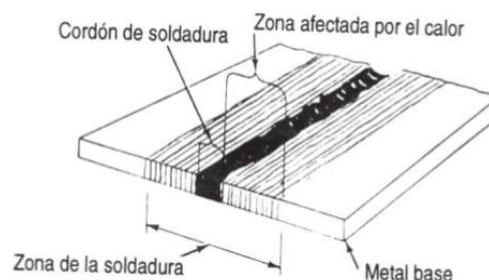
Durante la soldadura de aceros inoxidables se presentan cambios en la estructura del metal, por ejemplo, la temperatura del metal base adyacente a la soldadura, alcanza niveles en los que puede ocurrir una transformación de la estructura. El grado de estos cambios afecta las propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión, dependiendo de los siguientes factores: espesores, material de aporte, diseño de la unión, proceso de soldadura y habilidad del soldador.

El principal objetivo en la soldadura de aceros inoxidables será asegurar que las características de la soldadura serán iguales o mejores que las del metal base. (Lary, 2016)

En la soldadura se definen tres zonas, que se define como:

1. La zona del cordón de soldadura solidificado, que se compone de metal base o metal base y material de aporte.
  - I. La zona afectada por el calor (ZAC), al soldar el metal en la zona adyacente al cordón de soldadura se calienta a temperaturas elevadas, menores a el punto de fusión.
  - II. El metal base

En la figura 12, se muestran las zonas definidas anteriormente, este artículo tiene el objetivo de señalar las consideraciones y procesos para la adecuada soldadura de los aceros inoxidables.



**Figura 12. Zonas de soldadura.**

**Fuente:** (Consorti, 1991)

En general, los aceros inoxidable austeníticos son los que presentan mejor soldabilidad ya que durante el proceso de calentamiento y enfriamiento debido a su soldadura no tiene un cambio de fase.

#### 1.5.4. Proceso para soldar acero inoxidable

El proceso de soldadura con gas inerte es el preferido para soldar acero inoxidable. El proceso de gas inerte protegido con electrodo de tungsteno, (proceso Tungsten Iner Gas) es especialmente propio para soldar placas delgadas de acero inoxidable. (Fernandez Flores, 1974)

##### a. Soldadura con arco protegido con gas inerte

Es sumamente importante, en el cual el arco es protegido del aire por el gas químico llamado "gas inerte", como el argón o helio. Este proceso tiene la frecuente denominación de "soldadura con gas inerte" y tiene dos subdivisiones conocidas como "Tig" y "Mig".

En la tabla 2 se expresa el tipo de gas recomendado para soldar los distintos tipos de materiales.

**Tabla 2.**

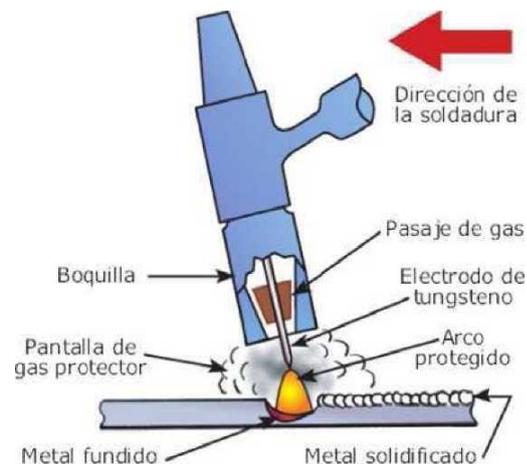
##### **Gases recomendados para cada material.**

<b>Metal a soldar</b>	<b>Gas</b>
<b>Aluminio y sus aleaciones</b>	Argón
<b>Latón y sus aleaciones</b>	Helio o Argón
<b>Cobre y sus aleaciones(menor de 3mm)</b>	Argón
<b>Cobre y sus aleaciones(mayor de 3mm)</b>	Helio
<b>Acero al carbono</b>	Argón
<b>Acero inoxidable</b>	Argón

**Fuente:** (Rodríguez, 2001)

El método TIG de soldadura con gas inerte, que se presenta en la figura 13 , obtiene el calor necesario mediante un arco de alta concentración de calor, establecido entre

el electrodo de tungsteno, que virtualmente no se consume, y el metal base, de allí toma el nombre de tungsteno-inner gas" o sea "Tig" . Este método se aplica indistintamente en soldadura por fusión o de relleno, requiriéndose en el segundo caso, relleno de metal y usar material de aporte para alimentar el interior del arco.



**Figura 13. Soldadura TIG.**

**Fuente:** (Rodríguez, 2001)

En el segundo caso de soldadura con gas inerte, un electrodo que si se consume sustituye al que no se consume, el cual es alimentado dentro del arco mecánicamente, de donde toma el nombre de "metal inner gas", o sea soldadura "Mig".

Ambos sistemas han sido adoptados para procesos automático y semiautomático, teniendo su mayor aplicación en los metales no ferrosos, con material de aporte del mismo material base, o cuando menos de metal que no sea ferroso, obteniéndose ventajosos resultados, sobre otros sistemas, en magnesio, cobre, acero inoxidable y hierro colado.

### **1.6. Transmisores de potencia mecánica**

La potencia mecánica entregada por el motor eléctrico de la máquina debe ser transmitida hacia el mecanismo diseñado para la caja reductora para que la máquina funcione. Es así que se tiene transmisiones por bandas, engranes, cadenas, bandas dentadas, etc.

### 1.6.1. Características de los tipos de transmisiones.

En la tabla 3 se presentan los tipos de transmisores de potencia mecánica más comunes en la industria con sus respectivas características de operación.

**Tabla 3.**

#### Características de los tipos de transmisores de potencia mecánica

TIPO	CADENA	BANDA	ENGRANE	B. DENTADA
<b>Eficiencia</b>	excelente	baja	excelente	excelente
<b>Sincronización</b>	excelente	baja	excelente	excelente
<b>Choques</b>	baja	excelente	muy bajo	bueno
<b>Ruido</b>	baja	excelente	muy bajo	excelente
<b>Lubricación</b>	si	no	si	no
<b>Velocidad (rpm)</b>	hasta 1000	de 1000 a 3600	bajas velocidades	altas y bajas

**Fuente:** (Claudio, 2005)

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA

#### 2.1. Introducción

En este capítulo se describe la metodología aplicada para el diseño, el dimensionamiento y la selección de los diferentes tipos de elementos mecánicos y neumáticos que componen la máquina automática para el sellado de envases plásticos con yogurt, para reducir el tiempo de producción, considerando las dimensiones, materiales y componentes más apropiados para su construcción, con el objetivo de cumplir con los requerimientos funcionales, asépticos y de seguridad, exigidos por la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas.

En la etapa inicial del diseño se partió de un modelo 3D preliminar de la máquina, el mismo que se fue optimizando durante la elaboración del diseño, con la ayuda de programas que en la actualidad son de vital importancia para el diseño como son Diseño Asistido por Computador (CAD) y de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), hasta llegar al diseño definitivo, el mismo que cumple con todas las etapas de operación de la máquina, con un factor de seguridad que garantiza que todos sus componentes resistirán los esfuerzos generados bajo condiciones críticas de operación, asegurando de esta manera el funcionamiento adecuado y seguro de la máquina de sellado.

#### 2.2. Parámetros de diseño

El diseño integral de la máquina selladora se fundamenta en los siguientes aspectos:

- Requerimientos funcionales establecidos por la empresa requirente,
- Etapas del proceso de termo-sellado de envases de plástico,
- Dimensiones y pesos de los envases de yogurt, y
- Características técnicas de máquinas semejantes disponibles en el mercado.

En base a estos aspectos, se establecen los principales parámetros que influyen directamente en el diseño mecánico de la máquina selladora:

Tipo de máquina selladora:

- Máquina automática para termo-sellado con transportador rotativo

Capacidad máxima de producción:

- 900 envases por hora

Dimensiones principales del envase plástico más grande (figura 14):

- Diámetro inferior = 45,0 mm
- Diámetro superior = 75,5 mm
- Altura total = 72 mm

Peso de los envases vacíos de polietileno de 150 ml ( $W_{e-v}$ ):

- Peso máximo = 0,12 N (12 gr)

Peso del envase más grande (150 ml) lleno con yogurt ( $W_{e-ll}$ ):

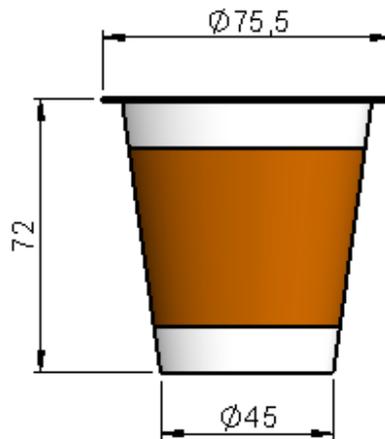
- Peso máximo = 1,85 N (188 gr)

Material principal para fabricación de la máquina:

- Debido al contacto con productos alimenticios se fabricará de acero inoxidable 304.

Factor de seguridad mínimo requerido ( $FS$ ):

- 2.5 (Anexo 01)



**Figura 14. Dimensiones de los envases de 150 ml**

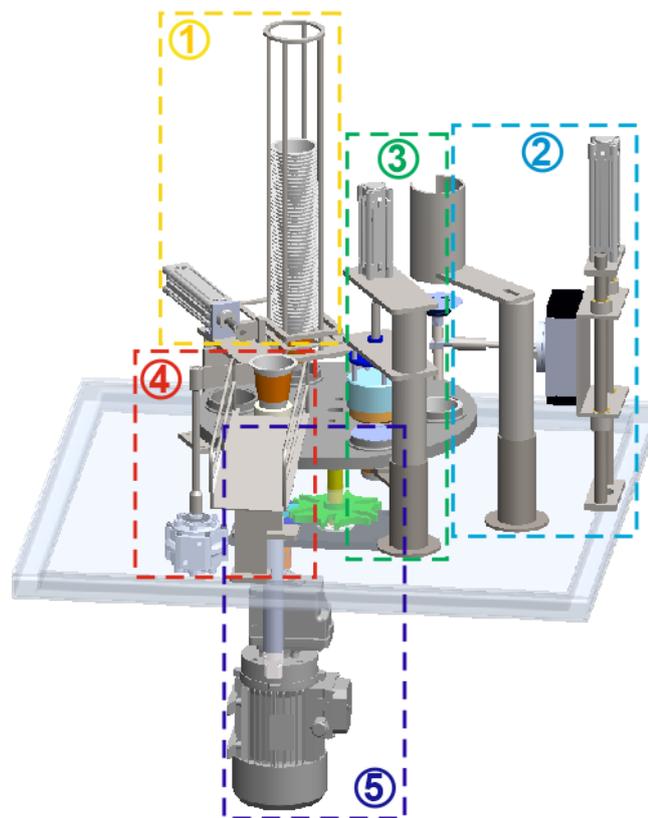
### 2.3. Diseño conceptual de la máquina selladora

En la presente sección se selecciona y se analiza el diseño conceptual de la mejor variante de las alternativas propuestas, para a continuación mediante cálculos y simulaciones por el método de elementos finitos, seleccionar los componentes más adecuados para los diferentes sistemas de la máquina.

En la figura 15, se presenta el modelo 3D del diseño conceptual de la máquina selladora propuesta, la misma que se compone de los siguientes sistemas principales:

1. **Sistema para el suministro de envases vacíos**, es el encargado de distribuir los envases vacíos de yogurt de forma sincronizada en el tambor giratorio.
2. **Sistema para el suministro y la colocación del foil**, alimenta con los discos de foil al mecanismo de succión para que sean colocados sobre el envase que se va a sellar.
3. **Sistema de termo-sellado**, es accionado mediante un pistón neumático y se encarga de transmitir la presión y la temperatura requerida para pegar el foil sobre el envase lleno con yogurt.

4. *Sistema para despacho de los envases sellados*, una vez que los envases han finalizado el ciclo de sellado, el sistema de despacho los conduce fuera de la máquina selladora.
5. *Sistema de transportador rotativo*, permite el movimiento rotativo sincronizado del plato perforado para transportar los envases en forma sincronizada por las diferentes etapas de sellado.



**Figura 15. Diseño conceptual de la máquina selladora**

#### **2.4. Diseño del sistema para el suministro de envases**

Este sistema debe ser capaz de acumular los suficientes envases vacíos para abastecer a la máquina durante al menos 10 minutos de operación continua. Los envases deben ser suministrados en forma precisa y sincronizada al transportador rotativo mediante un mecanismo accionado por un cilindro neumático. El sistema para el suministro de envases vacíos se compone de los elementos que se muestran en la figura 16.

- Estructura soporte para los envases
- Brazo dosificador
- Cilindro neumático de accionamiento



**Figura 16. Sistema para el suministro de envases**

#### 2.4.1. Diseño de la estructura soporte para los envases

Debido a que la capacidad de producción requerida para la máquina es sellar 900 envases por hora, la cantidad de sellados que debe realizar cada minuto viene dado por:

$$\#_{min} = \frac{900 \text{ env}}{60 \text{ min}}$$

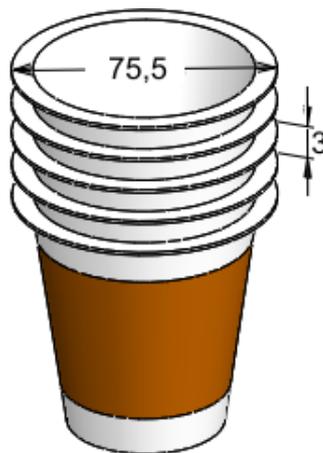
$$\#_{min} = 15 \text{ env/min}$$

Por tanto, el número mínimo de envases que debe ser capaz de acumular la estructura soporte es:

$$\#_{env} = 15 \frac{\text{env}}{\text{min}} \cdot 10 \text{ min}$$

$$\#_{env} = 150 \text{ env}$$

Considerando que el diámetro superior de los envases de mayor tamaño es 75,5 mm y la separación que queda entre envase cuando estos se apilan verticalmente es de 3 mm (figura 17), las dimensiones mínimas requeridas para el soporte de los envases son:



**Figura 17. Envases apilados verticalmente**

$$Altura > 150 \text{ env} \cdot 3 \text{ mm}$$

$$Altura > 450 \text{ mm}$$

$$Ancho > \Phi_{envase}$$

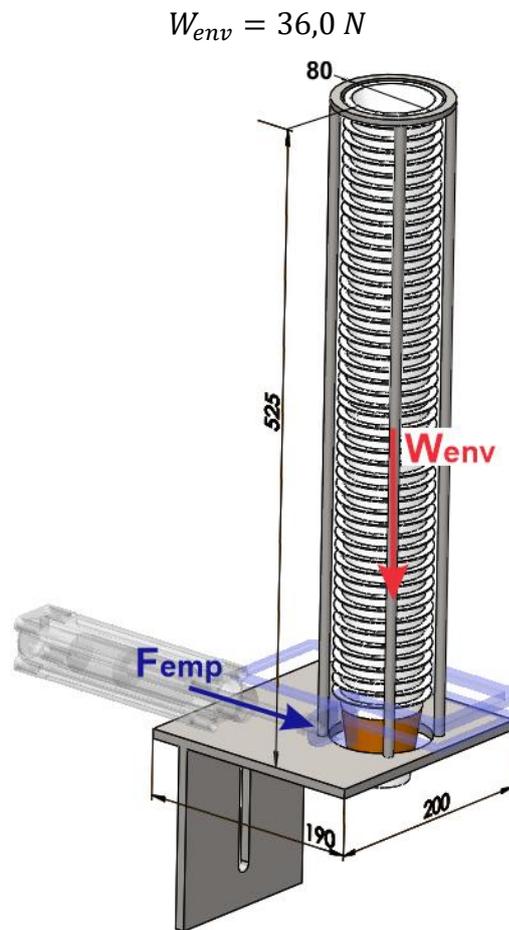
$$Ancho > 75,5 \text{ mm}$$

Por tanto, las dimensiones del soporte para los envases, son las mostradas en la figura 18.

Considerando un factor de carga de 2,0, el peso máximo que debe soportar la base del soporte para los envases es:

$$W_{env} = 2,0 \cdot \#_{env} \cdot W_{e-v} \quad Ec. 1$$

$$W_{env} = 2,0 \cdot 150 \cdot 0,12 \text{ N}$$



**Figura 18. Estructura soporte para los envases**

La fuerza de empuje máxima requerida para desplazar el mecanismo que permite que el envase caiga sobre el transportador rotativo se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$F_{emp} = \mu_{a-p} \cdot W_{env} \quad Ec. 2.$$

$$F_{emp} = 0,65 \cdot 36,0 N$$

$$F_{emp} = 23,4 N$$

Donde:

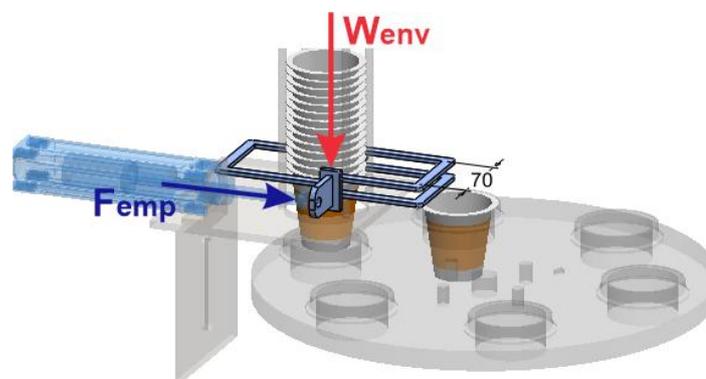
$F_{emp}$  = Fuerza de empuje requerida

$\mu_{a-p}$  = coeficiente de fricción estático entre acero – polietileno = 0,65

El análisis de esfuerzos de la estructura soporte para envases (vasos) se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

#### 2.4.2. Diseño del brazo dosificador de envases

Mediante el desplazamiento horizontal del brazo (figura 19), se permite que los envases caigan uno por uno en los agujeros del transportador rotativo, con el fin de pasar por las diferentes etapas del sellado.



**Figura 19. Brazo dosificador de envases**

Como se muestra en la figura 19, el brazo está sometido a las siguientes cargas:

- Fuerza de empuje  $F_{emp} = 23,4 N$
- Peso de los envases vacíos  $W_{env} = 36,0 N$

Debido a la geometría compleja que tiene el brazo dosificador, el análisis de esfuerzos se ejecuta con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

#### 2.4.3. Selección del cilindro neumático del dosificador

Como se observa en la figura 19, para generar el desplazamiento horizontal del brazo dosificador, se utilizará un cilindro neumático, este cilindro debe ser capaz de

transmitir una carga igual a la fuerza de empuje multiplicado por un factor de carga, que es considerado 2,0. Por tanto, la fuerza requerida que debe transmitir el pistón del cilindro dosificador es:

$$F_{cil1} = 2,0 \cdot F_{emp} \quad Ec. 3.$$

$$F_{cil1} = 2,0 \cdot 23,4 N$$

$$F_{cil1} = 46,8 N$$

Conociendo que el cilindro neumático es alimentado por aire comprimido a una presión de trabajo de 4 bares (400 kPa), el diámetro mínimo requerido en el émbolo del cilindro del dosificador ( $\Phi_{emb1}$ ) esta dado por:

$$p_{tr} = \frac{F_{cil1}}{A_{emb1}} = \frac{4 \cdot F_{cil1}}{\pi \cdot \Phi_{emb1}^2} \quad Ec. 4$$

De donde:

$$\Phi_{emb1} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{cil1}}{\pi \cdot p_{tr}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 46,8 N}{\pi \cdot 400 \cdot 10^3 N/m^2}}$$

$$\Phi_{emb1} = \sqrt{\frac{4 \cdot 46,8 N}{\pi \cdot 400 \cdot 10^3 N/m^2}}$$

$$\Phi_{emb1} = 0.0122 m = 12,2 mm$$

Donde:

$$p_{tr} = \text{Presión de trabajo del aire comprimido} = 400 \text{ kPa}$$

Debido a que la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas dispone de cilindros neumáticos, se selecciona un cilindro neumático básico que funciona en un rango de presiones de 0,6 a 16 bares, teniendo un diámetro de émbolo de 32 mm y una carrera de 100 mm.

## 2.5. Diseño del sistema para el suministro y la colocación del FOIL

Este sistema debe ser capaz de contener la cantidad suficiente de discos de foil, los mismos que mediante un sistema de succión por aire comprimido, luego son colocados en forma precisa sobre cada envase que se debe sellar. El sistema para el suministro y la colocación de los discos de foil se encuentra formado por los siguientes elementos que se muestran en la figura 20.

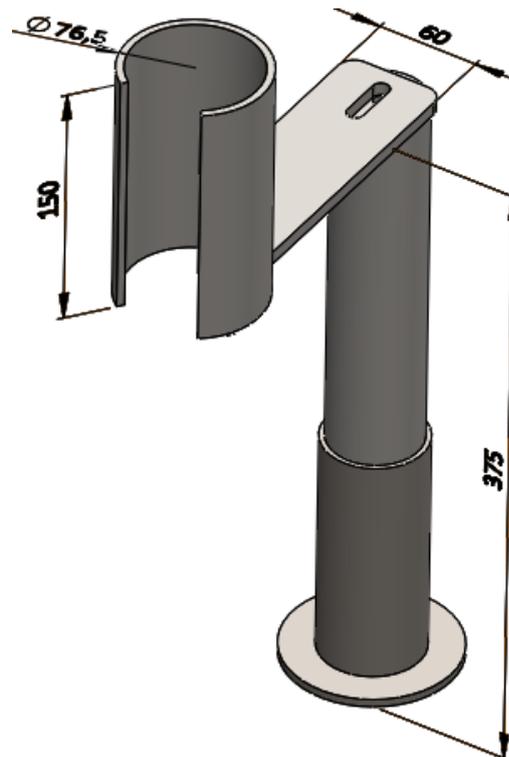


**Figura 20. Sistema para el suministro y la colocación del foil**

- a. Cilindro contenedor de los discos de foil
- b. Ventosa de sujeción por vacío de los discos foil
- c. Actuador neumático giratorio
- d. Cilindro neumático de posicionamiento vertical
- e. Estructura soporte

### 2.5.1. Diseño del cilindro contenedor de los discos de FOIL

Al igual que la estructura soporte para los envases, el cilindro contenedor debe ser capaz de acumular 150 discos de foil para mantener su autonomía durante 10 minutos.



**Figura 21. Cilindro contenedor de los discos de foil**

Considerando que los discos de foil pueden tener una altura máxima de 0,5 mm, su diámetro exterior es de 76 mm y la longitud del sistema de ventosa es 140 mm, se determina que la geometría y las dimensiones más adecuadas para el cilindro contenedor de los discos de foil, son las mostradas en la figura 21.

Debido a que cada disco de foil pesa máximo 3 gramos y considerando un factor de carga de 2,0, el peso máximo que debe soportar el cilindro contenedor es:

$$W_{foil} = 2,0 \cdot \#_{env} \cdot W_f \quad Ec. 5.$$

$$W_{foil} = 2,0 \cdot 150 \cdot 0,03 \text{ N}$$

$$W_{foil} = 9,0 \text{ N}$$

El análisis de esfuerzos del cilindro contenedor de discos de foil se realizó con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

### 2.5.2. Selección de la ventosa de sujeción por vacío

La ventosa extrae por succión los discos de foil del cilindro contenedor, y luego mediante la activación del actuador giratorio, los dejar caer sobre la superficie superior de cada envase.

Conociendo que el peso máximo de cada disco de foil es de 0,03 N (3 gramos), se procede a seleccionar la ventosa más adecuada para esta aplicación.

Del catálogo FESTO (Anexo B Pág. 9) se selecciona una ventosa de sujeción por vacío ESG (figura 22), con un diámetro de aspiración de 2 mm, que genera una fuerza de retención de 0,1 N.



**Figura 22. Ventosa de sujeción por vacío ESG**

### 2.5.3. Selección del actuador neumático giratorio

Ya que la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas dispone de un actuador neumático giratorio, se procede a determinar éste cumple con los requerimientos de diseño de la máquina selladora.

Como la presión de trabajo de la línea de aire comprimido en la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas es 4 bares (0,4MPa), en la tabla del Anexo B Pág. 04 se determina que el torque teórico para el actuador neumático giratorio es:

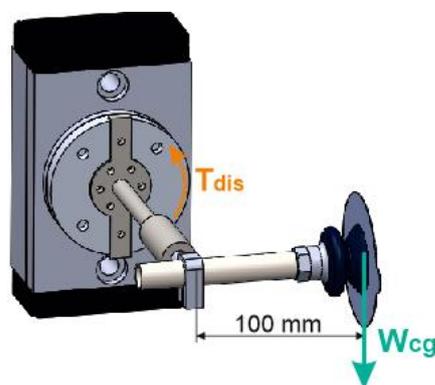
$$T_{teo} = 3,93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Si se considera un factor de carga de 2,0, el torque de diseño que entrega el actuador giratorio, es:

$$T_{dis} = \frac{3,93 \text{ N} \cdot \text{m}}{2}$$

$$T_{dis} = 1,965 \text{ N} \cdot \text{m}$$

De acuerdo con la figura 23, para una excentricidad de la carga de 100 mm (longitud de la ventosa de sujeción ESG) con respecto al eje de rotación del brazo del actuador, la carga máxima  $W_{cg}$  que puede girar el actuador es:



**Figura 23. Cargas sobre el actuador neumático giratorio**

$$W_{cg} = \frac{T_{dis}}{e} \quad Ec. 6.$$

$$W_{cg} = \frac{1,965 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$W_{cg} = 19,65 \text{ N}$$

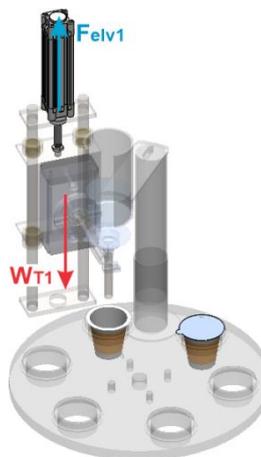
Donde:

$e$  = Excentricidad de la carga = 100 mm (0,1 m)

Debido a que la carga  $W_{cg}$  que puede hacer girar el actuador es mayor que el peso de la ventosa y del foil juntos, se considera que el actuador neumático giratorio si se puede utilizar para la máquina selladora.

#### 2.5.4. Selección del cilindro neumático de elevación

Como se muestra en la figura 24, el cilindro neumático para posicionamiento vertical de la ventosa, debe transmitir la fuerza suficiente para subir y bajar de forma precisa, tanto la ventosa con el disco de foil, como el actuador neumático giratorio con su base soporte.



**Figura 24. Cargas sobre el cilindro para posicionamiento vertical**

El peso total ( $W_{T1}$ ) que debe levantar el cilindro neumático para posicionamiento vertical de la ventosa es:

$$W_{T1} = W_{vent} + W_f + W_{act} + W_{sop} \quad Ec. 7.$$

$$W_{T1} = 4,50 N + 0,03 N + 15,41 + 24,50 N$$

$$W_{T1} = 44,44 N$$

Donde:

$W_{vent}$  = Peso de la ventosa con su brazo de sujeción = 4,50 N

$W_f$  = Peso de cada disco de foil = 0,03 N

$W_{act}$  = Peso del actuador neumático giratorio = 15,41 N

$W_{sop}$  = Peso del soporte para el actuador giratorio = 24,50 N

Considerando un factor de carga de 2,0, la fuerza de diseño requerida en el émbolo del cilindro neumático para posicionamiento vertical de la ventosa es:

$$F_{elv1} = 2,0 \cdot W_{T1} \quad Ec. 8.$$

$$F_{elv1} = 2,0 \cdot 44,44 N$$

$$F_{elv1} = 88,88 N$$

Con el fin de comprobar que se puede utilizar el mismo tipo de cilindro utilizado para el sistema de suministro de envases, se determina cual es la fuerza máxima que puede entregar en su carrea de ascenso (retorno), para la presión de trabajo de 400 kPa:

$$p_{tr} = \frac{F_{cil2}}{A_2} = \frac{4 \cdot F_{cil2}}{\pi \cdot (\Phi_{emb2}^2 - \Phi_{vast2}^2)} \quad Ec. 9.$$

De donde:

$$F_{cil2} = \frac{p_{tr} \cdot \pi \cdot (\phi_{emb2}^2 - \phi_{vast2}^2)}{4}$$

$$F_{cil2} = \frac{400 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 \cdot \pi \cdot (0,032^2 - 0,012^2)}{4}$$

$$F_{cil2} = 275,46 \text{ N}$$

Donde:

$A_2$  =Área sobre la que actúa el fluido hidráulico en la carrera de retorno

$\phi_{emb2}$  =Diámetro del embolo del cilindro = 32 mm

$\phi_{vast2}$  =Diámetro del vástago del cilindro = 12 mm

$F_{cil2}$  =Fuerza del cilindro en su carrera de retorno

Como la fuerza máxima que puede entregar el cilindro en su carrera de retorno es mayor que la fuerza de diseño requerida en el émbolo del cilindro neumático de elevación, si se puede utilizar el mismo cilindro para el sistema de suministro y colocación del foil.

### 2.5.5. Diseño de la estructura del sistema de colocación del FOIL

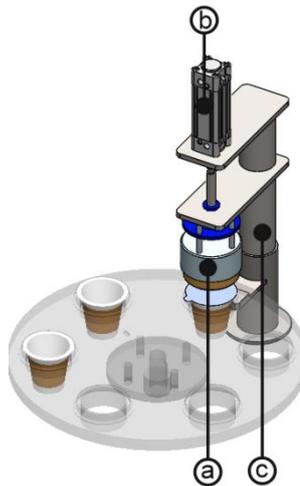
El análisis de esfuerzos de la estructura soporte del sistema de colocación del foil se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

### 2.6. Diseño del sistema de termo-sellado

Este sistema realiza el sellado de los envases de yogurt mediante la aplicación de los 4 bares (60 psi) de presión a elevada temperatura, durante un tiempo de tres segundos sobre el disco de foil.

Como se muestra en la figura 25, los elementos principales que forman parte del sistema de termo-sellado son:

- a. Calentador por resistencias eléctricas
- b. Cilindro neumático para el sellado
- c. Estructura soporte del sistema de sellado



**Figura 25. Sistema de termo-sellado**

### 2.6.1. Selección del cilindro neumático para el sellado

Debido a que para el sellado de los envases se requiere una carrera del pistón menor que en los sistemas anteriores, se utilizará un cilindro neumático semejante a los sistemas anteriores, pero con una carrera de 50 mm.

Para la presión de 4 bares, la fuerza que transmite el cilindro neumático sobre la superficie de contacto entre el envase y el disco de foil, viene dado por:

$$p_{tr} = \frac{F_{cil3}}{A_3} = \frac{4 \cdot F_{cil3}}{\pi \cdot \Phi_{emb3}^2} \quad Ec. 10.$$

De donde:

$$F_{cil3} = \frac{p_{tr} \cdot \pi \cdot \Phi_{emb3}^2}{4}$$

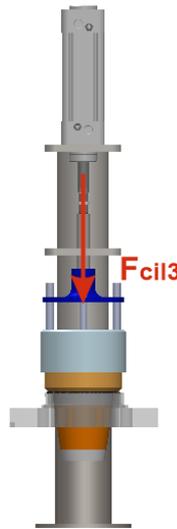
$$F_{cil3} = \frac{400 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 \cdot 0,032^2}{4}$$

$$F_{cil3} = 321,70 \text{ N}$$

Donde:

$A_3$  = Área sobre la que actúa el fluido en la carrera de sellado

$\varnothing_{emb3}$  = Diámetro del émbolo del cilindro para sellado = 32 mm



**Figura 26. Cilindro neumático de sellado**

### 2.6.2. Diseño de la estructura soporte del sistema de sellado

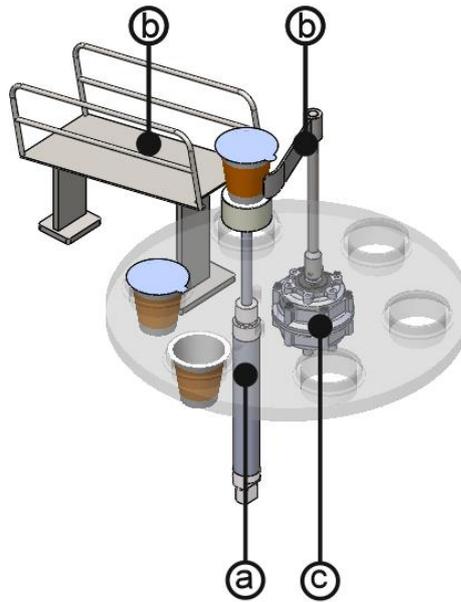
El análisis de esfuerzos de la estructura soporte del sistema de sellado se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

### 2.7. Diseño del sistema de despacho de los envases sellados

Luego que los envases se han pasado por las diferentes etapas del proceso de sellado, el sistema de despacho los arroja fuera del transportador rotativo, mediante un brazo accionado por un motor neumático.

En la figura 27 se muestran los elementos principales que componen el para despacho de los envases sellados:

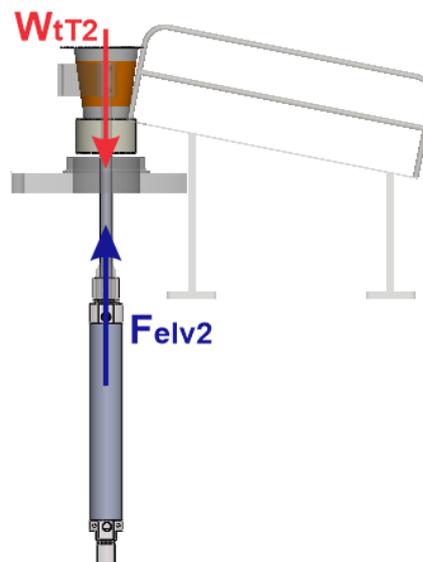
- a. Cilindro neumático de elevación
- b. Brazo de empuje
- c. Motor rotativo neumático
- d. Rampa de despacho



**Figura 27. Sistema para despacho de los envases sellados**

### **2.7.1. Selección del cilindro neumático de elevación**

Los envases que han completado la etapa de sellado son elevados al nivel de la rampa de despacho mediante el accionamiento de un cilindro neumático que debe transmitir la fuerza suficiente para vencer el peso del envase lleno con yogurt y del soporte cilíndrico de nylon (figura 28).



**Figura 28. Cargas sobre el cilindro neumático de elevación**

El peso total ( $W_{T2}$ ) que debe levantar el cilindro neumático de elevación es:

$$W_{T2} = W_{e-ll} + W_{sop} \quad Ec. 11.$$

$$W_{T2} = 1,85 N + 1,55 N$$

$$W_{T2} = 3,407 N$$

Donde:

$W_{e-ll}$  = Peso del envase de 150 ml lleno con yogurt= 1,85 N

$W_{sop}$  = Peso del soporte cilíndrico de nylon = 1,55 N

Considerando un factor de carga de 2,0, la fuerza de diseño requerida en el émbolo del cilindro neumático de elevación es:

$$F_{elv2} = 2,0 \cdot W_{T2} \quad Ec. 12.$$

$$F_{elv2} = 2,0 \cdot 3,40 N$$

$$F_{elv2} = 6,80 N$$

El diámetro mínimo requerido en el émbolo del cilindro de elevación ( $\phi_{emb3}$ ) viene dado por:

$$p_{tr} = \frac{F_{cil1}}{A_{emb3}} = \frac{4 \cdot F_{elv2}}{\pi \cdot \phi_{emb3}^2} \quad Ec. 13.$$

De donde:

$$\phi_{emb3} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{elv2}}{\pi \cdot p_{tr}}}$$

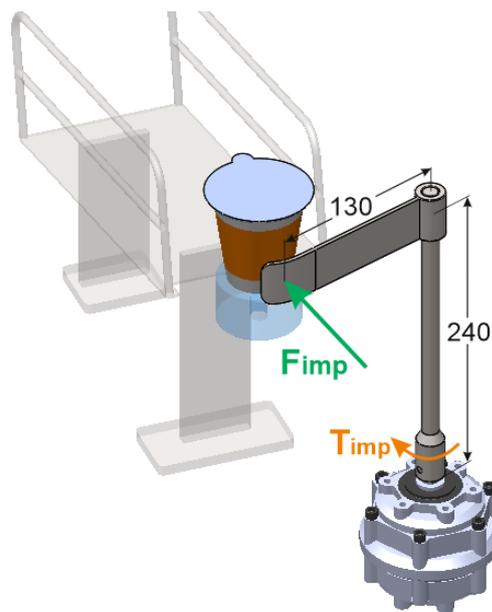
$$\phi_{emb3} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,80 \text{ N}}{\pi \cdot 400 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}}$$

$$\phi_{emb3} = 0.0047 \text{ m} = 4,7 \text{ mm}$$

De los cilindros neumáticos disponibles en la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas, se selecciona un cilindro de cuerpo cilíndrico que funciona de 0,6 a 12 bares, tiene un diámetro de émbolo de 25 mm y una carrera de 150 mm.

### 2.7.2. Diseño del brazo de empuje

Este brazo es el que impulsa al envase de yogurt fuera de la máquina selladora, mediante una fuerza de empuje, que es generada por el movimiento giratorio que le transmite un motor neumático (figura 29).



**Figura 29. Brazo de empuje**

A partir de la ecuación del impulso lineal, se determina la fuerza requerida para impulsar al envase de yogurt a una velocidad máxima de 5,0 m/s:

$$m_{e-ll} \cdot v_1 + F_{imp} \cdot t_{imp} = m_{e-ll} \cdot v_2 \quad \text{Ec. 14.}$$

$$F_{imp} = \frac{m_{e-ll} \cdot v_2 - m_{e-ll} \cdot v_1}{t_{imp}}$$

$$F_{imp} = \frac{0,188 \text{ kg} \cdot 5,0 \text{ m/s} - 0,188 \text{ kg} \cdot 0}{0,042 \text{ s}}$$

$$F_{imp} = 22,54 \text{ N}$$

Donde:

$F_{imp}$  = Fuerza de impulso

$m_{e-ll}$  = Masa del envase de 150 ml lleno con yogurt = 0,188kg

$v_1$  = Velocidad inicial del envase de yogurt = 0 m/s

$v_2$  = Velocidad máxima de impulso del envase de yogurt = 5,0 m/s

$t_{imp}$  = Tiempo de contacto entre el brazo y el envase = 0,0417 seg

Conociendo que el motor neumático gira a 60 rpm y que la distancia angular que están en contacto el brazo de empuje y el envase de yogurt es máximo  $15^\circ$ , el tiempo de contacto es:

$$t_{imp} = \frac{15^\circ}{60 \frac{rev}{min}} \cdot \left( \frac{1 rev}{360^\circ} \cdot \frac{60 s}{1 min} \right)$$

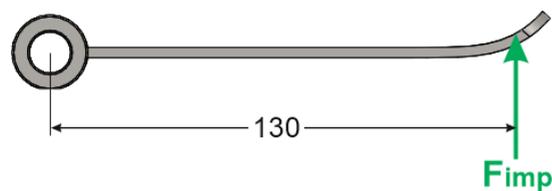
$$t_{imp} = 0,0417 s$$

En base a la figura 30, se determina el momento de flexión máximo al que está sometido el brazo de empuje:

$$M_{max1} = F_{imp} \cdot d_1 \quad Ec. 15.$$

$$M_{max1} = 22,54 N \cdot 0,13 m$$

$$M_{max1} = 2,93 Nm$$



**Figura 30. Cargas sobre el brazo de empuje**

Para el brazo de empuje, de 35 mm de ancho, el espesor mínimo requerido para el brazo, se determina a partir de la ecuación de diseño de vigas mediante la teoría de la energía de distorsión:

$$\frac{S_y}{FS} \geq \frac{M_{max1}}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot FS \cdot M_{max1}}{b \cdot S_y}} \quad Ec. 16.$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 2,5 \cdot 2,93 \text{ Nm}}{0,035 \text{ m} \cdot 206 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}}$$

$$h = 0,0025 \text{ m} = 2,5 \text{ mm}$$

Donde:

$S_y$  = Límite de fluencia del acero inoxidable 304 = 206 MPa

$b$  = Ancho del brazo de empuje = 0,035 m

$h$  = Espesor del brazo de empuje

El torque ( $T_{imp}$ ) requerido para generar una fuerza de impulso en el brazo de empuje se obtiene a partir de la figura 29:

$$T_{imp} = F_{imp} \cdot d \quad Ec. 17.$$

$$T_{imp} = 22,54 \text{ N} \cdot 0,13 \text{ m}$$

$$T_{imp} = 2,93 \text{ Nm}$$

El momento de flector máximo al que está sometido el eje del brazo de empuje, se determina a partir de la figura 29:

$$M_{max2} = F_{imp} \cdot d_2 \quad Ec. 18.$$

$$M_{max2} = 22,54 \text{ N} \cdot 0,24 \text{ m}$$

$$M_{max2} = 5,41 \text{ Nm}$$

El diámetro mínimo requerido para el eje del brazo de empuje se determina a partir del torque y el momento de flexión al que está sometido, para lo cual se utilizará la ecuación para el diseño de flechas mediante la teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{e-b} = \left[ \frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_y} \left( M_{max}^2 + \frac{3}{4} T_{imp}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad Ec. 19.$$

$$\phi_{e-b} = \left[ \frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 206 \cdot 10^6} \left( 5,41^2 + \frac{3}{4} 2,93^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{e-b} = 0,0091 \text{ m} = 9,1 \text{ mm}$$

Para garantizar un diseño confiable, se selecciona un eje con un diámetro estándar de 12 mm.

### 2.7.3. Selección del motor neumático

Para impulsar el brazo de empuje se requiere un torque 2,93 Nm y una velocidad de giro de 60 rpm, se selecciona el motor neumático PRN50D-100-40-DD es el que dispone la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas, todos los cilindros neumáticos proveídos por la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas para los diferentes sistemas que conforma el sellado se enlistan en la tabla 4.

**Tabla 4.**

**Características de los cilindros neumáticos seleccionados para realizar el proceso de sellado.**

Sistema neumaticos	Cilindro	Diámetro $\phi$ mm	Carrera mm	Marca
Dosificador de vasos.	Doble efecto	32	100	RM/8032R
	Doble efecto	32	100	RM/8032
Puesta de Foil.	Actuador giratorio	25	0-180°	MCRB25
Sellador	Doble efecto	32	50	RM/8032B
Despacho de los vasos sellados.	Doble efecto	32	150	CM2E32-150A
	Actuador giratorio	50	100-100°	PRN50D-100-40-DD

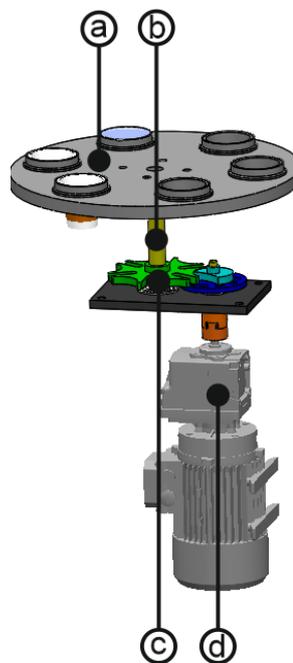
En los ANEXOS B se muestran las características técnicas de cada uno de los cilindros neumáticos que fueron seleccionados para realizar el proceso de sellado de los vasos de yogurt.

## 2.8. Diseño del sistema de transportador rotativo

Este sistema genera el movimiento rotativo intermitente del plato transportador, mediante un sistema de cruz de malta accionado por un moto-reductor, con el objetivo que los envases cumplan con las diferentes etapas de sellado.

Los elementos principales que forman parte del sistema de transportador rotativo se muestran en la figura 31:

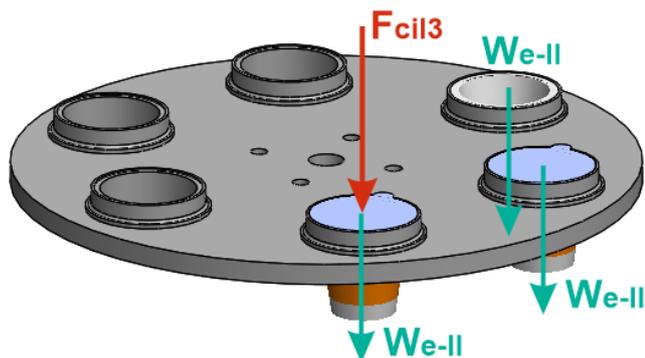
- a. Plato circular perforado
- b. Eje de giro
- c. Mecanismo de cruz de malta
- d. Moto-reductor



**Figura 31. Sistema de transportador rotativo**

### 2.8.1. Diseño del plato circular perforado

El plato circular debe transportar a los envases de yogurt por los diferentes sistemas de la máquina, sobre el actúan las diferentes cargas que se producen en cada etapa de sellado (figura 32).



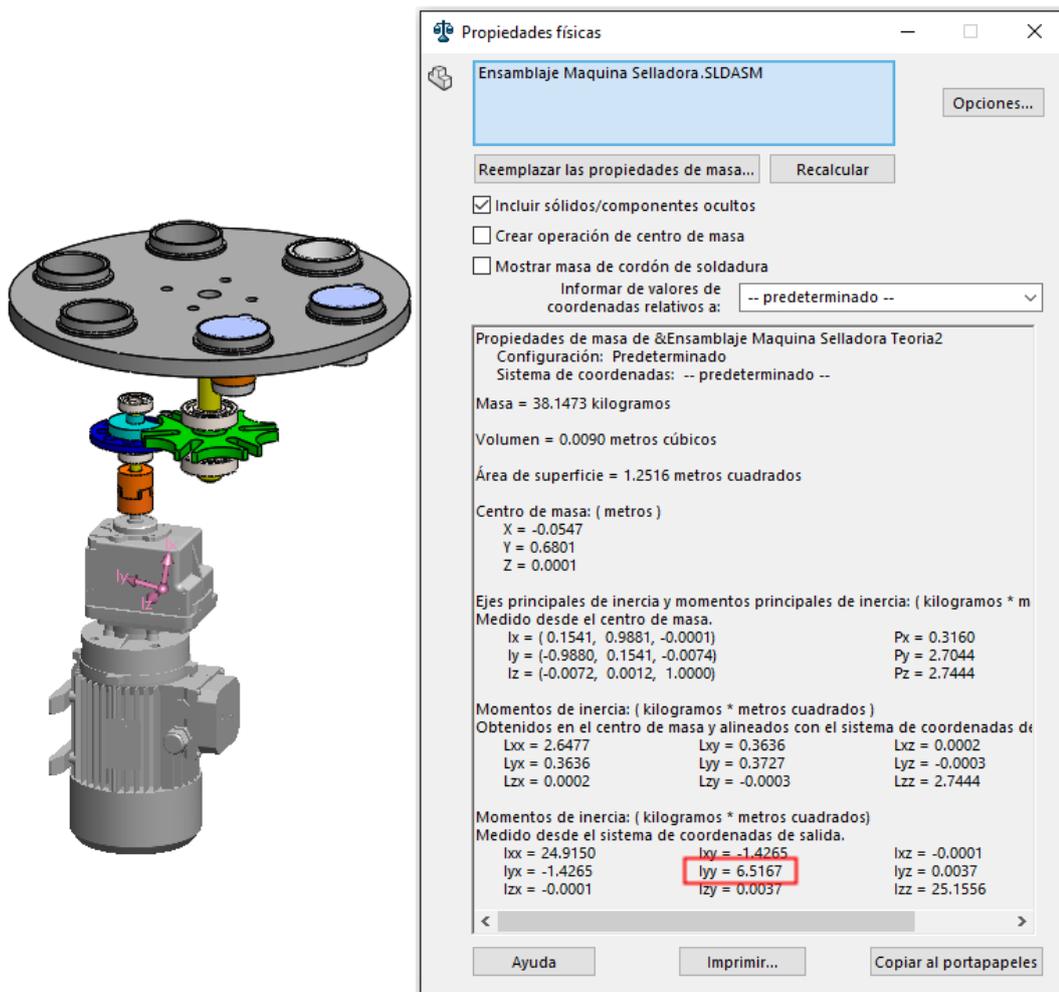
**Figura 32. Cargas que actúan sobre el plato circular perforado**

El análisis de esfuerzos del plato circular perforado se realiza mediante un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

### 2.8.2. Diseño del eje de giro

Para determinar el torque que debe transmitir el eje de giro para mover el sistema de transportador rotativo, es necesario determinar los siguientes parámetros:

- Momento de inercia de las masas en movimiento con respecto a su eje de rotación.
- Aceleración angular desde el reposo hasta la velocidad angular nominal del sistema.



**Figura 33. Propiedades físicas del sistema de transportador rotativo**

Tomando como referencia que el eje de rotación es el Y, y debido a que el eje de giro pone en movimiento circular a todos los componentes del transportador rotativo, en la figura 33, se observa que el momento de inercia de estos componentes con respecto al eje Y ( $I_{YY}$ ) es:

$$I_{YY} = 6,5167 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

En las pruebas realizadas del moto-reductor, se determina que luego del arranque, el motor alcanza la velocidad nominal de 15 rpm (1,57 rad/s) en un tiempo aproximado de 0,3 segundos, la aceleración angular ( $\alpha_{mot}$ ) del motor viene dado por:

$$\alpha_{mot} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} \quad Ec. 20.$$

$$\alpha_{mot} = \frac{1,57 \text{ rad/s} - 0}{0,3}$$

$$\alpha_{mot} = 5,23 \text{ rad/s}^2$$

Donde:

$\omega_f$  = Velocidad angular nominal del motor = 1,57 rad/s

$\omega_i$  = Velocidad angular inicial = 0

$t$  = Tiempo requerido para alcanzar la velocidad nominal

El torque que debe transmitir el eje para poner en rotación todos los elementos del plato giratorio, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$T_{gir} = I_{YY} \cdot \alpha_{mot} \quad Ec. 21.$$

$$T_{gir} = 6,5167 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 5,23 \text{ rad/s}^2$$

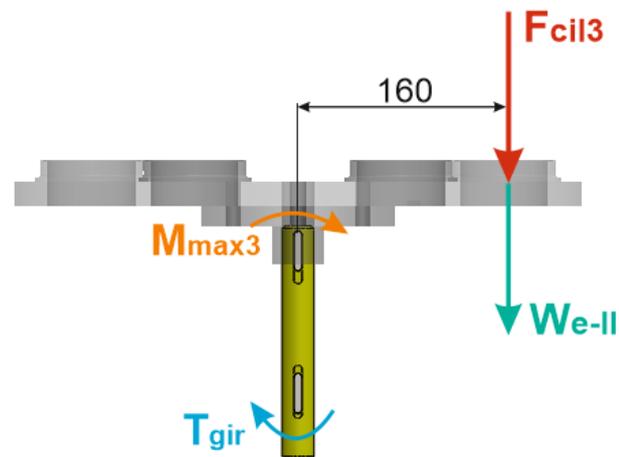
$$T_{gir} = 34,08 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 34,08 \text{ Nm}$$

El momento flector máximo al que está sometido el eje de giro se determina a partir de la figura 34:

$$M_{max3} = (F_{cil3} + 3 \cdot W_{e-ll}) \cdot d_3 \quad Ec. 22.$$

$$M_{max3} = (321,70 + 3 \cdot 1,85) \text{ N} \cdot 0,16 \text{ m}$$

$$M_{max3} = 52,36 \text{ Nm}$$



**Figura 34. Eje de giro**

Aplicando la ecuación de la teoría de la energía de distorsión para el diseño de flechas, se determina el diámetro mínimo requerido para el eje de giro:

$$\phi_{gir} = \left[ \frac{32 \cdot FS}{\pi \cdot S_{y_{A36}}} \left( M_{max3}^2 + \frac{3}{4} T_{gir}^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad Ec. 23.$$

$$\phi_{gir} = \left[ \frac{32 \cdot 2,5}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6} \left( 52,36^2 + \frac{3}{4} 34,08^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{gir} = 0,0183 \text{ m} = 18,3 \text{ mm}$$

Donde:

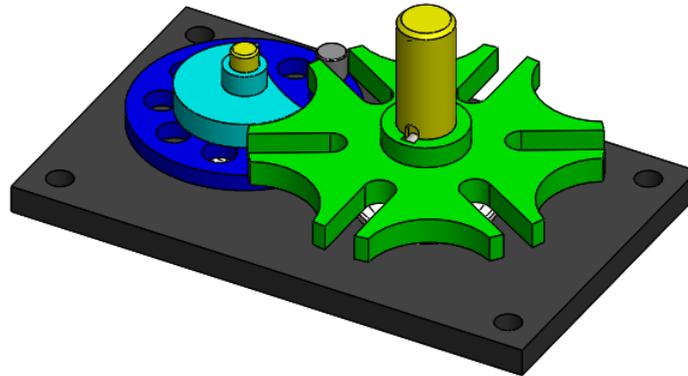
$$S_{y_{A36}} = \text{Límite de fluencia del acero estructural A36} = 250 \text{ MPa}$$

Para garantizar un diseño confiable, se selecciona un eje de acero A36 con un diámetro estándar de 20 mm.

### 2.8.3. Diseño del mecanismo de cruz de malta

Debido a la necesidad de que el transportador rotativo tenga un movimiento intermitente, por la necesidad de que el tambor perforado se detenga al menos 3

segundos cada vez que los envases se posicionan en cada etapa de sellado, se recurrió a un mecanismo de cruz de malta, como el que se muestra en la figura 35, para lograr el movimiento pausado requerido.



**Figura 35. Mecanismo de cruz de malta**

El mecanismo de cruz de malta seleccionado tiene 6 ranuras, que es igual al número de perforaciones de plato circular, permite que el plato se detenga de forma sincronizada cada vez que avanza  $60^\circ$ .

Como la velocidad de giro del moto-reductor es de 15 rpm, el tiempo que demora en realizar una vuelta completa es:

$$t_{c/v} = 4 \text{ s}$$

Por tanto, el tiempo que tarda en avanzar de una etapa de sellado a la siguiente, viene dado por:

$$t_{60^\circ} = \frac{60^\circ \cdot 40 \text{ s}}{360^\circ}$$

$$t_{60^\circ} = 0,67 \text{ s}$$

El tiempo que permanece inmóvil el transportador rotativo en cada etapa de sellado es:

$$t_{in} = t_{c/v} - t_{60^\circ} \quad Ec. 24.$$

$$t_{in} = 4 \text{ s} - 0,67 \text{ s}$$

$$t_{in} = 3,33 \text{ s}$$

Este tiempo es suficiente para que se realice el termo-sellado de los envases de yogurt, que es la etapa más crítica del proceso de sellado.

La fuerza tangencial que se genera en el pasador para transmitir el movimiento intermitente a la cruz de malta (figura 2.24), se obtiene a partir del torque de giro ( $T_{gir}$ ):

$$F_{tg} = \frac{T_{gir}}{d_4} \quad Ec. 25.$$

$$F_{tg} = \frac{34,08 \text{ Nm}}{0,04 \text{ m}}$$

$$F_{tg} = 852,0 \text{ N}$$

Asignando la fuerza y el torque calculados, al mecanismo de cruz de malta, se realiza su análisis de esfuerzo mediante el método de elementos finitos en un programa CAE. (Informe de SolidWorks versión Demo).

#### 2.8.4. Selección del moto-reductor

La velocidad de giro requerida para alcanzar la capacidad máxima de producción de la máquina de 900 envases por hora (15 envases por minuto), es de 15 rpm, debido a que, por el mecanismo de cruz de malta, por cada revolución completa del motor, el plato perforado avanza una perforación y un envase termina el proceso de sellado.

La potencia requerida para transmitir el movimiento al transportador rotativo, viene dado por:

$$Pot = T_{gir} \cdot \omega_{gir} \quad Ec. 26.$$

$$Pot = 34,08 Nm \cdot 1,57 rad/s$$

$$Pot = 53,51 W$$

Considerando una eficiencia total del sistema rotativo del 50% con el objeto de contemplar situaciones particulares adversas, así como los diferentes tipos de pérdidas en el sistema, la potencia efectiva que se requiere para el motor es:

$$P_{Mot} = \frac{Pot}{\eta_T} \quad Ec. 27.$$

$$P_{Mot1} = \frac{53,51 W}{0,5}$$

$$P_{Mot1} = 107,02 W = 0,144 hp$$

Se selecciona un moto-reductor de 1/6 hp de potencia nominal.

### **2.8.5. Análisis de esfuerzos en la estructura soporte**

El análisis de esfuerzos de la estructura soporte de la banda transportadora se realiza con ayuda de un software de ingeniería asistida por computador. (Informe de SolidWorks versión Demo).

## **2.9. Modelado de la máquina selladora**

En la figura 36 se muestra el ensamblaje completo de los sistemas mecánicos de la máquina automática para sellado de envases de yogurt.



**Figura 36. Ensamblaje completo de la máquina selladora**

### **2.10. Diseño del circuito neumático**

Utilizando el software Festo FluidSIM 3.6 (Demo) se realiza el diseño del circuito neumático de la máquina, en la figura 37 se muestra el circuito neumático.

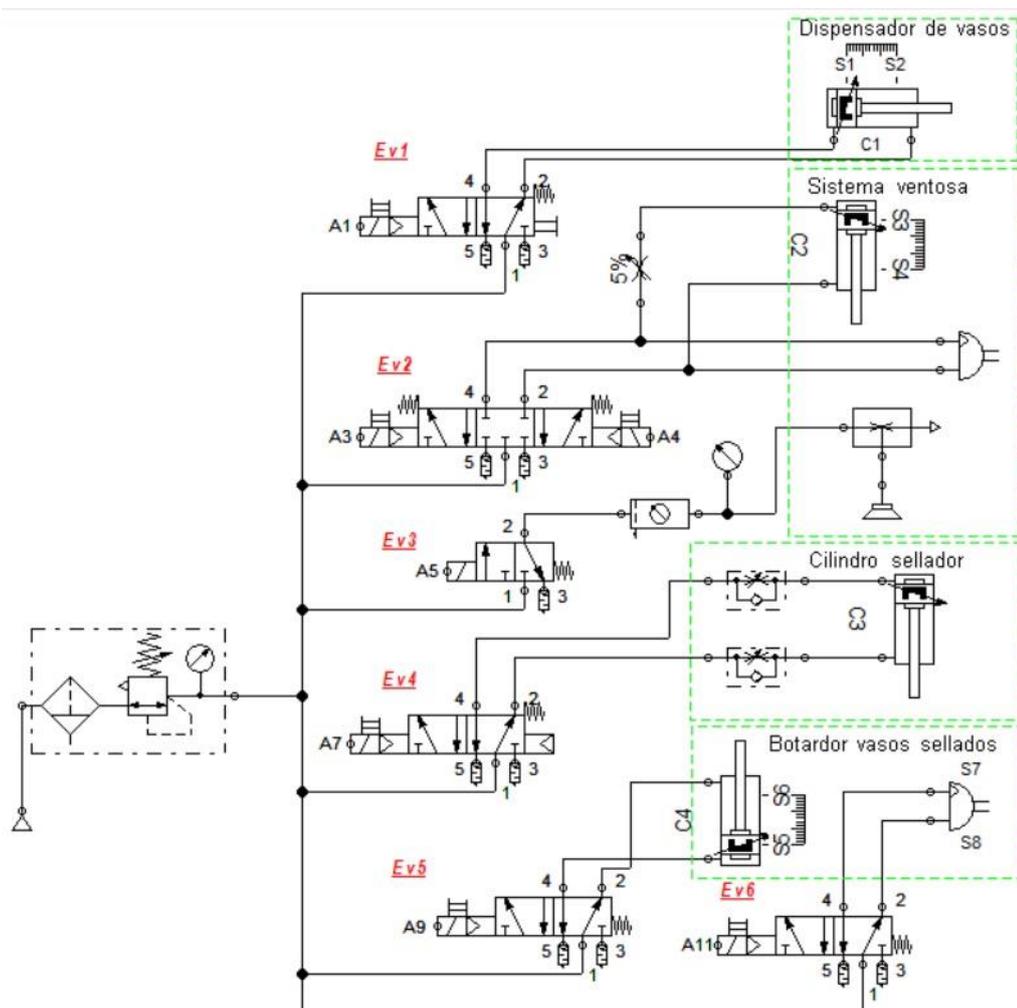


Figura 37. Circuito neumático.

### 2.10.1. Selección de componentes adicionales para el circuito neumático

#### a. Selección de la unidad de mantenimiento (FRL).

Considerando que la máquina opera a una presión de 7 bar, se selecciona la unidad FRL MACP400-15A.

#### b. Selección de electroválvulas.

Del catálogo de elementos neumáticos Midman (Ver el Anexo C, Pág. 1) se seleccionan 5 electroválvulas 3/2 MVSC-220-4E1-AC110V y 1 electroválvula 5/2 MVSC-220-4E2-AC110V, tomando en cuenta que la empresa posee una red de

220V y 110V de corriente alterna AC., y la presión de trabajo de la máquina es 7 bar. Las electroválvulas están ubicadas en un solo lugar se selecciona una base manifold MVCS-220-5B3 según el Anexo C, Pág. 2

Para el orificio de escape de la base manifold se selecciona un par de silenciadores de escape MSL-B-02 ANEXO C, Pág. 3

#### **c. Selección de conectores.**

La selección de conectores se realiza a partir de los tamaños de conexión tanto de las electroválvulas como de la base del manifold. Los elementos seleccionados de acuerdo con el ANEXO C Pág. 4

#### **d. Selección de la tubería de conexión.**

De acuerdo al tamaño de los puertos de los conectores seleccionados y según el ANEXO C, Pág. 5 se selecciona una tubería UM 0850-100-BU

#### **e. Selección del generador de vacío.**

El generador seleccionado se muestra sus características en el ANEXO C, Pág. 6

### **2.11. Diseño del sistema eléctrico y control.**

Para el diseño eléctrico y control de la máquina se debe tomar en cuenta como principal parámetro los niveles de voltaje con los cuales va a funcionar la máquina, estos niveles de voltaje se muestra en la siguiente tabla 5.

#### **Tabla 5.**

##### **Nivel de voltaje que proporciona la empresa auspiciante del proyecto.**

<b>Nivel de voltaje</b>	<b>Propósito</b>
<b>220V AC</b>	Alimentación para los equipos de fuerza.
<b>110V AC</b>	Alimentación para las electroválvulas y sistema de control.
<b>24V DC</b>	Alimentación del PLC, Pantalla, Relé

Los equipos se seleccionaron por su alta presentación en la industria y por su fácil adquisición a nivel nacional.

### 2.11.1. Selección del motor reductor

Motor Trifásico de inducción de una velocidad, en la tabla 6 se muestra las características del motor seleccionado.

**Tabla 6.**

**Características de motor.**

### Motores trifásicos de inducción

#### Generalidades

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia h %	Factor de potencia Cosφ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90SL	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90SL	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90SL	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	1329M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	1329M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	4,9
25000001126	1LA7 134-4YA70	1329M	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	6,2
25000001127	1LA7 164-4YA70	160 M/L	20	14,92	1,15	56,8	28,40	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5

**Fuente:** (Siemens S.A., 2016)

Para seleccionar el motor-reductor se consideró el trabajo que va a realizar, el torque y la potencia requerida para el normal funcionamiento del proceso. En la tabla 7 Se muestra las características del reductor, y la figura 38 se muestra el motor reductor.

**Tabla 7.**  
**Características del reductor.**

REDUCTORES COAXIALES DE ENGRANAJES HELICOIDALES HELICAL GEARBOXES <b>CMG</b>									
Datos técnicos					Technical data				
	i	Mn <sub>2</sub> [lb-in]	n <sub>1</sub> = 1750 rpm			n <sub>1</sub> = 1150 rpm			
			n <sub>2</sub> [rpm]	Pn <sub>1</sub> [hp]	NEMA Motores aplicables NEMA Motor adapters 56 C	n <sub>2</sub> [rpm]	Pn <sub>1</sub> [hp]	NEMA Motores aplicables NEMA Motor adapters 56 C	
<b>CMG 002</b>									
	5.03	354	348	2.04		229	1.34		
	6.10	354	287	1.68		189	1.10		
	7.49	354	234	1.37		154	0.90		
	8.99	442	195	1.42		128	0.94		
	10.16	442	172	1.26		113	0.83		
	12.07	442	145	1.06		95.3	0.70		
	13.40	619	131	1.34		85.9	0.88		
	15.14	619	116	1.18		76.0	0.78		
	18.17	619	96.3	0.99		63.3	0.65		
	21.58	619	81.1	0.83		53.3	0.55		
	23.51	619	74.4	0.76		48.9	0.50		
	25.10	619	69.7	0.71		45.8	0.47		
	27.08	619	64.6	0.66		42.5	0.43		
	32.49	619	53.9	0.55		35.4	0.36		
	42.04	619	41.6	0.43		27.4	0.28		
	44.89	619	39.0	0.40		25.6	0.26		*
	48.86	619	35.8	0.37		23.5	0.24		*

Fuente: (Transtecno, 2016)



**Figura 38. Motor reductor.**

Fuente: (Siemens S.A., 2016)

### 2.11.2. Selección de luces indicadores

Para que el operador pueda visualizar el estado de la máquina, se utiliza luces pilotos de la marca CAMSCO como se muestra en la figura 39, en la tabla 8 Sus características y su selección en el ANEXO D, Pág.1 <http://sumelec.net/assets/lista-de-precios-sumelec-2014-en-baja.pdf>

**Tabla 8.****Características de las luces piloto**

Detalle	Característica	Color	Aplicación
Marca	Camsco	Rojo	Peligro máquina en movimiento
Tipo	AD1622DS-110V	Naranja	Alarma
Voltaje	110V	Verde	Listo para poner en marcha

**Fuente:** (Sumelec, 2014)

**Figura 39. Luz piloto Camsco.**

**Fuente:** (Sumelec, 2014)

**2.11.3. Selección del selector.**

Para evitar que se energice la máquina de forma innecesaria o accidental se ha seleccionado un selector de llave de dos posiciones como se muestra en la figura 40, y sus características se muestran en el Anexo D, Pág. 2

**Figura 40. Selector de llave Camsco.**

**Fuente:** (Sumelec, 2014)

#### 2.11.4. Selección del pulsador de paro de emergencia.

El pulsador de paro de emergencia son componentes importantes de seguridad en todo circuito eléctrico. Se encuentra ubicado en un lugar visible, de fácil accionamiento y se selecciona un pulsador de tipo hongo como se muestra en la figura 41. Las características del pulsador paro de emergencia se indica en la tabla. No 9 Detalles en el ANEXO C, Pág. 3

**Tabla 9.**

#### Características del pulsador tipo hongo.

Pulsador tipo hongo	Características
<b>Fabricante</b>	Camsco
<b>Modelo</b>	MPB-BC2
<b>Tipo</b>	Hongo giro 40mm S7Ret
<b>Contactos</b>	1NC/1NA
<b>Diámetro</b>	22mm
<b>Color</b>	Rojo



**Figura 41. Pulsador tipo hongo**

**Fuente:** (Sumelec, 2014)

#### 2.11.5. Selección de sensores.

La selección se basa en la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado para el trabajo requerido. Esto depende del material del objeto el cual debe detectar.

- a. **Sensor inductivo.-** este detecta objetos metálicos es uno de los requeridos en la máquina, la distancia del censado para el normal funcionamiento debe ser

de 1cm. En la tabla 10 Se muestra la especificación del sensor y en la figura 42 se muestra el sensor y su diagrama de conexión.

**Tabla 10.**

**Características técnicas**

Sensor UP18RLM5NA	
Alcance máx	5mm
Salida del sensor	NPN
Tensión de alimentación	5 a 30 V DC
Gama de producto	UP

Fuente: (Hanyoung Nux, 2007)



Type	Connection method		Output state
	Cable type	Relay connector type	
DC open / close			Sensing object: Yes (N.O.), No (N.C.) LCAD: Run (Brown - Black), Return Operation indicator: ON, OFF
			Sensing object: Yes (N.O.), No (N.C.) LCAD: Run (Black - Blue), Return Operation indicator: ON, OFF
DC and AC open/close			Sensing object: Yes (N.O.), No (N.C.) LCAD: Run, Return Operation indicator: ON, OFF

**Figura 42. Conexión del sensor**

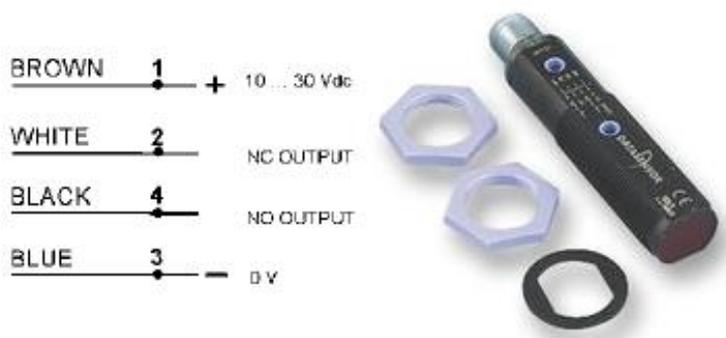
Fuente: (Universidad de Puerto Rico, 2016)

- b. **Sensor Fotoeléctrico.-** con este sensor ayuda a detectar con mejor exactitud la presencia de un objeto, en especial de material plástico. En la tabla 11 se muestra sus características técnicas, y en la figura 43 Se muestra el sensor y su diagrama de conexión.

**Tabla 11.****Características técnicas**

Sensor S50-PA-5-C10-PP	
Alcance máx	700mm
Salida del sensor	PNP
Tensión de alimentación	10 a 30 V DC
Gama de producto	S50

Fuente: Catalogo Data sensor S50-PA-5-C10-PP

**Figura 43. Conexión del sensor**

Fuente: Catalogo Data sensor S50-PA-5-C10-PP

- c. **Finales de carrera.**-Para el censado por contacto se utilizó dos tipos de finales de carrera a continuación se muestra la tabla 12 de características. En el ANEXO C, Pág.4

**Tabla 12.****Especificaciones del final de carrera tipo rodillo**

Especificaciones	Datos
Marca	Camsco
Tipo	Pulsador de rodillo
Modelo	Z-15GQ22-B
Voltaje	120/220V AC
Corriente	5 <sup>a</sup>



**Figura 44. Final de carrera tipo rodillo**

**Tabla 13.**

**Especificaciones del final de carrera tipo palanca**

Especificaciones	Datos
Marca	Camco
Tipo	Pulsador palanca
Modelo	V-15G2
Voltaje	120/220V AC
Corriente	5 <sup>a</sup>



**Figura 45. Final de carrera tipo palanca**

**2.11.6. Selección del contactor.**

Se selecciona el contactor que más se ajusta a las necesidades como es para el circuito de mando en las cuales las corrientes más significativas son del motor reductor de 3A y de la resistencia de 1.8A, la sumatoria de estos da un total de 4.8A y esta corriente se multiplica esta corriente por un factor del 1.25 recomendado se tiene la corriente de 6A. En la tabla 14 se muestra las características del contactor que se seleccionó para una corriente de 6A

**Tabla 14.****Características del contactor.**

Especificaciones	Datos
Marca	Schneider
Tipo	LC1D09M7
Tensión de la bobina	220 Vac
Frecuencia	50/60 Hz
Contactos auxiliares	2 NC / 2 NA
Categoría de servicio	AC3
Número de polos	3
Corriente de trabajo máx.	9ª

**Figura 46. Del contactor Schneider**

**Fuente:** (Schneider Electric, 2012)

**2.11.7. Selección de relés.**

Los relés son utilizados para separar eléctricamente la parte de control de la parte de fuerza de la máquina, las bobinas de los relés están directamente conectadas a las salidas del PLC. De acuerdo al diseño realizado, es necesario utilizar relés con bobinas a 24V DC.

En la figura 47 Se muestra el relé camscó y también en la tabla 15 Se muestra sus características. Ver ANEXO C, Pág. 5

**Tabla 15.****Características de los relés de DC**

Relé	Características
Marca	Camsco
Serie	LY-2-24 VDC
Voltaje	24 DC
Numero de contactos	2 NC / 2NA
Corriente	5 A
# de huecos en la base	8 planas.

**Figura 47. Relé Camsco****2.11.8. Selección del variador de frecuencia.**

La selección del variador de frecuencia se realiza principalmente a partir de los siguientes parámetros:

- Fuente 220V Ac Bifásica
- Potencia del motor a comandar:
- La corriente nominal del motor a comandar:
- El voltaje de alimentación del motor a comandar: 220 Ac Trifásica.

En la tabla 16 se muestra las características del variador de frecuencia seleccionado y en la figura 48 se muestra el variador y su diagrama de conexión.

Tabla 16.

## De características del variador

Descripción	Detalle
Serie	ACS150-3E-8A8-4
Potencia [KW]	Hasta 4
Corriente [A]	8,8
Voltaje de alimentación [V]	Monofásico/trifásico 220/220
Frecuencia de entrada [Hz]	50-60
Frecuencia de salida [Hz]	0-500

## Interfase y conexiones de control

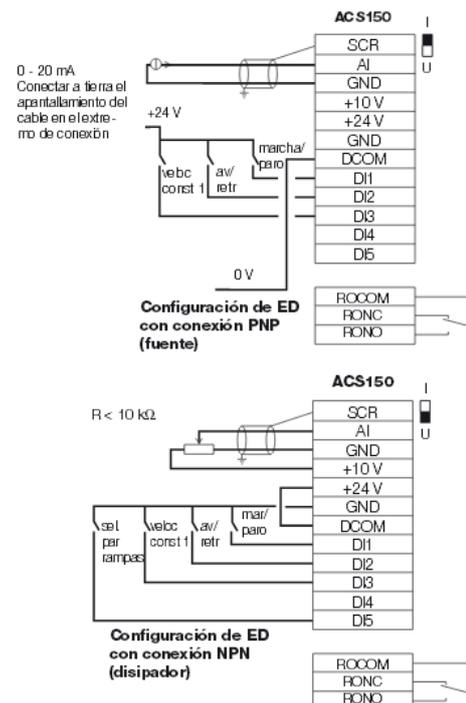


Figura 48. Del variador y su diagrama de conexión

Fuente: (Xinje, 2009)

## 2.11.9. Selección del panel operador.

Para el control de la máquina se realiza mediante el panel operador OP320-A ya sea un mando manual o un mando automático. La selección del OP se presenta en el Anexo C, Pág. 6. Y sus características se muestran en la tabla 17 Y en la figura 49 Se visualiza el panel operador.

**Tabla 17.****De características de panel operado.**

Panel operador	Características
<b>Fabricante</b>	Xinje
<b>Modelo</b>	OP320-A
<b>Voltaje de alimentación</b>	24V DC
<b>Comunicación</b>	RS-232
<b>Temperatura de operación</b>	0-50 °C
<b>Color de pantalla</b>	Lcd color verde amarillo

**Figura 49. Panel operador OP320-A Xinje.**

**Fuente:** (Xinje, 2009)

**2.11.10. Selección del PLC.**

En el Anexo C, Pág. 7, se selecciona un PLC marca XINJE, modelo XC3-32RT-E, el cual se muestra en la figura 50. El motivo por el cual se utiliza este dispositivo, es que cuenta con todas las necesidades y requerimientos para realizar la automatización de la máquina y también por ser de la misma marca del panel operador, esto permite una fácil y rápida comunicación entre estos elementos. En la tabla 18 Se presenta las características técnicas del PLC.

**Tabla 18.****Características técnicas del PLC XC3-32RT-E**

PLC	Características
Marca	Xinje
Voltaje de trabajo	100-240 V AC
Frecuencia	50/60 Hz
Temperatura ambiente	0-60 °C
Consumo de potencia	12W
Fuente de voltaje interno	24V DC $\pm$ 10% max 400mA
Número de entradas	18
Número de salidas a transistor	2 (Y0,Y1)
Número de salidas a relé	12 (Y12-Y15)
Software de programación	Gratuito
Lenguaje de programación	Ladder

**Figura 50. PLC XC3-32RT-E Xinje****Fuente:** (Xinje, 2009)**2.11.11. Selección de la protección del alimentador.**

Para realizar el dimensionamiento de la protección eléctrica de debe determinar la corriente que consume cada uno de los elementos que conforma el circuito, a continuación en la siguiente tabla 19 se detalla los componente y consumo de la corriente.

**Tabla 19.****Consumo de las cargas**

Cant.	Carga	Corriente $I_n$ (Amp)
1	Moto-reductor	2.9
1	Variador	0,075
1	LPC	0,075
1	Resistencia	1.8
3	Luces piloto	0,006
11	Relés auxiliares	0,15
7	Electro-válvulas	0,063
1	Control de temperatura	0.040
<b>Total</b>		<b>5,1 Amp.</b>

La corriente para dimensionar el interruptor termo magnético se calcula de la siguiente manera:

$$I = 1.5 \times I_{\text{Carga mayor}} + \sum I_{\text{cargas}}$$

$$I = 1.5 \times 5,1$$

$$I = 7.65A$$

El interruptor termo-magnético es de 10A debido a que en el mercado se encuentra interruptores termo-magnéticos con valores estándares por eso se toma uno con el valor más próximo al calculado, en este caso es de 10A. En la tabla 20 Se indica las características técnicas del interruptor termo-magnético así como también en la figura 51 se muestra el interruptor, detalles en el Anexo C, Pág. 8-9.

**Tabla 20.****Características técnicas del interruptor termo-magnético 2 polos**

Especificaciones	Datos
<b>Marca</b>	Schneider
<b>Modelo</b>	K60
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz
<b>Corriente</b>	10A
<b># de polos</b>	2
<b>Voltaje</b>	220V AC



**Figura 51. Interruptor termo magnético 2P**

## **2.12. Diseño del sistema de control de temperatura del sellador**

El diseño del sistema de control de temperatura contempla controladores de temperatura existentes en el mercado, que generalmente se utilizan en hornos para fundir y realizar tratamientos térmicos a metales. Además se emplearán relé de estado sólido y una termocupla y una resistencia tipo Cartucho de ½ pulgada de diámetro.

### **2.12.1. Selección del control de temperatura.**

El control de temperatura seleccionado posee las características que se necesita controlar adecuadamente la temperatura en el sellado, y también brinda facilidad para trabajar con cualquier temperatura que se desee, mientras que este dentro de los parámetros de trabajo, cuyas especificaciones se detallan en el Anexo C, Pág. 10-11. El controlador Watlow se muestra en la figura 52



**Figura 52. Controlador de temperatura Watlow EZ- ZONE.**

### 2.12.2. Selección de la termocupla.

El dimensionamiento de la termocupla se hace mediante recomendaciones técnicas que viene dadas por el órgano controlador de la temperatura.

Para el controlador se puede utilizar como entrada de señal analógica utilizada normalmente un termopar o RTD para la lectura de la temperatura de proceso, por tales especificaciones se decide utilizar una termocupla tipo J. En la tabla 21 Se muestra las características de la termocupla y a continuación la figura 53 La termocupla.

**Tabla 21.**

#### Características de la termocupla tipo J

Especificación	Datos
Marca	Emko
Termopar	Tipo J
Rango de temperatura	-200 a 1200 °C
Precisión	1%
Composición	Hierro-Constan
Recubierto	Acero inoxidable

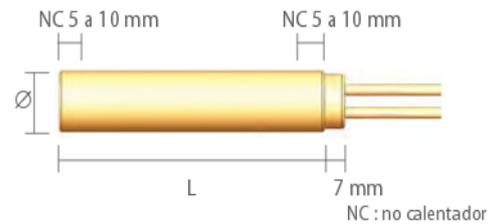


**Figura 53. Termocupla tipo J**

### 2.12.3. Selección de la niquelina.

El tipo de niquelina que se selecciono es de forma circular o llamado también cartucho con una potencia de 400W en la tabla 2.19 se muestra las características de la niquelina, en la figura 55 se muestra la niquelina.

Esta niquelina está en la capacidad de aumentar la temperatura del bronce para el sellado en el foil, es decir la niquelina convierte la energía eléctrica en calor.



Ø nominal - mm (equiv. pulgada)	Tolerancia sobre Ø - mm	L. mini estándar - mm (equiv. pulgada)	L. maxi estándar - mm (equiv. pulgada)
6.35 - (1/4")	-0.03 / -0.05	31.75 (1"1/4)	152.4 (6")
6.5	-0.03 / -0.05	32	160
8	-0.04 / -0.06	32	160
9.52 - (3/8")	-0.04 / -0.07	31.75 (1"1/4)	203.2 (8")
10	-0.04 / -0.07	32	200
12.5	-0.05 / -0.08	40	300
12.7 - (1/2")	-0.05 / -0.08	38.1 (1"1/2)	304.8 (12")
15.87 - (5/8")	-0.05 / -0.08	50.8 (2")	304.8 (12")
16	-0.05 / -0.08	40	300
19.05 - (3/4")	-0.06 / -0.1	63.5 (2"1/2)	304.8 (12")
20	-0.06 / -0.1	40	300
25.4 - (1")	-0.06 / -0.16	63.5 (2"1/2)	Consultámos

**Figura 54. Dimensiones de la niquelina**



**Figura 55. Tipo de niquelina**

**Fuente:** (Acim-Jouanin, 2012)

## CAPÍTULO III

### 3. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA SELLADORA AUTOMÁTICA DE VASOS DE YOGURT

#### 3.1. Componentes de la máquina

- Estructura.
- Mecanismo de giro.
- Sistema dispensador de vasos.
- Mecanismo de movimiento de la ventosa.
- Mecanismo de sellado.
- Sistema de salida de vasos.

##### 3.1.1. Estructura

La estructura es la encargada de soportar todos los diferentes componentes de la máquina. Es por eso que se debe tener firmeza y rigidez, para evitar que con el tiempo que se encuentre trabajando la máquina empiece a vibrar o a moverse.

Como se mencionó anteriormente la estructura o mesa será construida en su totalidad en acero inoxidable de tipo AISI 304, una vez que se seleccionó el tipo de material se procede a comprar y a realizar los trazos y cortes respectivos para darle forma a la estructura.

Para la base de la estructura se seleccionó un tubo cuadrado de 60\*30 mm. Una plancha de acero inoxidable de 900\*900\* 6.25 mm. A continuación se procede a construir las respectivas partes que conforman la estructura. Como se muestra en la figura 56.

Los elementos que conforman la estructura son debidamente contruidos de acuerdo a los planos indicados. Ver Anexo A.



**Figura 56. Estructura o Mesa**

**a. Soldadura y ensamblaje de los tubos de la mesa.**

La unión de cada uno de los elementos que conforman la estructura o mesa donde se van alojar todos los elementos de la máquina se realiza mediante cordones de soldadura, se utiliza una suelda TIG para soldar acero inoxidable AISI 304. (Ver figura 57)



**Figura 57. Equipo de soldadura utilizado.**

El proceso empleado para la construcción de este componente corresponde al proceso TIG (Tungsten inert gas) que quiere decir que es una soldadura al arco con protección gaseosa, que se utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presente en la atmosfera.

La característica más importante de esta soldadura es la calidad de suelda en todos los metales, las soldaduras hechas con el sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión con un acabado completamente liso dando una buena apariencia.

### **3.1.2. Mecanismo de giro**

El mecanismo de giro es el encargado de hacer girar el plato en el cual se van alojando los vasos para realizar el proceso de dosificado y sellado (ver figura 58 y figura 59). Mediante un sistema de movimiento llamado cruz de malta o rueda de ginebra la que da la posición exacta que se necesita para el sistema de sellado, en el cual esta acoplado el moto reductor y al otro lado el plato.

En el anexo A se muestra los componentes que conforman este mecanismo.

Este mecanismo costa de los siguientes elementos:

- Cruz de malta y rueda de ginebra.
- Eje motriz.
- Rodamientos.
- Moto reductor.
- Plato giratorio.
- Anillos.

#### **a. Cruz de malta o rueda de ginebra**

Este es uno de los mecanismos más utilizados para conseguir un tipo intermitente de movimiento por tener en su operación un tiempo de acción y un tiempo muerto necesarios para el sellado y dosificación. Como se muestra en la figura 58 y 59



**Figura 58. Mecanismo de movimiento intermitente.**



**Figura 59. Mecanismo de movimiento intermitente**

#### **b. Eje motriz**

Estos ejes se toman como patrones para los demás elementos del conjunto, es decir, es aquí donde se acoplan y donde actúan las diferentes fuerzas, el eje 1 produce el movimiento al plato es decir arrastra la carga mientras el eje 2 está alojado en la base y esta acoplado al moto reductor (ver figura 60).



**Figura 60. Eje principal motriz.**

### c. Rodamientos.

Es el conjunto de esfera, bolas, rodillos que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya.

Los rodamientos que se utilizó en el respectivo proyecto fueron adquiridos de acuerdo a la necesidad siendo estos de la serie SKF.

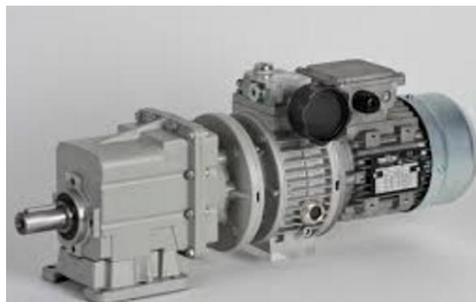
Rodamiento superior e inferior eje plato y eje moto reductor: 6305.

### d. Moto reductor

El moto reductor (ver figura 61) que se utilizo fue de ½ HP trifásico con una salida de 37 RPM la más cercana a la velocidad requerida.

Características del motor reductor:

- Potencia: 1/2 HP.
- Voltaje: 220 YY / 440 Y V trifásico.
- Velocidad de salida 37 RPM.
- Carga: Constante.
- Ambiente de trabajo: IP55
- Tipo de reducto: Axial.



**Figura 61. Moto reductor.**

**Fuente:** (Transtecno Group, 2016)

### e. Construcción del plato giratorio

El plato es también un elemento importante, debido a que en este se aloja los vasos y van pasando por diversas etapas que tiene el proceso de dosificado y sellado (ver figura 62), construido de aluminio fundido, el cual tiene seis agujeros los cuales se los realizó mediante el plato divisor en la fresadora.



**Figura 62. Plato giratorio.**

Como características relevantes se tiene:

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Es un material dúctil.
- Es de baja densidad, porque el material es liviano.
- Además es de un relativo bajo costo.

#### e1. Propiedades del aluminio.

Esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ) = 90 N/mm<sup>2</sup>

Densidad ( $\rho$ ) = 2650 Kg / m<sup>3</sup>

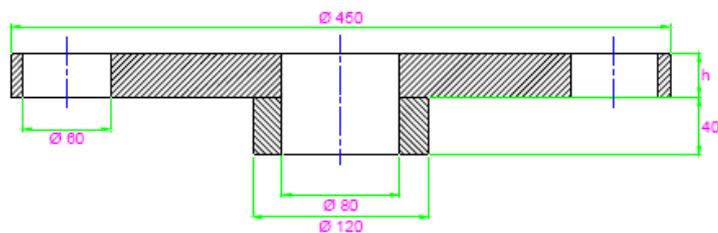


Fig. 4.6. Dimensiones del plato rotatorio

### Figura 63. Dimensiones del plato rotativo.

#### f. Construcción de los anillos de soporte de los vasos.

Los anillos están contruidos de acero inoxidable AISI 304 en los cuales se alojan los vasos evitando así el desgaste del plato giratorio, los cuales se los realizó desmontables para poder cambiarlos en el momento en que se deterioren por contacto continuo del sistema de sellado. Ver figura 64



Figura 64. Anillos

#### 3.1.3. Sistema dispensador de vasos

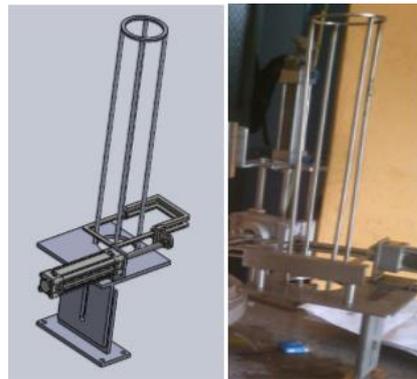
El dispensador es el encargado de suministrar los vasos mediante el sistema votador de vasos, el cual permite que los vasos bajen de uno a uno a medida que el plato giratorio va avanzando, siendo este un proceso continuo. Tomando en cuenta que siempre debe existir los vasos necesarios.

El dispensador que se muestra en la figura 65 en su totalidad está construido de acero inoxidable.

Los elementos que conforman este sistema son debidamente contruidos de acuerdo a los planos indicados.

En la figura No. 65: se observa los elementos que conforman el dispensador de vasos son:

- Anillo.
- Varilla.
- Placas de apoyo.
- Placa base.
- Sujetador de vasos.



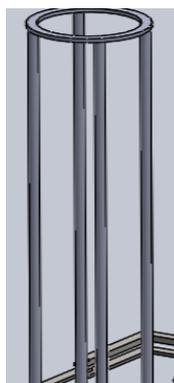
**Figura 65. Dispensador de vasos.**

#### **a. Anillos**

Los anillos están contruidos de acero inoxidable AISI 304, sirven de soporte para las varillas.

#### **b. Varillas**

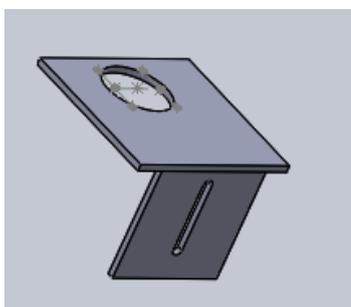
Las varillas son de acero inoxidable AISI 304 sirven de guía para apilarlos vasos que se van a utilizar para el envasado y sellado del yogurt. Como se muestra en la figura 66. Ver Planos Anexo A.



**Figura 66. Varilla.**

**c. Placa de Apoyo.**

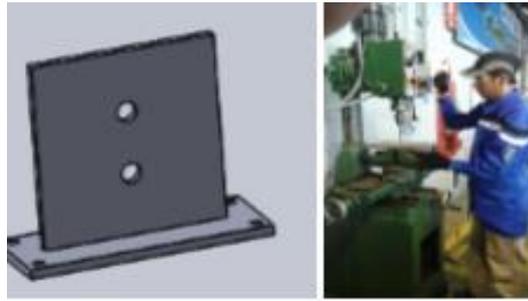
La placa de apoyo está construida de acero inoxidable AISI 304, en esta placa van soldados las varillas que van a servir de guía de los vasos. Como se muestra en la figura 67.



**Figura 67. Placa de Apoyo.**

**d. Placa Base**

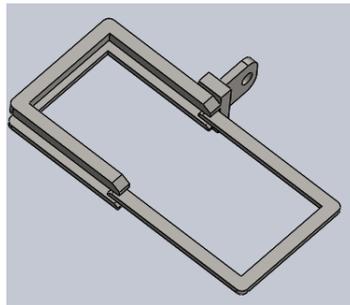
La placa base está construida de acero inoxidable AISI 304 la misma que esta soldada en la estructura de la máquina, sirve para montar en la estructura. Como se muestra en la figura 68. Ver Plano Anexo A.



**Figura 68. Placa Base.**

#### **e. Sujetador de Vasos.**

El sujetador de vasos está construido de acero inoxidable AISI 304 la misma que va soldada en la placa de apoyo. Como se muestra en la figura 69. Ver Plano Anexo A.



**Figura 69. Sujetador de Vasos.**

#### **3.1.4. Sistema Movimiento de la Ventosa.**

El mecanismo de movimiento de la ventosa que se muestra en la figura 70 es el encargado de mover a la ventosa y este a su vez por un generador de vacío absorbe la tapa de aluminio o foil de aluminio para colocarla en el vaso, el movimiento de la ventosa es producido por un pistón que gira a 180 grados, un pistón que permite que baje y suba la ventosa con el foil exactamente desde el punto donde se absorbe el foil hasta depositarla sobre el vaso.

El mecanismo de movimiento de la ventosa está construido de acero inoxidable, se observa el conjunto en el plano Anexo A.

Los elementos que conforman el mecanismo de movimiento de la ventosa, son debidamente contruidos de acuerdo a los planos de taller indicados. Ver planos anexo A.

El sistema de movimiento de la ventosa está compuesto por los siguientes elementos.

- Sujetador Foil.
- Eje ventosa.
- Sujetador ventosa.
- Ventosa.
- Sujetador ventosa 2.
- Actuador giratorio lateral.
- Guía actuador giratoria.
- Base actuador giratorio.
- Bocín actuador giratorio.



**Figura 70. Sistema Movimiento de la Ventosa.**

#### **a. Sujetador de foil.**

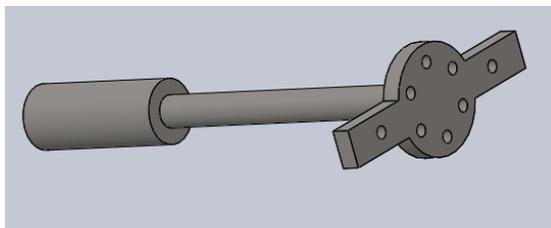
El sujetador de foil está construido de un tubo de 2 ½ “acero inoxidable AISI 304, en el cual se aloja los foil de aluminio. Como se muestra en la figura 71. Ver plano anexo A.



**Figura 71. Sujetador de Foil**

**b. Eje Ventosa.**

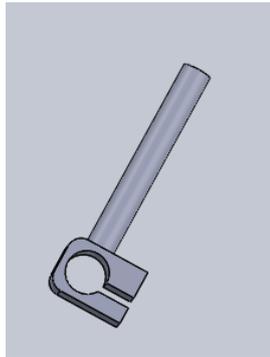
El eje de la ventosa es el que permite el giro de la ventosa para absorber la tapa de aluminio y luego transportarlo hasta el vaso, está construido de acero inoxidable de transmisión. Como se muestra en la figura 72. Ver plano anexo A.



**Figura 72. Eje Ventosa**

**c. Sujetador de ventosa.**

El sujetador de la ventosa está construido de eje de transmisión de acero inoxidable AISI 304 el cual sujeta a la ventosa para permitir el movimiento. Como se muestra en la figura 73 Ver plano anexo A.



**Figura 73. Sujetador Ventosa**

**d. Ventosa.**

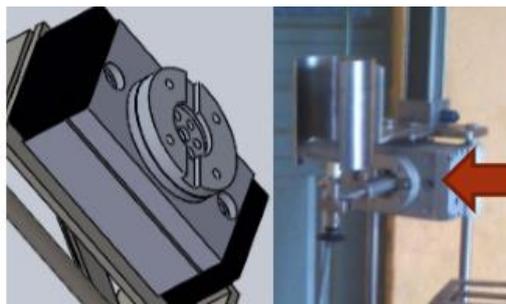
Ventosa es de un material de caucho. Como se muestra en la figura 74.



**Figura 74. Ventosa**

**e. Actuador giratorio lateral.**

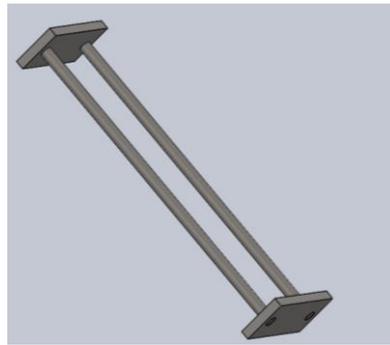
El actuador da el giro de 180 grados para que realice el giro de la ventosa. Como se muestra en la figura 75.



**Figura 75. Actuador giratorio lateral.**

**f. Guía actuador giratoria.**

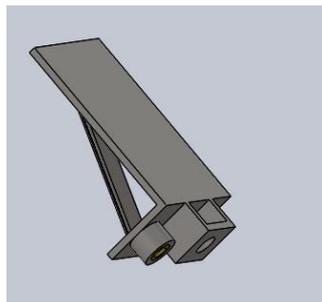
Sirve de guía para que suba o baje el actuador giratorio, está construido de acero inoxidable ASI 304. Como se muestra en la figura 76.



**Figura 76. Guía actuador giratorio.**

**g. Base actuador giratoria.**

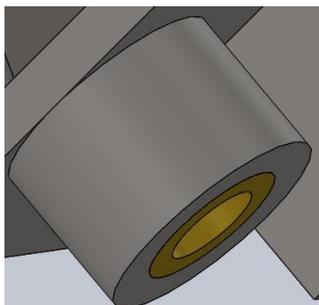
La base de soporte del cilindro giratorio está construida de acero inoxidable el cual soporta el cilindro neumático giratorio y está construido de acero inoxidable AISI 304. Como se muestra en la figura 77.



**Figura 77. Base actuador giratorio.**

**h. Bocín actuador giratorio.**

El bocín está construido de duralón y su función es servir de guía para el eje que está conectado con la ventosa permitiendo así el giro de la misma. Como se muestra en la figura. 78.



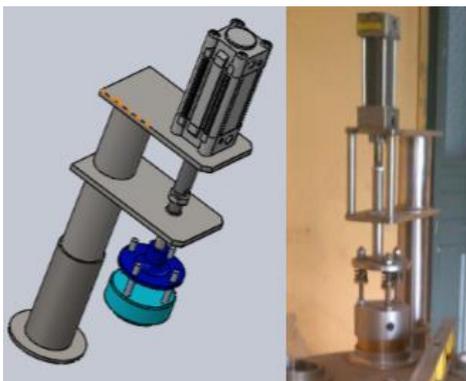
**Figura 78. Bocín**

### **3.1.5. Sistema de sellado**

El sistema de sellado que se muestra en la figura 79. Es el encargado de realizar el sellado de los envases de yogurt, este sellado se realiza a una temperatura de 280°C, temperatura que se controla mediante un controlador de temperatura por medio de una termocupla que se encarga de enviar señales al controlador cuando la temperatura baje para que se enclave el rele y se caliente la niquelina, así mismo cuando llegue a una temperatura establecida envía una señal para que el controlador desconecte la niquelina y la apague. Esta temperatura está oscilando entre 270 °C y 280 °C valores en los cuales el controlador entra en funcionamiento.

El sistema de sellado está compuesto por los siguientes elementos:

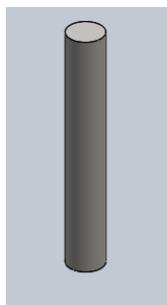
- Eje
- Resortes
- Placa
- Base sellador
- Base resortes
- Cabeza niquelina
- Pistón



**Figura 79. Sistema de Sellado**

#### **a. Eje**

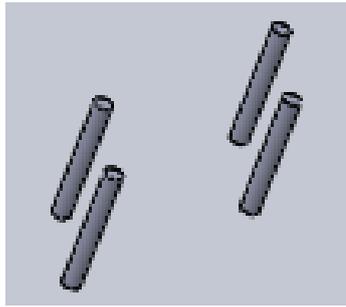
El eje está construido de acero inoxidable de transmisión y su función es transmitir el movimiento hasta el sellador con el fin de obtener un sello totalmente hermético. Como se muestra en la figura 80.



**Figura 80. Eje**

#### **b. Resortes**

El resorte está construido de acero inoxidable y se encuentra en el mercado con las especificaciones de acuerdo a las necesidades, este va a servir como amortiguador del sellador para que no tenga un golpe brusco. Ver en la siguiente figura 81.



**Figura 81. Resortes.**

**c. Placa**

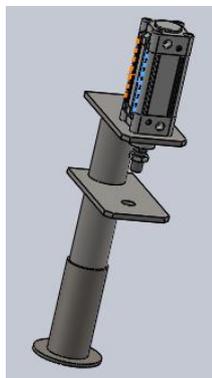
Está construido de acero inoxidable y sirve de soporte superior de los resortes.

**d. Bocín guía**

El bocín sirve de guía del eje para que baje longitudinalmente y evitar la fricción de dos metales, está construido de duralon.

**e. Base**

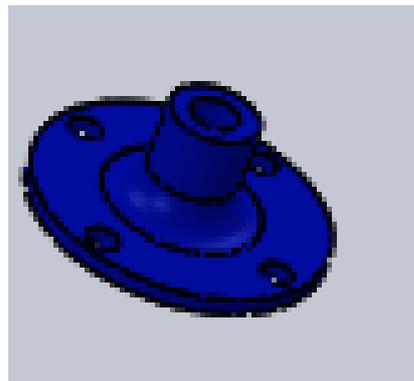
Esta base está construido de un tubo inoxidable de 2 pulgadas con un regulador de altura, dando la altura según se requiera el operador para un buen sellado, como se muestra en la figura 82.



**Figura 82. Base**

### 3.1.6. Base resortes

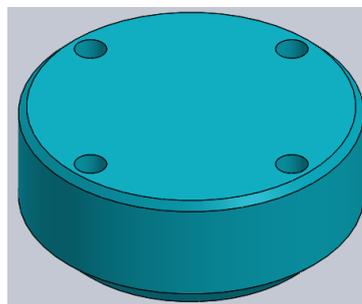
Esta base está construida de aluminio fundido para que pueda servir de soporte de los resortes en la parte inferior y también sirve para transferencia de calor del sellador en esta base se acopla la termocupla que detecta a que temperatura está trabajando el sellador, como se muestra en la figura 83.



**Figura 83. Base resortes.**

#### a. Cabeza niquelina o Sellador

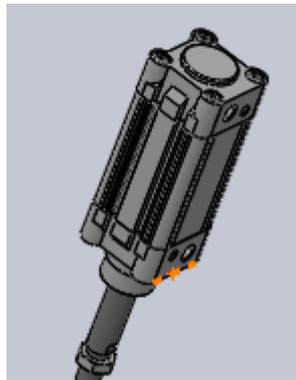
Está construido de bronce fosfórico material que soporta altas temperaturas, debido a que el sellador va a estar siempre trabajando en un rango de temperatura de 270 °C a 280 °C, por lo cual se construye en este material. Como se muestra en la figura 84.



**Figura 84. Cabeza niquelina o sellador.**

### b. Pistón

El pistón da la fuerza para el sellado, y que el sellado sea perfecto. Como se muestra en la figura 85.



**Figura 85. Pistón**

### 3.1.7. Sistema de salida de vasos

El sistema de salida de vasos que se muestra en la figura es el encargado de realizar el último paso del proceso, este sistema consta de dos pistones: con el primer pistón empuja el vaso que se encuentra en el plato giratorio este a su vez empuja por la parte inferior levantándolo para que el segundo pistón le empuje hacia afuera en donde esta una base para el producto terminado y finalmente pueda ser retirado. Este sistema de salida de vasos también está construido de acero inoxidable. Como se muestra en la figura 86.



**Figura 86. Base salida de vasos.**

Los elementos que conforman el sistema de salida de vasos son:

- Placa base de salida de vasos.
- Dos pistones.
- Base de teflón.
- Brazo

#### **a. Placa base salida de vasos**

La base o placa está construida de acero inoxidable AISI 304 en su totalidad, este elemento cumple la función de soportar los vasos en su última etapa, cuando el producto está terminado.

#### **b. Pistones**

Son los encargados de empujar hacia arriba y sacar los vasos a la placa base.

#### **c. Base de duralón.**

Esta cumple la función de servir de soporte al momento que el pistón empuja el vaso para que no se caiga, está construida de duralón.

#### **d. Brazo**

Es el encargado de sacar los vasos mediante su brazo, está construido de acero inoxidable. Como se indica en la figura 87.



**Figura 87. Brazo votador de vasos.**

### **3.2. Implementación del sistema neumático.**

#### **3.2.1. Instalación de la unidad de mantenimiento.**

La unidad de mantenimiento es importante para este sistema neumático, debido a la calidad de aire que se requiere en el sistema ya que los cilindros neumáticos estarían en contacto con el producto para realizar todo el proceso de sellado de los vasos de yogurt.

La unidad de mantenimiento se instala en una de las 4 caras de la mesa base como se muestra en la figura 88.



**Figura 88. Montaje de la unidad de mantenimiento.**

### 3.2.2. Instalación de electroválvulas.

Las electroválvulas se instalan en una base distribuidora de aire llamada manifold la misma que se encuentra sujeta por medio de pernos M4 en el interior de la estructura de la mesa. En la figura 89 se muestra el montaje y ubicación de las electroválvulas.



**Figura 89. Montaje de las electroválvulas.**

### 3.2.3. Instalación de los diferentes actuadores neumáticos.

#### a. Disposición de cilindro neumático del dispensador de vasos.

Este cilindro se instala sobre el soporte del mecanismo dispensador y acoplado al mismo cuando actúa el cilindro realiza el movimiento de las platinas guías que hace que deje pasar un vaso al porta vasos, en la figura 90 se muestra el lugar instalado el cilindro neumático.



**Figura 90. Montaje del cilindro neumático dispensador de vasos**

**b. Disposición de cilindro neumático ascensor y actuador giratorio.**

Este cilindro de doble efecto se instala sobre el actuador giratorio de 180°, el cilindro de doble efecto se encuentra acoplada a la base del actuador giratorio, con este sistema neumático hace que realice la puesta de papel foil o tapa en el vaso.

En la figura 91 se muestra el montaje y la posición respectiva de cada uno de los cilindros.



**Figura 91. Montaje del cilindro de doble efecto y actuador giratorio.**

### c. Disposición del cilindro neumático de doble efecto para el sellador.

Este cilindro se instala en forma vertical sobre el disco porta vasos, en el cilindro se encuentra acoplado una masa redonda de bronce el cual en condiciones de operación debe estar a una temperatura de 290° centígrados para cuando actúe el cilindro selle el vaso por transferencia de calor y prensa. Este cilindro debe estar centrado que coincida con el orificio del vaso para realiza el sellado.

La figura 92 se muestra la posición del cilindro neumático del sellador.



**Figura 92. Montaje del cilindro neumático sellador**

### d. Disposición de los cilindros neumáticos que realiza el sistema de expulsión del producto sellado.

Para este sistema de expulsión de vasos ya sellados se dispone de dos cilindros los que están montados de la siguiente manera:

Un cilindro de doble efecto montado en la parte inferior de la mesa que hace que le suba al vaso a una determinada altura para luego con el segundo cilindro que es un actuador giratorio de 90° gire y expulse el vaso hacia fuera, este segundo actuador giratorio se encuentra acoplado a una palanca en forma de L. Este sistema se muestra en la figura 93



**Figura 93. Montaje de los cilindros que hacen el trabajo de expulsión del vaso sellado.**

#### **3.2.4. Conexión de equipos neumáticos.**

Para la conexión entre los diferentes elementos neumáticos se realiza mediante una manguera de poliuretano de 8mm de diámetro y los diferentes tipos de conectores que se fue seleccionado como se muestra en la figura 94



**Figura 94. Conexión de elementos neumático.**

### **3.3. Construcción y montaje del sistema eléctrico y de control**

#### **3.3.1. Instalación y montaje del tablero de control.**

El tablero de control es de material inoxidable y se ubica sobre la mesa anclado por 2 pernos M6 en cada base como se muestra en la figura 95

En la parte frontal del tablero de control se encuentran colocado 3 luces pilotos, un selector energización de circuito de control, un controlador de temperatura y también el panel operador.



**Figura 95. Montaje del tablero de control.**

#### **3.3.2. Instalación y montaje del tablero eléctrico.**

La conexión del tablero eléctrico y sus componentes se realiza de acuerdo al diagrama eléctrico diseñado en el capítulo II. Este tablero está ubicado en la parte interna de la mesa lado izquierdo como se muestra en la figura 96.



**Figura 96. Montaje del tablero eléctrico.**

**a. Montaje de los componentes eléctricos.**

Los componentes del tablero de encuentran distribuidos de la siguiente forma:

En la primera fila consta de un breakers, una fuente, borneras y el PLC en la segunda fila se distribuyen los 7 relés, un contactor y un relé de estado sólido y en la última fila se encuentra las borneras de salidas a las electroválvulas y también se encuentra el variador. Todos estos componentes es encuentran conectados de acuerdo al diagrama del diseño eléctrico realizado.

En la figura 97 se muestra la distribución y montaje de los componentes del tablero eléctrico.



**Figura 97. Montaje y distribución de los componentes eléctricos.**

**b. Montaje del sensor inductivo.**

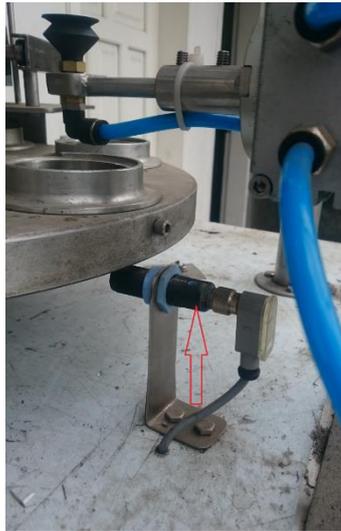
Este sensor se encuentra ubicado junto al mecanismo de cruz de malta y hace que este sensor envíe una señal al plc de que inicia el movimiento del disco porta vaso. En la figura 98 se muestra la ubicación de sensor inductivo.



**Figura 98. Montaje del sensor inductivo.**

**c. Montaje del sensor óptico.**

Este sensor se encuentra ubicado sobre la mesa en la estación de puesta de foil y está en una posición que detecte que hay vaso en esa estación y es el que envía una señal al plc del inicio de la secuencia de la máquina selladora. En la figura 99 se muestra la ubicación del sensor óptico.



**Figura 99. Montaje del sensor óptico.**

**d. Montaje de los finales de carrera.**

Los finales de carrera están ubicados como se muestra en la figura 100, están colocados estratégicamente como seguridad de la máquina, estos finales de carrera envían una señal al plc en caso de que el cilindro neumático de sellado o el cilindro neumático de ascenso de producto sellado que dan salidos o activados.



**Figura 100. Montaje de los finales de carrera.**

### 3.4. Diseño de programación del PLC.

En esta sección tiene como fin explicar en forma resumida cada uno de los pasos que se realizó para la programación del PLC y por ende la automatización de la máquina.

#### 3.4.1. Reconocimiento de señales.

Para la programación del PLC se utilizaron señales de entradas digitales y señales de salida para activar o desactivar elementos eléctricos que conforma la máquina selladora.

##### a. Señales de entrada.

Estas señales serán las encargadas de ordenar o dar una instrucción al PLC y este a su vez a la máquina. La mayoría de señales se encuentran en el tablero de control en el panel operador donde se envía instrucciones al PLC, salvo las señales que corresponde a los sensores inductivo, óptico, y finales de carrera.

En la tabla 22 se describe cada una de las entradas del PLC que se utilizó.

**Tabla 22.**

#### Descripción de las señales de entrada.

Entradas PLC XINJE		
<b>X0</b>	Posición cruz de malta	Sensor INDUCTIVO
<b>X1</b>	Detector de vasos	Sensor capacitivo
<b>X2</b>	final carrera producto terminado	Final carrera
<b>X3</b>	final carrera sellador	Final carrera
<b>X4</b>	Paro de emergencia	pulsador tipo hongo

##### b. Señales de salida.

Estas señales serán las encargadas de accionar los actuadores de la máquina. En la tabla 23 se muestra la descripción de las señales de salida.

**Tabla 23.****De salida Descripción de señales.**

Salidas PLC XINJE		
Y0	Spare	
Y1	Spare	
Y2	Botador de vasos	Relé - electroválvula
Y3	Ventosa	Relé - electroválvula
Y4	Cilindro giratorio arriba	Relé - electroválvula
Y5	Cilindro giratorio abajo	Relé - electroválvula
Y6	sellador y sistema foil abajo	Relé - electroválvula
Y7	Elevador de vasos	Relé - electroválvula
Y10	botador vaso terminado	Relé - electroválvula
Y11	indicador naranja	Alarma
Y12	indicador rojo	Funcionando
Y13	variador vf	Relé
Y14	Indicador verde	Reposo

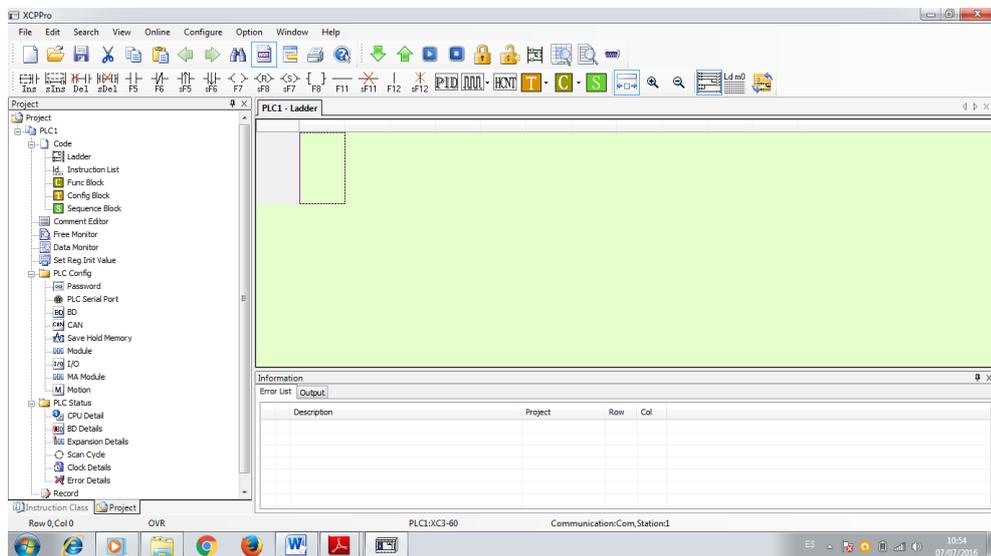
**3.4.2. Conexión del PLC.**

Conocidas las funciones que debe realizar la máquina y también las salidas y entradas del PLC, se procede a conectar cada uno de los elementos, para posteriormente continuar con la programación del PLC como se muestra en la figura 101

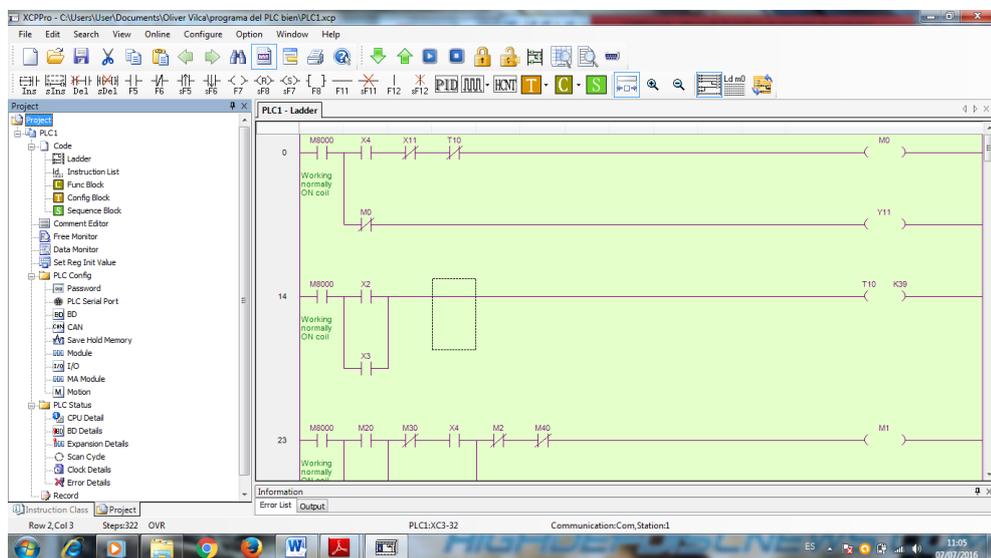
**Figura 101. Conexión del PLC.****3.4.3. Software de programación del PLC.**

Para la programación de PLC XINJE es necesario utilizar el software XCP Pro V3.3C, este software permite dos tipos de lenguaje de programación como son lenguaje ladder y por lista de instrucciones.

Por la facilidad de programación se decide utilizar el lenguaje ladder o escalera para la programación del plc. En la figura 102 se muestra la pantalla de inicio del software XCP Pro V3.3C.



**Figura 102. Pantalla de inicio del software del XCP Pro V3.3C**



**Figura 103. Programación del PLC**

Luego que se ha finalizado las líneas de programación en el software XCP Pro V3.3C, el siguiente paso es cargar dicho programa al PLC XINJE mediante un cable conversor de USB a RS-232 y un cable DB9 como se muestra en la figura 104. La programación se muestra en el anexo.



**Figura 104.** Cable de transferencia de datos de PC- PLC o viceversa.

### **3.5. Diseño e implementación del sistema HMI.**

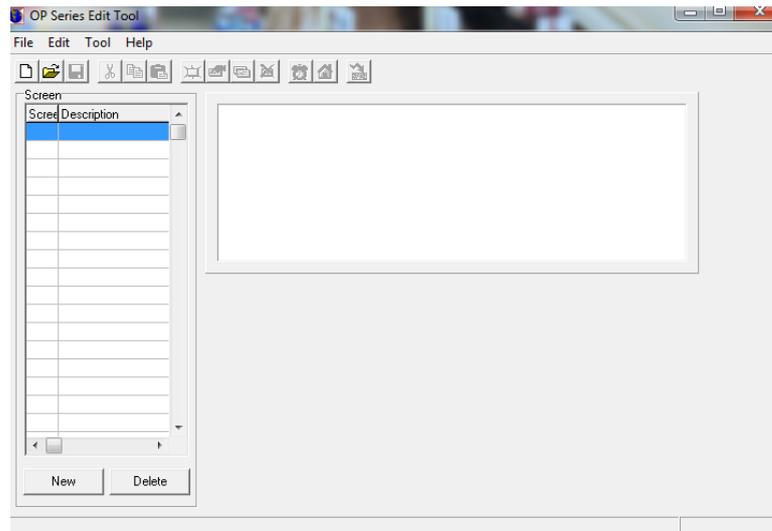
Para la implementación del sistema HMI se utiliza el panel operador OP-320A que fue seleccionado en el capítulo anterior, el cual permite el interfaz operador y la máquina. Para la programación del panel operador se utiliza el software OP20 Edit Tool como se muestra en la figura 105



**Figura 105.** Icono del software OP20 Edit Tool.

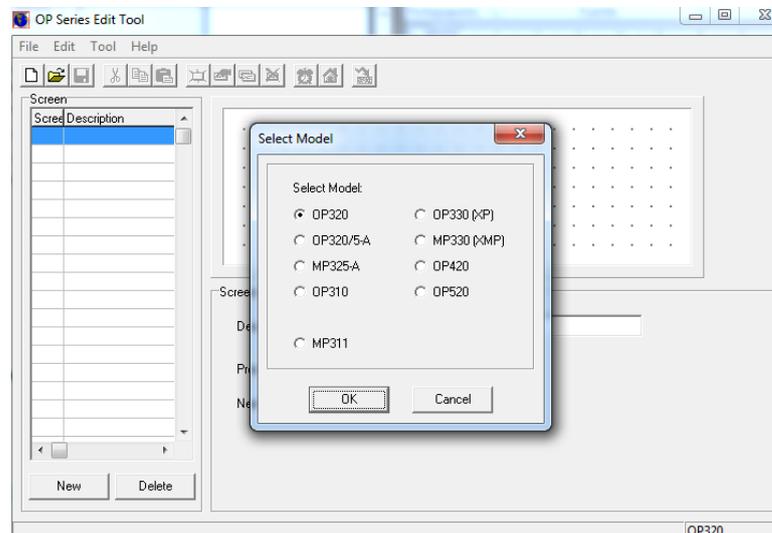
#### **3.5.1. Configuración del software OP20 Edit Tool.**

En la figura 106 se muestra la pantalla de inicio del software.



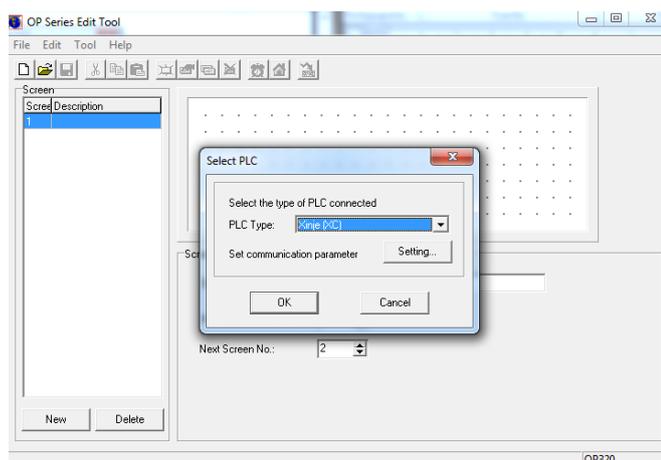
**Figura 106. De pantalla de inicio del Software**

En el software OP20 Edit Tool permite programar varios modelos de paneles operadores de la marca XINJE. Para el panel operador seleccionado para este proyecto se selecciona el modelo OP-320 como se muestra en la figura 107



**Figura 107. Selección del modelo del panel operador.**

Una vez seleccionado el modelo del panel operación, se elige el tipo de PLC a controlar como se muestra en la figura 108.



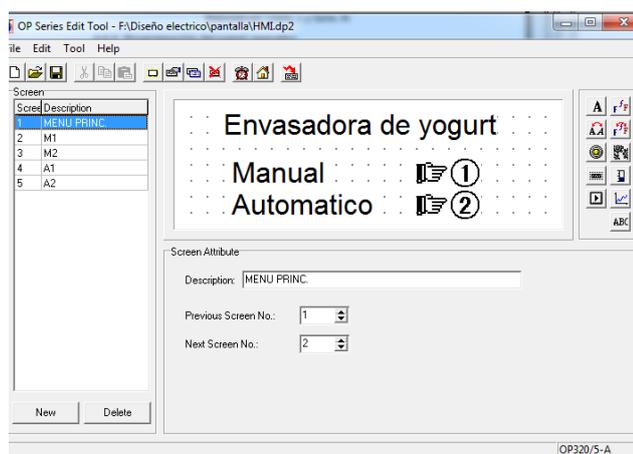
**Figura 108. Selección del PLC.**

### 3.5.2. Programación del panel operador.

El panel operador se encuentra programado en 5 pantallas de control, las cuales se detallan a continuación:

#### a. Pantalla N° 1.

En esta pantalla se selecciona la forma que desea trabajar el operador en forma manual o en forma automática como se muestra en la figura 109.

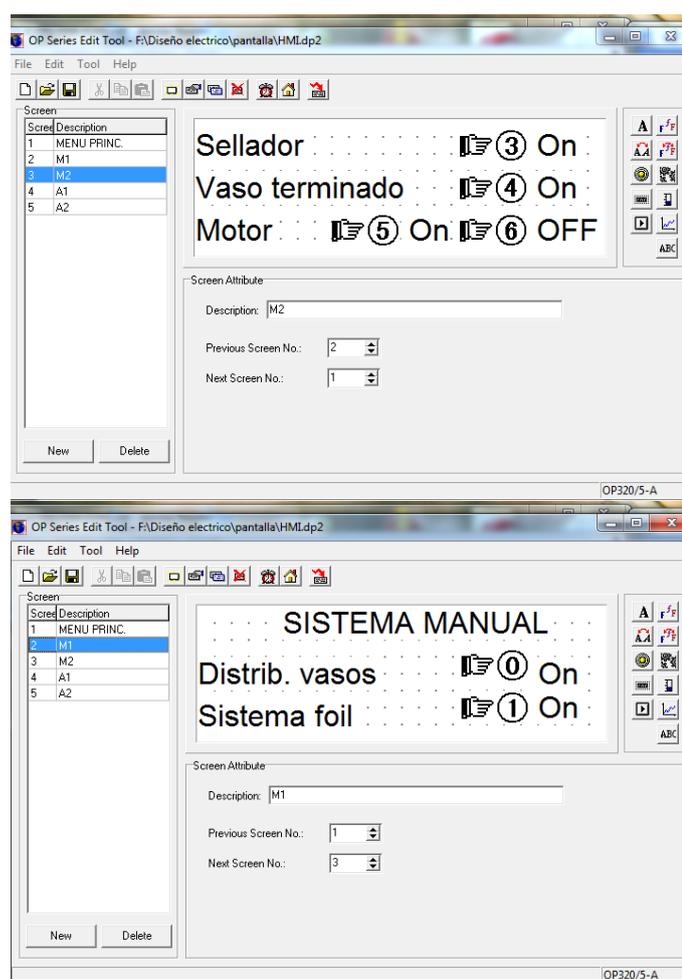


**Figura 109. Pantalla de selección manual o automático.**

Según la selección de forma manual o automática le corresponde las pantallas.

### b. Pantallas N° 2 y 3

Estas pantallas como se muestra en las figuras 110 corresponde a que la máquina va a trabajar en forma manual, y en estas pantallas se encuentran los mandos para el accionamiento de sus actuadores para realizar el proceso de sellado de los vasos de yogurt.

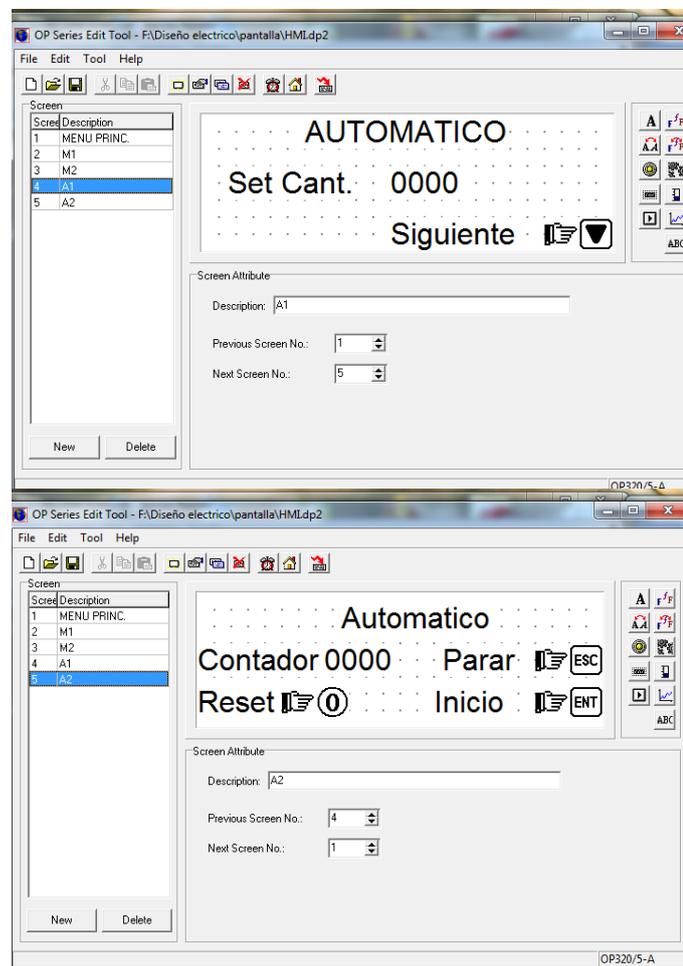


**Figura 110. Pantalla que corresponde cuando la máquina trabaja en forma manual.**

### c. Pantallas N° 4 y 5

Estas pantallas de muestra en la figura 111 que corresponde a la máquina cuando va a trabajar en forma automática en la cual consta en primera pantalla ingreso la

cantidad de vasos que se va realizar y en siguiente pantalla se muestran el mando de inicio o arranque.



**Figura 111. Pantalla que corresponde cuando la máquina trabajar en forma automática.**

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez que se terminó con la construcción y el montaje de los sistemas mecánico, eléctrico y neumático que constituye la máquina, se procede a realizar una evaluación de funcionamiento y con esto detectar posibles fallas en los sistemas, a continuación se explica las pruebas realizadas.

#### 4.1. Pruebas en el sistema mecánico

El primer paso es la prueba del sistema dispensador de vasos, el cual debe estar correctamente alineado y sincronizado para que su accionamiento se realice sin dificultad y el vaso caiga de manera adecuada en la rueda transportadora de vasos.

En segundo lugar se realizó pruebas y ajustes en el sistema de traslado y colocado de tapas de papel aluminio o foil en el vaso mediante la ventosa, las tapas o foli deben estar muy bien centradas ya que si no está al momento del proceso de sellado se podría producir pequeñas fugas del líquido y también tienen que estar alineada a la rueda portadora de vasos.

Después se procede a probar el sistema de sellado, el cual debe estar centrado a la rueda portadora de vasos y sincronizado para que su accionamiento se realice sin dificultad y lograr así el resultado esperado.

Finalmente el ultimo sistema es el de expulsión o retirado de vaso sellado de la rueda portadora de vasos, de igual forma debe estar bien centrado a la rueda portadora de vasos para que se realice correctamente su trabajo y no haya dificultad de rozamiento u choque en la extracción del producto terminado.

Para todos los sistemas mecánicos se requiere un correcto centrado cada uno de los sistemas con respecto a la rueda portadora de vasos y la sincronización con el

mecanismo cruz de malta, cuando el sistema cruz de malta se encuentra en reposo de debe accionar todos los sistemas mecánico sin producir fricción u golpe y cuando el sistema cruz de mala se encuentra en movimiento todos los sistemas para el sellado deben encontrases en posición inicial o de reposos.

#### **4.2. Pruebas del sistema neumático**

Para el sistema neumático es probado cuando el sistema mecánico ya está con los ajustes requeridos y está en óptimas condiciones. Para realizar estas pruebas es necesario aire comprimido a presión y flujo constante.

Con esto se puede revisar posibles fugas de aire y también regular el flujo de aire según requiera en cada sistema y también en la acometida de toma principal.

#### **4.3. Pruebas en el sistema eléctrico y de control**

Con el sistema neumático, mecánico están probados y en óptimas condiciones se procede a las pruebas del sistema de control.

Para estas pruebas se realizan con el mando modo manual de la máquina y energizado para comprobar que estén correctamente conectadas las electroválvulas con los actuadores correspondientes y también verificando que llegue las señales de los sensores al PLC.

Final mente se realiza pruebas en modo automático para verificar la sincronización de cada uno de las estaciones y que realice el trabajo que se requiere.

Todo el sistema eléctrico y de control fue comprobado de acuerdo a los planos eléctricos que se detallan en los anexos.

#### 4.4. Pruebas del sellado

En los capítulos anteriores se mencionó que para el calentamiento del bronce se utilizó una niquelina y esta se encuentra conectada a un control de temperatura electrónico marca WATLOW y a las entradas de este controlador una termocupla tipo K, la cual envía al controlador la señal de cuanto está la temperatura se encuentra.

El calentamiento de la niquelina a una temperatura de 290° a 310° centígrados fue de 5 a 10 minutos que se demora. Este valor de temperatura es la más apropiada para realizar el sellado o el compactado del vaso y el papel foil.

El control de temperatura tiene la propiedad de realizar el control PID, con esto ayuda que la pieza de bronce se mantenga en una temperatura constante y así garantice el sellado. De esta forma disminuye el desprendimiento de material y número de paradas innecesarias de la máquina.

Para la calibración de parámetros PID se utiliza la función auto-tuning del controlador, esta es una función automática que sirve para buscar los valores óptimos o de referencia de las constantes del control PID y se realiza con la temperatura de trabajo seteado.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis financiero es un proceso que permite determinar de manera objetiva la factibilidad y viabilidad de invertir en la elaboración de una máquina selladora en la empresa LIBERLAC.

#### 5.1. Análisis de costos

Son todos aquellos recursos económicos que se requieren para la adquisición de los diferentes materiales que se utilizar durante construcción e implantación de la máquina a realizarse.

Todos los costos incurridos en el presente proyecto reflejan la calidad y cantidad de recursos que se utilizó en la elaboración de la máquina selladora.

En este punto se incluye la aplicación de un pronóstico de la producción e inversión en la empresa para futuros años mediante los flujos de caja el cual permitirá identificar:

- El periodo de recuperación de capital invertido PAYBAC
- El valor actual neto VAN
- La tasa interna de retorno TIR
- Relación beneficio – costo

Mediante el cálculo de los flujos de caja se detallan los ingresos y egresos del dinero durante un periodo determinado de tal forma que ayuda a la verificación de sus valores permitiendo así la toma de decisión por parte de la empresa.

### 5.1.1. Costo del sistema mecánico

Son todos aquellos costos que se intervinieron en la presente máquina, materiales, equipos, elaboración de cada una de las partes de la máquina, montaje entre otros que intervendrán para los cálculos que se ha tomado en consideración en este punto.

**Tabla 24.**

#### Costos del sistema mecánico.

N°	CANTIDAD	DETALLE	SUBTOTAL	IVA	TOTAL
1	1	Platina de acero INOX 9*50	131,58	18,42	\$ 150,00
2	1	Eje INOX 1/2	26,32	3,68	\$ 30,00
3	1	Eje INOX 1/4	8,77	1,23	\$ 10,00
4	2	Plancha INOX 1.5 mm Pulida	214,36	30,01	\$ 244,37
5	90*90cm	Plancha INOX 6 mm Pulida	175,44	24,56	\$ 200,00
6	50 cm	Nylon barra MY6 BSA 25mm	2,63	0,37	\$ 3,00
7	50 cm	Bronce dulce 3/4	6,24	0,87	\$ 7,11
8	5cm	Aluminio barra redonda 2"	2,66	0,37	\$ 3,03
9	1	Rodamiento 608 - 2RS	21,93	3,07	\$ 25,00
10	0.55 kg	Eje INOX 2 1/2	8,77	1,23	\$ 10,00
11	0.40 kg	Platina de acero INOX 3*12	8,77	1,23	\$ 10,00
12	1	Tubo cuadrado 1"	40,35	5,65	\$ 46,00
13	2	Tubo cuadrado 1 1/2"	140,18	19,62	\$ 159,80
14	1	tubo redondo 1"	8,77	1,23	\$ 10,00
15	1	Tubo redondo 1 1/2"	70,18	9,82	\$ 80,00
16	0.10 Kg	Platina de acero INOX 3*30	4,39	0,61	\$ 5,00
17	1	Varios (Pernos, tuercas, etc.)	70,18	9,82	\$ 80,00
18	1	Aluminio fundido de 42 mm de Día.	87,72	12,28	\$ 100,00
<b>TOTAL</b>			<b>1029,22</b>	<b>144,09</b>	<b>\$ 1.173,31</b>

### 5.1.2. Costo del Sistema eléctrico y de control

Son todos aquellos materiales que influyen durante el proceso del sistema eléctrico y de control a continuación se presenta el listado:

**Tabla 25.****Costos del sistema eléctrico y control.**

N°	CANTIDAD	DETALLE	SUBTOTAL	IVA	TOTAL
1	1	Tablero INOX 60 *40*30	350,88	49,12	400
2	1	Tablero INOX 60 *40*25	131,58	18,42	150
3	1	Variador de Velocidad allen Bradley 1/2 hp	328,95	46,05	375
4	1	Fuente de alimentación 24V cd	87,72	12,28	100
5	1	PLC	232,46	32,54	265
6	1	Pantalla Intouch	326,32	45,68	372
7	1	Motoreductor 0.75 HP	495,61	69,39	565
8	2	Breaker 2p 20 <sup>a</sup>	21,05	2,95	24
9	11	Reles de 24 v cc	144,74	20,26	165
10	1	Sensor Inductivo	57,02	7,98	65
11	1	Sensor capacitivo	57,02	7,98	65
12	1	Controlador de temperatura 400w	105,26	14,74	120
13	1	Selector de llave 2posiciones	3,95	0,55	4,5
14	3	Luz piloto 220V	18,09	2,53	20,625
<b>TOTAL</b>			<b>2360,64</b>	<b>330,49</b>	<b>\$ 2.691,13</b>

**5.2. Costo del sistema neumático**

Intervienen aquellos gastos que incurren en la compra de todos los elementos e incluyen la mano de obra, procesamiento

**Tabla 26.****Costos del sistema neumático.**

N°	CANTIDAD	DETALLE	SUBTOTAL	IVA	TOTAL
1	5	Electroválvulas de 5/2 de 1/8 a 24V	504,39	70,61	575
2	1	Ventosa F30 Día. 30	8,90	1,25	10,15
3	1	Generador de vacío 1/8 aire	49,69	6,96	56,65
4	2	Conector codo 8mm * 1/8	4,12	0,58	4,7
5	3	Conector recto 8mm * 1/8	4,16	0,58	4,74
6	1	Acople bronce niquelado 1/8	1,93	0,27	2,2
7	1	Unión bronce niquelado 1/8	8,77	1,23	10
8	1	Cilindro 2E 2 A Día. 32*50 CARR	48,13	6,74	54,87
9	4	Cilindro 2E 2 A Día. 32*100 CARR	63,61	8,90	72,51
10	1	Actuador rotante Día. 25mm 0-180grados	241,32	33,79	275,11
11	2	Reguladores de velocidad 1/8	17,02	2,38	19,4
12	1	Unidad de mantenimiento 1/8	87,72	12,28	100
13	20	Manguera 8mm	43,86	6,14	50
14	1	Racort, codos uniones, etc.	17,54	2,46	20
<b>TOTAL</b>			<b>1101,17</b>	<b>154,16</b>	<b>\$ 1.255,33</b>

### 5.3. Inversión Inicial

La cantidad necesaria para la adquisición de los materiales, equipos y demás implementos que incurren en la construcción de máquina selladora considerando en valor total en cada sistema que se encuentra dividido en el presente proyecto.

**Tabla 27.**

#### Costo total de materiales directos de la máquina.

N°	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Costo de Sistema Mecánico	\$ 1.173,31
2	Costo de Sistema Neumático	\$ 1255,33
3	Costos del Sistema Eléctrico y de Control	\$ 2691,125
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 5119,765</b>

Durante la realización de la proyección de la presente inversión se considera también como un gastos a la mano de obra directa e indirecta CIF , tomando como referencia el costo de la hora durante la construcción de la máquina sellarlo.

**Tabla 28.**

#### Costo total de mano de obra directa e indirecta.

N°	DENOMINACION	SUBTOTAL	TOTAL
1	Soldadura TIC	400	\$ 400,00
2	Taladro	60	\$ 60,00
3	Torno	300	\$ 300,00
4	Dobladora	300	\$ 300,00
<b>TOTAL</b>		<b>1060</b>	<b>\$ 1.060,00</b>

Se presenta el valor total que se requiere para iniciar la construcción e implementación de la máquina selladora tomando en consideración todos los valores de cada uno de los sistemas más la mano de obra directa e indirecta CIF, para el presente proyecto a realizarse se requiere de \$6519,77 dólares de los Estados Unidos.

**Tabla 29.**

#### Costo total de la máquina (Inversión inicial).

N°	DENOMINACIÓN	VALOR TOTAL
1	Materiales Directos	\$ 5.119,77
2	Mano de Obra Directa	\$ 1.060,00
3	Otros Costos Indirectos (CIF)	\$ 340,00
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>		<b>\$ 6.519,77</b>

### **5.3.1. Análisis de producción antes del proyecto**

El nivel de producción de los vasos de yogurt en el año 2016 se obtuvo consultando de manera directa al personal de contabilidad, se despacha 5000 pacas (6 unidades cada paca).

### **5.4. Flujos de caja**

La elaboración de los flujos de caja es conveniente realizar una proyección para un periodo de cinco años que ayudara a identificar en que tiempo se recuperara la inversión inicial y la toma de decisiones por parte de la empresa .

Durante la ejecución de los flujos de caja para el presente proyecto se planteado los siguientes datos considerando los datos históricos que fueron proporcionados por la empresa lo cual se establece de la siguiente manera:

- Las ventas que realizan según datos anuales oscilan de 5000 pacas de yogurt en un proceso de sellado, cada paca contiene 6 unidades.
- La evolución de sus productos en los mercados se han reflejados el consumo en la Costa y Sierra han lo cual se ha plateado un 5% para cada periodo en sus ventas.

A continuación se muestra los flujos logrados:



**Tabla 31.****Flujo de cajas con proyecto**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Inversión</b>	6519,77										
<b>Materia prima (envases y yogurt)</b>		10500	11025	11576	12155,06	12762,81	13400,95	14071,00	14774,55	15513,28	16288,94
<b>Mano de obra (Trabajador de llenado)</b>		2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250
<b>Servicios básicos (luz agua teléfono, arriendo)</b>		900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
<b>Costos administrativos</b>		3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
<b>Ventas</b>		22500	23625	24806	26046,56	27348,89	28716,33	30152,15	31659,75	33242,74	34904,88
<b>Depreciación</b>		651,9	651,9	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98
<b>Mantenimiento</b>		65,19	65,19	65,19	65,1977	65,19	65,19	65,19	65,19	65,19	65,19
<b>Utilidades antes de imp.</b>		5250	5850	6480	7141,50	7836,08	8565,38	9331,15	10135,21	10979,47	11865,94
<b>Imp.Part.Trab [30%]</b>		1575	1755	1944	2142,45	2350,82	2569,61	2799,34	3040,56	3293,84	3559,78
<b>Depreciación</b>		651,9	651,9	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98	651,98
<b>Utilidades después de imp. [fn1]</b>		4327	4747	5187,9	5651,03	6137,23	6647,74	7183,78	7746,62	8337,60	8958,13

### 5.5. Valor actual neto (VAN)

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados de una inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto.

El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos netos en unidades monetarias, genera dos tipos de decisiones

- Si las inversiones son factibles.
- Ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos.

Los criterios de decisión en un proyecto se considera lo siguiente

- $VAN > 0$  : el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$  : el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- $VAN < 0$  : el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

$$VAN = -A + \frac{FNE_1}{(1+K)^1} + \frac{FNE_2}{(1+K)^2} + \frac{FNE_3}{(1+K)^3} + \frac{FNE_n}{(1+K)^n}$$

Donde

**VAN:** Valor Actual Netos de la Inversión

**A:** Valor de la inversión Inicial

**FNE:** Valor neto de los distintos flujos de caja

**K:** Tasa de retorno del periodo o tasa de descuento.

**n:** número de años

Para la tasa de descuento se calcula en bases al riesgo país, la inflación y la tasa de interés pasiva.

$$K = \text{Tasa de interés pasiva} + \% \text{ Riesgo País} + \% \text{ Inflación}$$

$$K = 14,99\%$$

Aplicando con las respectivas fórmulas para el cálculo del VAN se halló una tasa de descuento (k) que se realizó con datos actuales que son datos público.

$$\text{VAN} = \$28995,13$$

### 5.6. Tasa interna de retorno (TIR).

Se utiliza como indicador de rentabilidad de un proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determina inversión iguale a cero.

Si la  $TIR > k$ , el proyecto de inversión será aceptado .Es decir si la tasa de rendimiento es superior a la tasa mínima de rendimiento exigida a la inversión.

Si la  $TIR < k$  el proyecto debe rechazar

$$VAN = -A + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FNE_3}{(1+TIR)^3} + \frac{FNE_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Mediante la utilización de la fórmula del VAN se aplica la tasa de descuento (K) por la TIR obtenida con la herramienta Excel como resultado tenemos:

$$TIR = 53\%$$

### PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL PAY BACK

Es un método acorto plazo que ayudada a comprobar si un proyecto de inversión es factible.

Este método es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo que se puede presentar en el corto plazo.

Considerando los diferentes cálculos realizados anteriormente, conociendo los diferentes resultados se menciona que el tiempo de recuperación para la inversión inicial es de \$ 6519.77 dólares en un período aproximado de:

### PAY BAK = 2 años, 10 meses

diferencial											
	inv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CON PROYECTO	6519,77	4326,98	5534,48	5975,48	6438,53	6924,73	7435,24	7971,28	8534,12	9125,10	9745,63
SIN PROYECTO		2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00	2100,00
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BENEFICIO	-6519,77	2226,98	3434,48	3875,48	4338,53	4824,73	5335,24	5871,28	6434,12	7025,10	7645,63
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
VP	\$22.475,36	1936,67015	2597,40974	2548,8539	2481,42989	2399,78647	2307,7762	2208,57577	2104,78918	1998,53617	1891,52796
<b>VAN</b>	\$28.995,13										
	\$22.475,36										
<b>TIR</b>	53%										
TRC		-1985,69012	2049,99522								

**Figura 112. Cálculo del VAN, TIR en Excel**

## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Se obtuvo un (VAN) de \$28995,13 dólares; dicho valor es  $> 0$  e indica que la construcción del proyecto producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida.
- El valor del (TIR) es de 53%, cuyo porcentaje es mayor que la tasa de descuento ( $K = 14.99\%$ ) lo que permite que se acepte el proyecto además de ratificar su viabilidad.
- El período de recuperación del capital (PRC) es de aproximadamente 2 años 10 meses, que es un plazo corto, lo cual satisface las expectativas de la empresa y promueve la automatización de más procesos.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones.

- Se construye esta máquina para mejorar el sellado ya que en comparación con el sistema manual que contaba la Fábrica de Productos Lácteos Amazonas tenían inconvenientes de mal sellados y tiempo que necesitan para completar un pedido.
- Para la construcción se usó acero inoxidable en las diferentes partes de la máquina que está en contacto con el producto (yogurt), con la finalidad de garantizar que el proceso de sellado sea higiénico.
- Se diseñó, seleccionó, programó e implementó el sistema eléctrico del control y potencia cumpliendo todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de la selladora de vasos de yogurt.
- Se obtuvo un incremento de producción ya que la máquina despacha 15 envases por minuto teniendo una capacidad diaria de 7200 envases, los tiempos de despacho disminuyeron lo cual se cumplió con el objetivo planteado.
- Si no se cumple con los rangos establecidos que son de 290° a 310° grados centígrados y una presión de 4 a 7 bar no se obtendrá un buen sellado y habrá pérdida de materia prima.
- El capital asignado para la construcción de la máquina representa una excelente inversión ya que dicha cantidad se recuperará en un tiempo estimado de 2 años 10 meses considerando que con la automatización de un proceso manual se logró realizar la labor de 2 trabajadores.

## **6.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda utilizar ropa de trabajo adecuada ya que existe riesgos de atrapamiento lo que puede provocar percances en el proceso y accidentes.
- Antes de iniciar el proceso revisar el manual de operación de la máquina.
- Cualquier revisión, limpieza, cambio de cualquier elemento, etc. Se debe realizar con el equipo apagado para evitar cualquier tipo de accidente.
- Se recomienda trabajar en un rango de 290 a 310 grados centígrados y a una presión mínima de 4 bar y máxima de 7 bar para obtener un buen sellado.
- Se recomienda cambiar los resortes del cabezal de sellado cada 6 meses, debido a que el uso constante de estos se pierde las propiedades de elasticidad lo que provoca tener sellados defectuosos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2009). *Convertidores de frecuencia componente ABB*. Consultado el (17/02/2016) Obtenido de ACS150 :  
[http://www.dicesamexico.com.mx/catalogos/c\\_acs150.pdf](http://www.dicesamexico.com.mx/catalogos/c_acs150.pdf)
- Acim-Jouanin. (Julio de 2012). *Cartuchos Calefactores*. Consultado el (18/02/2016)  
 Obtenido de [http://www.acim-jouanin.fr/espagnol/contenu/catalogue/cartuchos\\_calefactores/CARTUCHOS\\_CALEFACTORES.pdf](http://www.acim-jouanin.fr/espagnol/contenu/catalogue/cartuchos_calefactores/CARTUCHOS_CALEFACTORES.pdf)
- Camsco. (s.f.). *Importación y distribución de materiales eléctricos para el control industrial*. Consultado el (20/03/2017) Obtenido de Camsmark:  
<http://www.camscointernational.com/productos/productos.html>
- Electricas Bogotá. (2010). *OP series display* . Consultado el (22/03/2016) Obtenido de [http://www.electricasbogota.com/pdf/68000\\_68002.pdf](http://www.electricasbogota.com/pdf/68000_68002.pdf)
- Enercon Industries Corporation. (1996-2016). *Cómo lograr un sello perfecto cada vez*. Consultado el (19/04/2016) Obtenido de Enercon:  
<http://www.enerconind.com/es/sealing/library/achieve-a-perfect-seal.aspx>
- Fadón Salazar, F., & Cerón Hoyos, J. E. (2010). *Ajustes*. Cantabria, España: Universidad de Cantabria.
- Fernandez Flores, G. (1974). *Soldadura y metalurgia*. México, D.F.: C.E.C.S.A. - Compañía Editorial Continental, S.A.
- Hanyoung Nux. (2007). *Product Guide Version S9.0*. Consultado el (15/05/2016)  
 Obtenido de One-Stop Process System: [http://dien-congnghep.com/upload/hanyoung/hanyoung\\_electric\\_catalogue.pdf](http://dien-congnghep.com/upload/hanyoung/hanyoung_electric_catalogue.pdf)
- Iván Bohman C.A. (s.f.). *Catálogo de Productos*, Tercera Edición. Consultado el (01/05/2016) Obtenido de <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/catalogo-general-IBCA.pdf>
- Lary. (2016). *La soldadura de los aceros inoxidable*. Consultado el (05/06/2016)  
 Obtenido de Lary Industrial: <http://www.empresaslary.com/sitio/soldaduras-de-acero-inoxidable>
- Mindman. *MCRB*. Consultado el (10/06/2017) Obtenido de Rotary Actuator:  
[http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-08-181219072428E\\_MCRB.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-08-181219072428E_MCRB.pdf)

- Mindman. *MSL / MSLS / MJBV series*. Consultado el (11/06/2016) Obtenido de Brass Silencer, Check Valve:  
[http://www.unitech.com.ec/modelos/1220305052E\\_MSL.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/1220305052E_MSL.pdf)
- Mindman. *MVAS series*. Consultado el (12/09/2016) Obtenido de Shuttle Valve:  
[http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-09-011220304620E\\_MVAS.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-09-011220304620E_MVAS.pdf)
- Mindman. *MVSC-220 series*. Consultado el (15/08/2016) Obtenido de Solenoid Valve: [http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-08-191219155807E\\_MVSC-220.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-08-191219155807E_MVSC-220.pdf)
- Mindman. (Septiembre de 2008). *UM\* / TPU\* series*. Consultado el (18/09/2016) Obtenido de Pu Tube: [http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-09-011220306453E\\_UM.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-09-011220306453E_UM.pdf)
- Mindman. (Enero de 2009). *Tube Fittings*. Consultado el (12/08/2016) Obtenido de Pneumatic Equipment: <http://www.unitech.com.ec/modelos/2009-01-081231443890MINDMAN%20FITTINGSp1.xls.pdf>
- Norgren. (2000). *Comprehensive range the utmost versatility*. (24/09/2017) Obtenido de [http://cdn.norgren.com/pdf/N\\_en\\_1\\_5\\_125\\_RA\\_8000.pdf](http://cdn.norgren.com/pdf/N_en_1_5_125_RA_8000.pdf)
- Norkply. (2013). *Duralon*. Consultado el (29/09/2016) Obtenido de <http://norkply.com/wp-content/uploads/2013/04/DURALON.pdf>
- Parker Hannifin Corporation. (s.f.). *Actuator Products – Rotary*. Consultado el (21/10/2016) Obtenido de Catalog PDN1000-2US:  
[http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/pneumatic/Literature/PDN1000US\\_Products/PDN1000-2\\_Products/PDN1000-2US\\_PRN.pdf](http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/pneumatic/Literature/PDN1000US_Products/PDN1000-2_Products/PDN1000-2US_PRN.pdf)
- Plantilla Fantástico, S.A. (09 de Noviembre de 2013). *Soldadura de plásticos*. Consultado el (03/10/2016) Obtenido de Tecnología de los Plásticos:  
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/11/soldadura-de-plasticos.html>
- Rodríguez, P. C. (2001). *Manual de Soldadura Electrica Mig y Tig*. (L. E. Alsina, Ed.) Consultado el (02/11/2016) Obtenido de Scrib:  
<https://es.scribd.com/doc/11520143/Manual-de-Soldadura-Elctrica-Mig-y-Tig>
- Rosero, G. (1993). *Ingenieria de selección de materiales*. Quito.

- Schneider Electric. (2012). *Product data sheet LC1D09M7*. Consultado el (02/11/2016) Obtenido de <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/10bb/0900766b810bb374.pdf>
- Schneider Electric. (s.f.). *Distribución terminal y protección diferencial industrial* . Consultado el (12/11/2016) Obtenido de [http://www.schneider-electric.com.pe/documents/local/catalogo-de09/cap.\\_1\\_distrib.\\_terminal\\_y\\_protecc.\\_diferencial\\_industrial.pdf](http://www.schneider-electric.com.pe/documents/local/catalogo-de09/cap._1_distrib._terminal_y_protecc._diferencial_industrial.pdf)
- Sicoris S.A. (s.f.). *Tipos y características de los rodamientos*. Consultado el (12/11/2016) Obtenido de Rodamientos de Rodillos: <http://www.sicoris-sa.com/pdf/catalogos/nsk-rodamientos-catalogo-general-catalogo.pdf>
- Siemens S.A. (2016). *Motores Trifásicos*. Consultado el (15/11/2016) Obtenido de Generalidades: <http://www.jnvingenieros.com/Web/CATALOGOS/10.pdf>
- SMC. (s.f.). *Cilindro neumático*. Consultado el (03/11/2016) Obtenido de Serie CM2: [http://content2.smcetech.com/pdf/cm2\\_ES.pdf](http://content2.smcetech.com/pdf/cm2_ES.pdf)
- Straneo, S. L., & Consorti, R. (1965). *El dibujo técnico mecánico*. (Uteha, Ed.) Consultado el (04/09/2016) Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/275226733/Dibujo-Tecnico-Mecanico-Straneo-y-Consorti>
- Sumelec. (2014). *Lista de precios*. Consultado el (12/11/2016) Obtenido de <http://sumelec.net/assets/lista-de-precios-sumelec-2014-en-baja.pdf>
- Transtecno. (2016). *Reductores Coaxiales de Engranajes Helicoidales*. Consultado el (15/12/2016) Obtenido de The Modular Gearmotor: [http://www.transtecno.com/en-en/gearboxes-and-gearmotors/pdf/151id-Transtecno-NEMA-Helical-inline-gear-motors-CMG\\_0115.pdf](http://www.transtecno.com/en-en/gearboxes-and-gearmotors/pdf/151id-Transtecno-NEMA-Helical-inline-gear-motors-CMG_0115.pdf)
- Transtecno Group. (2016). *The modular gearmotor*. Consultado el (13/09/2016) Obtenido de Transtecno: [http://www.transtecno.com/es/reductores-y-motorreductores/Universidad de Puerto Rico. \(2016\). Catalogo Datasensor UPRLM-5NA. Mayagüez: Biblioteca General](http://www.transtecno.com/es/reductores-y-motorreductores/Universidad de Puerto Rico. (2016). Catalogo Datasensor UPRLM-5NA. Mayagüez: Biblioteca General).
- Xinje Electronic Co., Ltd. (s.f.). *XC Series Programmable Controller*. Consultado el (10/11/2016) Obtenido de Summary of XC series PLC : <http://www.imenista.com/pdf/XCPLCV2.51.pdf>

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:

**CRISTIAN XAVIER HERRERA HERRERA**

**EDWIN OLIVER VILCA TOAQUIZA**

En la ciudad de Latacunga, a los: 25 días del mes de enero del 2017.

ING. WASHINGTON FREIRE  
DIRECTOR DEL PROYECTO

APROBADO POR:

ING. KATYA TORRES  
DIRECTOR DE LA CARRERA

DR. RODRIGO VACA  
SECRETARIO ACADÉMICO